



Plantacje nasienne ziemniaka w Boninie

Fot. Sławomir Wróbel

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 266/2012



Żyto na polach w Radzikowie. Fot. Gabriela Wodzyńska-Łapińska

RADZIKÓW 2012
INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY — RADZIKÓW
05-870 BŁONIE pod WARSZAWĄ

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: Prof. dr hab. Edward Arseniuk

Komitet Redakcyjny:

Editorial Committee:

HENRYK J. CZEMBOR (Przewodniczący — Editor-in Chief),
DANUTA BOROS, WIESŁAW MĄDRY, WOJCIECH NOWACKI,
STANISŁAWA ROZTROPOWICZ-SZKUBEL, BARBARA ZAGDAŃSKA,
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: PWR Sp. z o.o

KONFERENCJA NAUKOWA

ZIEMNIAK SPOŻYWCZY I PRZEMYSŁOWY ORAZ JEGO PRZETWARZANIE POD HASŁEM „ZIEMNIAK JAKO PRODUKT ŻYWNOŚCIOWY, SUROWIEC PRZEMYSŁOWY I PASZA”

8–10 MAJA 2012, JUGOWICE

ORGANIZATOR KONFERENCJI

KATEDRA TECHNOLOGII ROLNEJ I PRZECHOWALNICTWA, UNIwersYTETU
PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU
PTTŻ, SEKCJA TECHNOLOGII WĘGLOWODANÓW
KOMITET NAUK O ŻYWNOŚCI PAN

PRZEWODNICZĄCY RADY PROGRAMOWEJ

PROF. DR HAB. WACŁAW LESZCZYŃSKI

SEKRETARZ RADY PROGRAMOWEJ

DR INŻ. ELŻBIETA RYTEL

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU ORGANIZACYJNEGO

DR HAB. INŻ. ANNA PĘKSA PROF. NADZW.

Konferencja odbywająca się pod hasłem „Ziemniak jako produkt żywnościowy, surowiec przemysłowy i pasza” obejmowała zagadnienia ziemniaka w pełnym cyklu „od pola do stołu” tzn.: genetykę, hodowlę, uprawę, przechowywanie, ekonomikę, ocenę jakości oraz przerób przemysłowy ziemniaka z uwzględnieniem wielokierunkowych sposobów jego zużycia.

W Konferencji wzięło udział 101 osób z ośrodków naukowych i zakładów przemysłowych przetwarzających ziemniak i skrobię ziemniaczaną oraz przedstawiciele producentów ziemniaka z całej Polski, w tym: 43 osób z wyższych uczelni (w tym 6 osób z uczelni zagranicznych), 31 z naukowych jednostek badawczych (w tym przedsiębiorstw hodowli ziemniaka i oceny odmian roślin uprawnych), 24 z zakładów przemysłowych i 3 przedstawiciele związku plantatorów. Wśród obecnych było 21 profesorów i doktorów habilitowanych oraz 4 prezesów i dyrektorów przedsiębiorstw.



METTLER TOLEDO

SPONSORZY KONFERENCJI



Wydział Nauk o Żywności
Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu



WACŁAW LESZCZYŃSKI

Wydział Nauk o Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Żywieniowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych (Przegląd literatury)

Nutrition value of potato and potato products (Review of literature)

Ziemniak stanowi wartościowy produkt spożywczy. Jest stosunkowo niskokaloryczny, o umiarkowanym ładunku glikemicznym. Zawiera pełnowartościowe białko oraz znaczne ilości niezbędnych witamin i składników mineralnych, a także potrzebny błonnik pokarmowy. Substancje antyżywniowe, zawarte są w ziemniaku w bardzo niewielkich ilościach. W większości zlokalizowane są one w skórce i bezpośrednio pod nią. Dzięki temu większość substancji antyżywniowych usuwana jest podczas obróbki kulinarnej. Ziemniak nie kumuluje związków szkodliwych z zanieczyszczonego środowiska. Spożywcze produkty ziemniaczane umożliwiają konsumpcję ziemniaka z pominięciem pracochłonnych zabiegów przygotowawczych. Skrobia ziemniaczana i jej przetwory są niezbędne dla uzyskania odpowiedniej jakości produktów prawie wszystkich gałęzi przemysłu spożywczego.

Słowa kluczowe: ziemniak, wartość odżywcza, indeks glikemiczny, ładunek glikemiczny, substancje antyżywniowe, spożywcze produkty ziemniaczane

Potato is a valuable food product. It is of relatively low caloric value and moderate glycaemic load. Potato contains valuable protein and significant quantities of essential vitamins and mineral compounds, as well as necessary dietary fibre. Anti-nutritive substances are found in potato in very low quantities, mostly, localized in the skin on just under it. Thanks to that, the most of anti-nutritive compounds is removed during culinary treatment. Potato does not accumulate harmful compounds from poisoned environment. Potato food products make easy consumption possible without complicated preparatory operations. Native or processed potato starch and its derivatives are necessary to obtain suitable quality products in nearly all branches of food industry.

Key words: potato, nutrition value, glycaemic index, glycaemic load, anti-nutritive substances, potato food products

Ziemniak w Polsce jest z jedną z podstawowych roślin uprawnych, której bulwy konsumowane są prawie codziennie przez większość ludzi. Część obywateli naszego kraju z powodu coraz szybszego tempa życia, a także z wygody nie chce zajmować się normalnym przygotowaniem bulw ziemniaka do spożycia — myciem, obieraniem i obróbką termiczną. Korzystają oni na ogół ze spożywczych przetworów z ziemniaka.

O ziemniaku mówi się, że podobnie jak chleb nigdy się znudzi. I pomimo, że produkcja ziemniaka w Polsce w ciągu ostatnich 20 lat zmniejszyła się parokrotnie, ilość ziemniaka przeznaczonego na cele konsumpcyjne jeżeli zmalała to tylko nieznacznie. Spośród 136 zarejestrowanych w Polsce odmian ziemniaka, 82 to odmiany jadalne (Lubecka-Ziemińska, Janiak, 2012).

W wykopaliskach archeologicznych prowadzonych w okolicy jeziora Titicaca, w Ameryce Południowej, znaleziono dowody sprzed ponad 2 tysięcy lat świadczące o tym, że już wówczas, ziemniak stanowił tam pożywienie człowieka. Na podstawie badań stwierdzono też, że ludy zamieszkujące tamte tereny w późniejszych czasach prowadziły celową uprawę ziemniaka, stosując nawożenie i obróbkę mechaniczną.

Po sprowadzeniu ziemniaka do Europy, ziemniak początkowo traktowany był jako lekarstwo, gdyż m.in. taka o nim wiedza przywieziona była wraz z nim z za Oceanu. Potem używany był też jako jarzyna. Jednakże już w XVII wieku w Irlandii i Anglii zaczęto prowadzić polową uprawę ziemniaka, przeznaczając go do spożycia na większą skalę. W XVIII wieku, w wyniku wojen prowadzonych na kontynencie europejskim, występowały okresy głodu. Wówczas przekonano się, że przemarsze wojska powodowały mniejsze straty w uprawie ziemniaka, niż w przypadku zbóż. Ponadto, ziemniak najlepiej ze wszystkich roślin uprawnych znosił niekorzystne warunki meteorologiczne. Dlatego już w XVIII wieku zaczęto rozpowszechniać uprawę ziemniaka na wielką skalę zarówno w Europie, jak i w koloniach zwłaszcza brytyjskich, a więc w Ameryce Północnej, a także w Indiach i Australii.

Również na ziemiach polskich ziemniak od początku XIX wieku stał się podstawowym pokarmem ludności, zwłaszcza ubogiej. Dowody tego mamy w literaturze z tego okresu. Adam Mickiewicz w 1819 r. napisał utwór „Kartofla”, a w nim mówił o ziemniaku, który: „owoc z tysiącznego dająca porostu, wygłodzonych oraczów zachowa od postu”. Pisarz i historyk Julian Ursyn Niemcewicz, przyjaciel Tadeusza Kościuszki pisał w 1858 r.: „Wyznać należy, że po chrzcie świętym kartofle są największym dobrodziejstwem ludziom użyczonym przez Nieba”. Również Henryk Sienkiewicz i Emilia Orzeszkowa w swych nowelach pisali o ziemniaku, jako pokarmie ubogich, ratującym ich od śmierci głodowej. Zdziśiatkowanie uprawy ziemniaka w Europie przez zarazę ziemniaka w połowie XIX wieku spowodowało klęskę głodu w wielu krajach. Efektem tego były wielkie migracje ludności zwłaszcza z Irlandii i znacznych obszarów ziem polskich, głównie do USA (Leszczyński, 2007). W Polsce po zakończeniu II Wojny Światowej, w 1946 r., w sytuacji niedoboru żywności, spożycie ziemniaka na jedną osobę wynosiło 320 kg (w 2010 r. — 112 kg). Przedstawione fakty są pośrednim zaprzeczeniem twierdzenia, jakoby ziemniak był żywieniowo bezwartościowy, jeśli ratował on ludzi od głodu, to musiał posiadać wartość odżywczą.

Bezpośrednim dowodem na wartość odżywczą ziemniaka jest zawartość i jakość biologiczna substancji wchodzących w jego skład. Bulwa ziemniaka konsumpcyjnego zawiera średnio 77% wody, skrobi do 16%, 0,5% cukrów, ok. 2% białka, ponad 1% składników mineralnych, 2,3% błonnika pokarmowego i ok. 0,1% lipidów (tab. 1), a także kwasy organiczne, polifenole, witaminy itp. (Leszczyński, 2000). Jeżeli zsumuje się wartość energetyczną wszystkich składników, to w przypadku ziemniaka zawierającego

mniejsze (10–12%) zawartości skrobi, otrzymuje się 50–55 kcal, a przy wyższej zawartości skrobi (16%) — ok. 80 kcal na 100g (Kunachowicz i in., 2010). Nawet w takim przypadku jest to 3 razy mniej niż pieczywo, prawie 5 razy mniej niż płatki kukurydziane i ponad 7 razy mniej niż czekolada (tab. 2). Wiadomo, że nadmiar kalorii w pokarmach może powodować odkładanie się tkanki tłuszczowej. Jak jednak wynika z wartości kalorycznej ziemniaka twierdzenie, jakoby był on produktem tuczącym jest nieprawdziwe.

Tabela 1

Zawartość głównych składników bulw ziemniaka konsumpcyjnego
Chemical composition of table potato (Leszczyński, 2000)

Składnik Component	Zawartość w % Content %
Sucha masa — Dry matter	16–22
Skrobia — Starch	10–16
Cukry ogółem — Total sugars	0,3–0,6
Białko ogółem — Total protein	1,7–2,3
Lipidy — Lipids	0,10–0,12
Związki mineralne — Ash	1,0–1,2
Błonnik pokarmowy — Dietary fiber	2,0–2,3

Tabela 2

Wartość energetyczna różnych produktów spożywczych
Energy value of some food products (Kunachowicz i in., 2010)

Produkt Product	Wartość energetyczna (kcal/ 100 g) Energy value
Jabłko — Apple	54
Mleko (3,2%) — Milk	62
Ziemniak — Potato	65
Kotlet schabowy — Pork loin chop	237
Wołowina — Beef	253
Pieczywo pszenne — Wheat bakery products	275
Płatki kukurydziane — Corn flakes	355
Chałwa — Halvah	530
Czekolada pełna — Plain chocolate	540
Orzechy włoskie — Walnuts	650

Organy człowieka i wszystkie jego procesy życiowe wymagają odpowiedniej ilości energii. Ilość ta, dla człowieka dorosłego, w zależności od grupy wiekowej, płci i charakteru pracy, waha się w granicach 2000–4500 kcal. W ok. 50–60% uzyskiwana jest ona z węglowodanów, a reszta z tłuszczu i białek.

Ziemniak jest produktem węglowodanowym, główny składnik jego suchej masy stanowi skrobia, która pod wpływem enzymów trawiennych (amylaz) rozkładana jest w przewodzie pokarmowym do glukozy, wchłanianej w dwunastnicy i jelicie cienkim. Glukoza jest podstawową substancją energetyczną niezbędną do życia. W trakcie jej spalania w organizmie, powstaje energia niezbędna do procesów życiowych. Mózg i krwinki czerwone korzystają z energii otrzymywanej wyłącznie z glukozy, a energii tej potrzeba im codziennie 820 kcal, do czego zużywa się ok. 200 g glukozy, co odpowiada

180 g skrobi (Biernat, Bronkowska, 2010). A tego węglowodanu dostarcza organizmowi m.in. ziemniak.

Skrobia zawarta w bulwach ziemniaka, w trakcie poddawanej przed spożyciem obróbce hydrotermicznej, ulega skleikowaniu. W tej formie jest praktycznie całkowicie i szybko trawiona. Powoduje to szybki wzrost stężenia glukozy we krwi. Miara wielkości i szybkości gromadzenia się glukozy we krwi, wskutek strawienia węglowodanów jest Indeks Glikemiczny (IG). Jest to liczbowy wskaźnik porównania wzrostu stężenia glukozy we krwi po spożyciu 50 g węglowodanów zawartych w danym produkcie ze wzrostem stężenia glukozy po spożyciu 50 g czystej glukozy (przyjęte za 100) w tym samym czasie. IG wyższy od 70 uznaje się za wysoki, a poniżej 55 za niski. Ziemniak należy do grupy podwyższonego IG (Foster-Powell i in., 2002), podobnie jak pszenna bagietka, płatki kukurydziane, czy ryż (tab. 3). Fakt ten ma swoje pozytywy oraz negatywy. Negatywne jest to, że szybki wzrost glukozy we krwi stwarza zapotrzebowanie na znaczną produkcję insuliny, co ma znaczenie zwłaszcza w przypadku chorych na cukrzycę. Pozytywne zaś jest to, że spożycie takiego produktu w krótkim czasie dostarcza organizmowi niezbędnej glukozy i energii. Istotna jest też wielkość Ładunku Glikemicznego (LG), wyliczonego na podstawie wartości Indeksu Glikemicznego i ilości zawartych węglowodanów w spożytej porcji produktu. Uwzględnia on zarówno ilość spożytych węglowodanów, jak i szybkość ich rozkładu i wchłaniania w organizmie, a więc z jego wartości wynika potencjalne stężenie glukozy we krwi i zapotrzebowanie na insulinę.

Tabela 3

Indeksy (IG) i Ładunki Glikemiczne (LG) wybranych produktów (Foster-Powell i in., 2002)
Glycaemic Index (IG) and Glycaemic Load (LG) of some products

Produkt Product	IG	Porcja (w g) Serving size (g)	LG
Daktyl suszony — Dates dried	103	60	42
Bagietka pszenna — Baguette, white	95	30	15
Ziemniak gotowany — Peeled, boiled potato	88	150	16
Piure ziemniaczane — Instant mashed potato	85	150	17
Płatki kukurydziane — Cornflakes	81	30	17
Ryż gotowany — Rice, long grain, cooking	75	150	23
Frytki ziemniaczane — French fries	75	150	22
Chleb pszenny — White-wheat-flour bread	70	30	10
Kasza jęczmienna — Whole-meal barley flour porridge	68	200	23
Ziemniak parowany — Steamed potato	65	150	18
Ziemniak pieczony — Baked potato	60	150	18
Płatki owsiane — Oat porridge	58	250	13
Chleb żytni — Whole-meal rye bread	58	30	8
Coca Cola — Coca Cola soft drinks	58	250	15
Spaghetti — Spaghetti boiled	57	180	27
Chipsy ziemniaczane — Potato chips	54	50	11
Czekolada mleczna — Milk chocolate	49	50	14
Sok z marchwi — Carrot juice	43	250	16
Sok jabłkowy — Apple juice	40	250	12
Jabłko — Apple	38	120	6
Mleko pełne — Milk, full-fat	27	250	3

W przypadku schłodzenia produktów poddanych obróbce termicznej, zawierających wskutek tego skleikowaną skrobię, następuje przemiana jej struktury. Proces ten nosi nazwę retrogradacji skrobi, w wyniku której ulegająca jej część nie jest trawiona. Taka skrobia nosi nazwę skrobi odpornej, a składa się na nią skrobia i produkty jej rozkładu nie wchłonięte w jelicie cienkim. Skrobia oporna w jelicie grubym ulega fermentacji przez prozdrowotne bakterie probiotyczne z rodzajów *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*. Będąc dla nich pożywką, skrobia oporna stanowi prebiotyk (Leszczyński, 2004). Jest to jeszcze jeden argument świadczący o wartości żywieniowej ziemniaka, ważnego źródła skrobi.

Poza skrobią, w bulwach ziemniaka występują w niewielkich ilościach cukry — glukoza, fruktoza i sacharoza, łącznie do ok. 0,5%. Przy podwyższonej zawartości sumy cukrów (do ok. 1%), bulwy nabierają słodkiego smaku. Ziemniak zawierający większe ilości cukrów redukujących — glukozy i fruktozy w czasie ogrzewania ulega brunatnieniu w wyniku reakcji Maillarda. W bulwach ziemniaka występują też nierozpuszczalne substancje nieskrobiowe ziemniaka będące głównie składnikami ścian komórkowych (celuloza, hemicelulozy, ligniny itp.) Tworzą one tzw. błonnik pokarmowy w ilości do 2,3% masy bulw. Jest on odporny na działanie enzymów trawiennych, więc nie posiada wartości energetycznej. Jest jednak niezbędny w żywieniu, „rozcieńczając” składniki odżywcze, co ułatwia dostęp do nich enzymów trawiennych. Poprawia również perystaltykę jelit, a także adsorbuje kwasy żółciowe oraz toksyczne metale ciężkie. Część z jego składników w jelicie grubym spełnia rolę prebiotyku dla mikroorganizmów probiotycznych.

W bulwie ziemniaka zawarte jest ok. 2% białka ogółem. Porównując to z zawartością białka w mięsie (16–21%), ilość ta jest niewielka. Również w wielu produktach roślinnych takich jak nasiona fasoli (ponad 21%), czy nawet mąka pszenna (ponad 10%) zawartość białka przewyższa ilość białka zawartego w ziemniaku (Kunachowicz i in., 2010). Jednakże białko ziemniaka odznacza się wysoką wartością odżywczą, najwyższą spośród wszystkich białek roślinnych. Zawiera ono wszystkie aminokwasy egzogenne w odpowiednich ilościach. Jest jedynym białkiem roślinnym o wartości porównywalnej z białkami pochodzenia zwierzęcego (tab. 4). W tabeli 4 zestawiono wielkości wskaźników biologicznych wartości kilku wybranych białek (Pęksa, 2003). Porównano wartości trzech wskaźników: WAO/CS (Wskaźnik Aminokwasu Ograniczającego — Chemical Score) zależnego od aminokwasu egzogenego, który w białku danego produktu występuje w najmniejszej ilości w porównaniu do wzorca białka i ogranicza wykorzystanie innych aminokwasów białka, WBB/BV (Wartość Biologiczna Białka- Biological Value) — wyrażonego jako procent substancji azotowych przyswojonych przez organizm oraz WBN/NPU (Wykorzystanie Białka Netto — Net Protein Utilization) — określającego ilość zatrzymanego azotu w organizmie młodych szczurów. Dzięki wysokiej wartości białka ziemniaczanego jego ilość niezbędna do utrzymania bilansu azotowego człowieka jest porównywalna z ilościami białka zwierzęcego. W przypadku białka całego jaja kurzego ilość ta wynosi 0,509 g na kg wagi ciała na dzień, białka ziemniaka 0,550, białka mleka 0,568, białka nasion fasoli 0,667, a białka pszenicy 0,901 (Lisińska, Leszczyński, 1989). Ze względu na znaczne spożycie ziemniaka na osobę w Polsce, białko w nim zawarte odgrywa istotną rolę w żywieniu.

Tabela 4

Porównanie wartości odżywczej różnych białek (Pęksa, 2003)
Comparison of nutritional value of different proteins

Białko produktu Type of protein	WAO/CS	WBB/BV	WBN/NPU
Ziemniak — Potato	57–69	65–94	60–73
Pszenica — Wheat	30–49	66	45–51
Soja — Soybean	42–48	64–80	61–64
Kazeina — Casein	54	80	67–72
Mięso wołowe — Beef	68,9	70–75	68–79
Mięso drobiowe — Poultry meat	59–63	77	68–77
Jajo kurze — Eggs	100	90–95	89–94

WAO/CS — Wskaźnik Aminokwasu Ograniczającego; Chemical Score

WBB/BV — Wartość Biologiczna Białka; Biological Value

WBN/NPU — Wykorzystanie Białka Netto — Net Protein Utilization

Obecne w bulwach ziemniaka tłuszcze odznaczają się korzystnymi właściwościami odżywczymi, w ich składzie zawarte są nienasycone kwasy tłuszczowe. Jednakże ze względu na znikomą zawartość związków tłuszczowych w bulwie (łącznie ok. 0,1%) nie mają większego znaczenia żywieniowego.

Bulwy ziemniaka zawierają ponad 1% związków mineralnych o szerokim składzie pierwiastkowym (tab. 5). Głównym ich składnikiem jest potas odgrywający ważną rolę w gospodarce jonowej i wodnej organizmu (Leszczyński, 1994). Spożycie 200 g ziemniaka pokrywa do 30% dziennego zapotrzebowania na ten pierwiastek (Leszczyński, 2012). Podczas gotowania ziemniaka w wodzie następują straty potasu do 33% jego zawartości (Burrowes, Ramer 2008). Strat tych nie ma w przypadku pieczenia ziemniaka. Spożywanie ziemniaka w ilości 200g pokrywa również częściowo zapotrzebowanie organizmu na molibden (do 100%), jod (20%), chrom (50%), selen (20%), fluor (15%), magnez (15%), żelazo (15%), miedź (12%) i fosfor (12%). Podczas gotowania ziemniaka następują pewne straty tych pierwiastków, które przechodzą do wywaru. (Bethke, Jansky, 2008).

Tabela 5

Zawartość składników mineralnych w bulwach ziemniaka (Lisińska, Leszczyński, 1989)

Mineral components content of potato tuber

Składnik Component	Zawartość Content
Potas — Potassium	200–900mg/100g
Fosfor — Phosphorus	27–147mg/100g
Magnez — Magnesium	10–52mg/100g
Żelazo — Iron	0,13–17mg/100g
Miedź — Copper	14–660µg/100g
Molibden — Molibdenium	6–190µg/100g
Chrom — Chromium	2–50µg/100g
Jod — Iodine	0,2–90µg/100g
Fluor — Fluorine	2–380µg/100g
Selen — Selenium	0,2–29µg/100g

Bulwy ziemniaka zawierają znaczne ilości witamin rozpuszczalnych w wodzie (tab. 6), natomiast niewielkie ilości witamin rozpuszczalnych w tłuszczach (Leszczyński, 1994).

Tabela 6

Zawartość witamin rozpuszczalnych w wodzie w bulwach ziemniaka (Lisińska, Leszczyński, 1989)
Water-soluble vitamins content of potato tuber

Witamina Vitamin	Zawartość Content
C (kwas askorbinowy — ascorbic acid)	10–30 mg/100 g
B ₁ (tiamina — thiamin)	24–180 µg/100 g
B ₂ (ryboflawina — riboflavin)	7–200 µg/100 g
B ₃ (niacyna — niacin)	360–3300 µg/100 g
B ₅ (kwas pantotenowy — pantothenic acid)	190–320 µg/100 g
B ₆ (pirydoksyna — pyridoxine)	130–420 µg/100 g
B ₉ (kwas foliowy — folic acid)	6–50 µg/100 g
H (biotyna — biotin)	0,6 µg/100 g

Przypuszczalnie wiąże się to z niską zawartością związków tłuszczowych w bulwach. Spośród witamin rozpuszczalnych w wodzie, bulwy najczęściej zawierają witaminę C, głównie kwasu askorbinowego i nieco kwasu dehydroaskorbinowego. Dzięki temu, że jedną z cech jakościowych ziemniaka uwzględnianą przy hodowli i ocenie odmian konsumpcyjnych ziemniaka jest zawartość witaminy C, średnia jej ilość w bulwach jest stosunkowo znaczna, osiągając nawet 40 g/100 g (to jest tyle, co w truskawkach, a więcej jak w cytrynie). W czasie długotrwałego przechowywania ziemniaka (6–7 miesięcy) ilość ta może się zmniejszyć nawet do około połowy. Zabiegi przygotowania ziemniaka do obróbki termicznej takie, jak obieranie, czy krojenie również powodują straty zawartości witaminy C w ilości od kilku do kilkunastu procent (Rytel, Lisińska, 2007). W trakcie obróbki termicznej, niezbędnej dla skleikowania zawartej w bulwach skrobi, ilość witaminy C w bulwie ulega dalszemu obniżeniu. Największe straty (do 40%) powstają w wyniku gotowania ziemniaka po włożeniu do zimnej wody, mniejsze, gdy wkłada się go do wrzątku, jeszcze mniejsze (średnio do 10%), w czasie gotowania w kuchence mikrofalowej (Kolenda, Pyryt, 2002). Niskie też straty witaminy C (ok. 20%) następują podczas gotowania po włożeniu go nie obranego do wrzątku (Grudzińska, 2012). Straty witaminy C podczas obróbki termicznej następują wskutek przechodzenia do roztworu i utleniania się kwasu L-askorbinowego do L-dehydroksyaskorbinowego, który ulega dalszemu utlenianiu z utratą aktywności biologicznej. Pomimo tych strat, ziemniak w Polsce (ale również w wielu innych krajach), ze względu na znaczne ilości w jakich jest spożywany, może być traktowany jako jedno z głównych źródeł zaopatrzenia ludności w witaminę C. Spożycie 200 g ziemniaka pokrywa dzienne zapotrzebowanie na witaminę C w ok. 50% (Leszczyński, 2012).

Obok witaminy C, w bulwach ziemniaka występują dość znaczne ilości witamin z grupy B pokrywających (przy spożyciu 200 g ziemniaka) częściowo zapotrzebowanie na nie organizmu ludzkiego w ilości od 10–25% (Leszczyński, 2012). Straty witamin z grupy B w czasie obróbki kulinarnej wynoszą, 5–30% (Leszczyński, 2000).

W bulwach ziemniaka występują związki fenolowe w ilościach 15–30 mg/100 g, a nawet powyżej 45 mg/100 g (Grudzińska, Zgórska, 2006). Większość z nich stanowią polifenole, z których najczęściej jest kwasu chlorogenowego. Fenole ziemniaka mają właściwości antyutleniające i posiadają zdolność do „zmiatania” wolnych rodników oraz

potencjalną aktywność antybakteryjną. Kwas chlorogenowy jest nieodporny na obróbkę termiczną. W czasie gotowania jego straty wynoszą do 65%, a pieczenie niszczy go całkowicie (Leszczyński, 2000).

Obok składników stanowiących o walorach odżywczych i dietetycznych ziemniaka, jego bulwy, podobnie jak inne rośliny, zawierają również substancje antyżywniowe (tab. 7). Spośród nich, jedne stanowią naturalne składniki bulwy, lub powstają naturalnie w wyniku zaburzeń metabolizmu rośliny, inne pochodzą z zanieczyszczonego środowiska.

Tabela 7

Zawartość substancji antyżywniowych w bulwach ziemniaka (Leszczyński, 2000; Mozolewski i in., 2006)

Antinutrients content of potato tuber

Składnik Component	Zawartość Content
Glikoalkaloidy — Glicoalcaloids	2–12 mg/100 g
Azotany III (azotyny) — Nitrates III (Nitrites)	0–0,3 mg NO ₂ /100 g
Azotany V — Nitrates(V)	3–18 mg NO ₃ /100 g
Rtęć — Mercury	0,5 µg/100 g
Ołów — Lead	2–8 µg/100 g
Kadm — Cadmium	1,2–3,5 µg/100 g
Arsen — Arsenic	0,5 µg/100 g
Promieniotwórczy Cez 137 — Radioactive Caesium 137	0,63 bekereli/1000 g

Do naturalnych składników antyodżywczych należą m.in. inhibitory enzymów proteolitycznych, głównie trypsyny i chymotrypsyny. Hamują one enzymatyczny rozkład białek w procesie trawienia, zmniejszając ich wykorzystanie. Niektóre z tych inhibitorów odporne są na działanie wysokiej temperatury. Jednakże, ze względu na niewielkie ich ilości w bulwie ziemniaka, nie odgrywają one znaczącej roli, zwłaszcza przy właściwej obróbce termicznej zastosowanej podczas przygotowania ziemniaka do spożycia. (Leszczyński, 2000).

Bulwy ziemniaka zawierają glikoalkaloidy — chaconinę i solaninę, potocznie nazywane łącznie solaniną, w ilości 2–12 mg/100 g. Związki te składają się z terpenoidowego aglikonu — solanidyny oraz trzech cząsteczek cukrów prostych, w solaninie — galaktozy, glukozy i ramnozy, a w chaconinie – glukozy i dwóch cząsteczek ramnozy. Wzajemny stosunek ilościowy solaniny i chaconiny jest zmienny, zwykle jednak chaconiny jest dwa razy więcej niż solaniny. Oba te związki są silnymi truciznami, przy czym chaconina uchodzi za bardziej toksyczną. Ich dawka śmiertelna (LD₅₀) dla człowieka określona jest na 3–6 mg/kg ciężaru ciała, a w dawce 1–5 mg/kg mogą wywoływać objawy szkodliwego działania. Przy zawartości glikoalkaloidów większej od 11 mg/100 g w bulwie wyczuwalny jest cierpki smak (Leszczyński, 2000).

Zawartość glikoalkaloidów zależna jest od odmiany ziemniaka, więcej jest ich też w bulwach małych, niż w dużych (Wroniak, Mazurczyk, 2006), a także więcej przy niepełnej ich dojrzałości, niż zebranych w późniejszym terminie (Tajner i in., 2006). Glikoalkaloidy w większości rozmieszczone są w skórce bulwy ziemniaka i w warstwie bezpośrednio pod nią. Szczególnie wysokie stężenie glikoalkaloidów jest w rejonie oczek, a zwłaszcza w kielkach (nawet do 1000 mg/100 g). Dlatego podczas przygotowania ziemniaka do

spożycia należy usuwać kiełki. W wyniku obierania usuwa się 50–95% glikoalkaloidów. W miąższu bulwy są więc one zawarte na ogół w ilościach jednego do paru miligramów w 100 g. Dlatego nie stanowią one zagrożenia dla zdrowia człowieka.

Bulwy ziemniaka mogą zawierać azotany III (czyli azotyny), zwłaszcza w przypadku zanieczyszczenia środowiska np. przenawożenia gleby azotem. Azotany (III) są toksyczne, dopuszczalna ich dawka wynosi 0,2 mg/kg ciała człowieka, a trująca od 1,4 mg/kg. Mogą też reagować z aminami białek tworząc rakotwórcze nitrozoaminy. Jednakże ilości azotanów (III) w bulwach ziemniaka są śladowe rzędu 0,0–0,3 mg NO₂/100 g, a wyjątkowo do 1mg/100 g (Leszczyński, 2000), więc nie stanowią zagrożenia dla konsumenta. W bulwach ziemniaka podobnie, jak we wszystkich roślinach zawarte są pewne ilości azotanów (V). Nie są one toksyczne, ale mogą zostać zredukowane przez mikroflorę jelitową do wspomnianych wcześniej azotanów (III). Zawartość azotanów (V) w ziemniaku wzrasta wraz ze zwiększaniem dawek nawozów azotowych. Jednak nawet przy bardzo wysokich dawkach azotu (200 kg N/ha) stosowanych w doświadczalnej uprawie polskich odmian ziemniaka, zawartość azotanów (V) w bulwach wahała się od 1 do 9 mg NO₃/100 g (Trawczyński, 2012). Przy zbiorze wczesnym bulw jeszcze nie w pełnej dojrzałości i przy bardzo wysokich dawkach nawożenia azotem, bulwy tylko jednej polskiej i dwóch niemieckich odmian przekraczały zawartość 20 mg azotanów(V) (Wierzbińska, 2006). Ogólne przyjmuje się, że średnio bulwy ziemniaka zawierają 3–18 mg NO₃/100 g. Jest to wielokrotnie mniej niż dopuszczalne ich ilości w innych produktach roślinnych (tab. 8), np. w sałacie (200–450 mg NO₃/100 g), szpinaku (200–300 mg NO₃/100 g), buraku ćwikłowym (150 mg NO₃/100g), czy kapuście (75 mg NO₃/100 g) (Leszczyński, 2012).

Tabela 8

Dopuszczalne zawartości azotanów(V) w produktach roślinnych (Leszczyński, 2012)
Maximum nitrate(V) limit of some vegetable food

Produkt Product	Zawartość Content (mg NO ₃ /kg)
Salata liściasta — Garden lettuce	2500–4500
Salata lodowa — Iceberg lettuce	2000–2500
Szpinak — Spinach	2500–3000
Burak ćwikłowy — Red beet	1500
Kapusta — White cabbage, Fasola szparagowa — Green beans	750
Marchew — Carrot, Ogórek — Cucumber, Kalafior — Cauliflower	400
Pomidor — Tomato, Ziemniak — Potato	200
Warzywa dla niemowląt — Vegetables for sucking baby	200

W bulwach ziemniaka, największe stężenie azotanów(V) znajduje się w skórce i bezpośrednio pod nią. W czasie przechowywania ich zawartość zmniejsza się o 50%. Podczas obierania bulw zawartość azotanów (V) obniża się średnio o 24%, a w czasie gotowania ich ilość ulega dalszemu zmniejszeniu, średnio do 43% pierwotnej zawartości w surowcu (Zgórska, Grudzińska, 2004).

W bulwach ziemniaka występują pewne ilości metali ciężkich, przechodzące głównie z zawierającej je gleby, w różnym stopniu nimi zanieczyszczonej. Ich zawartości są na ogół

śladowe. Rtęć do niedawna była poniżej poziomu wykrywalności, obecnie przy nowoczesnych metodach analitycznych jej ilość określa się na ok. 0,5 µg/100 g. Ołów zawarty jest średnio w ilości ok. 8 µg/100 g (Leszczyński, 1994), przy czym w odmianach polskich 2–8 µg/100 g (Mozolewski i in., 2006). Ołów w bulwach ziemniaka w przeważającej części znajduje się w skórce i wraz z nią jest usuwany w trakcie obróbki kulinarnej. Kadm znajduje się w ziemniaku średnio w ilości ok. 3,5 µg/100 g i rozmieszczony jest równomiernie w całej bulwie (Leszczyński, 1994). W badaniach polskich odmian ziemniaka zawartość ta wynosiła tylko od 1,2 do 2,9 µg/100 g (Mozolewski i in., 2006). Ilości metali ciężkich w bulwach ziemniaka są mniejsze lub podobne do ich zawartości w innych produktach spożywczych (tab. 9). Np. ryby zawierają 6 do 14 razy więcej rtęci, w warzywach i podrobach może znajdować się 2 do 4 razy więcej ołowiu, kadmu w kaszy może być 2 razy, a w podrobach do 10 razy więcej niż w bulwach ziemniaka. Oprócz wymienionych metali ciężkich, w bulwach mogą znajdować się również śladowe ilości toksycznego arsenu (ok. 0,5 µg/100 g).

Tabela 9

Zawartości metali ciężkich w różnych produktach spożywczych (µg/100 g) (wyliczenia własne)
Heavy metal contents of some food products (µg/100 g)

Produkt Product	Rtęć Mercury	Ołów Lead	Kadm Cadmium
Ziemniak — Potato	0,5	2–8	1,2–3,5
Chleb — Bread	0,3–0,5	3–10	2–4
Kasza — Groats	0,4–0,5	8–18	4–10
Mięso — Meat	0,2–0,7	5–12	1–3
Podroby — Edible offals	1–2	16–20	6–40
Drób — Poultry	0,3–0,5	11–13	1–3
Ryby — Fish	3–7	7–11	2–4
Warzywa — Vegetables	0,3–0,5	8–30	0,5–7,0

Pierwiastki promieniotwórcze przedostają się do bulw ziemniaka w minimalnych ilościach, nawet przy dużym skażeniu nim gleby (Rocznik Statystyczny Rolnictwa, 2011, 2012). Zawartość promieniotwórczego Cezu 137 w bulwach ziemniaka po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu były najmniejsze z wszystkich badanych produktów — 14 razy mniejsze niż w mięsie, 7 razy mniejsze niż w owocach, czy też 5 razy mniejsze niż w ziarnie zbóż (tab. 10). Większość tych śladowych zawartości pierwiastków promieniotwórczych zostaje usunięta podczas obróbki kulinarnej.

Tabela 10

Średnie roczne stężenie promieniotwórczego Cezu-137 w wybranych produktach spożywczych w bekerelach na kilogram (Bq/kg) (Rocznik statystyczny rolnictwa, 2011, 2012)
Average annual radioactive Cesium-137 concentration of some food products (Bq/kg)

Produkt Product	Rok Year	
	2010	1986
Mięso — Meat	0,83	16,4
Drób — Poultry	0,58	3,1
Ryby — Fish	1,00	6,3
Jaja — Eggs	0,43	2,4
Mleko — Milk	0,48	5,2
Zboże — Cereals	0,43	7,4
Owoce — Fruits	0,35	8,2
Warzywa — Vegetables	0,46	5,0
Ziemniak — Potato	0,63	1,2

Ziemniak nie kumuluje pestycydów, których pozostałości są w bulwach znacznie mniejsze niż w innych roślinach uprawnych. Przypuszczalnie wynika to z tego, że pestycydy nie rozpuszczają się w wodzie, a są rozpuszczalne w rozpuszczalnikach organicznych i związkach lipidowych, których to substancji ziemniak zawiera bardzo mało. Pozostałości insektycydów w bulwach ziemniaka są zazwyczaj śladowe rzędu mikrograma w 100 g, przy czym obróbka kulinarna powoduje znaczące zmniejszenie się ich zawartości. Pozostałości fungicydów, stosowanych po sprzucie w celu zapobieżenia chorobom w przechowalni, są też bardzo małe (rzędu 0,1 mg/100 g) i ponad 95% ich ilości znajduje się w skórce i pod nią tak, że w trakcie obierania zostają usunięte niemal całkowicie. Gdy, w celu zapobieżenia kiełkowania bulw w przechowalni, stosowane są preparaty z grupy karbaminianów, ich pozostałości wynoszą kilka do kilkunastu miligramów w 100 g, przy czym 90–97% znajduje się w skórce, usuwanej w czasie obierania. W bulwach ziemniaka pozostałości herbicydów są w ilościach śladowych, wyjątkowo rzędu kilku miligramów w 100 g, w większości zawartych w skórce (Leszczyński, 2000).

W oparciu o przedstawione dane można stwierdzić, że ziemniak stanowi wartościowy produkt spożywczy o wysokich walorach żywieniowych. Jest on stosunkowo niskokaloryczny, zawiera pełnowartościowe białko oraz znaczne ilości niezbędnych witamin i składników mineralnych, a także potrzebny błonnik pokarmowy. Substancje antyżywnieniowe ziemniaka, zarówno stanowiące normalne składniki bulw, jak i będące wynikiem zanieczyszczenia środowiska glebowego, zawarte są w bardzo niewielkich ilościach i w większości zlokalizowane są w skórce i bezpośrednio pod nią, dzięki czemu usuwane są podczas obróbki kulinarnej. Ziemniak nie przejawia też tendencji do kumulowania związków szkodliwych dla zdrowia, obecnych w zanieczyszczonym środowisku. Na tej podstawie ziemniak może być zaliczany do zdrowej żywności. Odpowiednio przygotowany do bezpośredniego spożycia jest pożywny i zdrowy.

Ziemniak jest nie tylko produktem spożywczym skierowanym do bezpośredniej konsumpcji po obróbce kulinarnej. Jest on również cennym surowcem przemysłowym. Przetwarzany jest on na ziemniaczane produkty spożywcze, przerabiany w krochmalni

celem uzyskania skrobi, a następnie jej przetworów oraz stosowany do otrzymywania alkoholu etylowego.

Ponad 900 tys. ton ziemniaka zużywa się w przemyśle przetwarzającym go na wyroby spożywcze o zróżnicowanym składzie chemicznym (Pęksa, 2008), cechach sensorycznych i wartości energetycznej (tab. 11). Produkuje się trzy rodzaje takich produktów: smażone, suszone i konserwowane. Wyroby smażone to głównie frytki i chipsy. Frytki stanowią produkt w postaci ziemniaka pokrojonego w słupki o długości ok. 7 cm i przekroju ok. 1×1 cm, blanszowane, (zanurzone na krótki czas w gorącej wodzie), osuszone, a następnie smażone w gorącym tłuszczu. Zawierają one 36–40% skrobi, 3,5–4,0% białka, 8–10% tłuszczu, 1,4–1,6% składników mineralnych oraz 43–47% wody. Podczas procesu technologicznego wyrobu frytek następuje obniżenie zawartości witaminy C o ok. 85%. (Rytel, Lisińska, 2007). Wartość energetyczna frytek wynosi 250–270 kcal. W czasie procesu technologicznego produkcji frytek zmniejszeniu ulega nie tylko zawartość witaminy C. Obniżeniu ulega również zawartość związków antyżywniowych: glikoalkaloidów — solaniny o 93% i chaconiny o 96%, a także azotanów(V) o 94% (Rytel, 2010).

Tabela 11

Skład chemiczny i wartość energetyczna spożywczych produktów z ziemniaka (Lisińska, Leszczyński, 1989; Pęksa, 2008)

Chemical composition and energy value of potato products

Produkt Product	Woda Water %	Skrobia Starch %	Białko Protein %	Tłuszcz Fat %	Popiół Ash %	Kaloryczność Energy value kcal
Frytki French fries	43–47	36–40	3,5–4,0	8–10	1,4–1,6	250–270
Chipsy Potato chips	2,0	43–47	6–8	33–39	4,0–4,5	530–550
Kostka Diced potato	12	70	7	0,4	3,0	300–320
Płatki ziemniaczane Potato flakes	6–8	73	7	0,6–0,7	3,0	320–340

Chipsy są produktem otrzymanym z ziemniaka pokrojonego na cienkie plasterki o grubości ok. 1 mm, blanszowane, osuszone, a potem wysmażone w gorącym tłuszczu do wilgotności ok. 2% i chrupkiej konsystencji. Zawierają one 43–47% skrobi, 6–8% białka, 33–39% tłuszczu, 4–4,5% składników mineralnych oraz ok. 2% wody. W czasie produkcji chipsów 83–93% witaminy C ulega zniszczeniu (Rytel, Lisińska, 2007). Wartość energetyczna chipsów wynosi 530–550 kcal. W czasie produkcji chipsów znacznemu obniżeniu ulega zawartość substancji antyżywniowych — glikoalkaloidów: solaniny o 81% i chaconiny o 83%, a także azotanów(V) o 91% (Rytel, 2010).

Podczas procesu smażenia produktów ziemniaczanych w wysokiej temperaturze (150–180°C) zachodzi reakcja Maillarda, w której aminokwasy i amidy reagują z grupami hydroksylowymi węglowodanów, głównie cukrów redukujących, w wyniku czego powstają różne produkty. Jednym z nich powstałym z reakcji cukrów redukujących z asparaginą są toksyczne akrylamidy. Ich zawartość w chipsach waha się w granicach 170–

3700 µg/kg, a we frytkach w granicach 200–12000 µ/kg. Na ich ilość w produkcji mają wpływ parametry technologiczne procesu produkcji, a zwłaszcza wysoka temperatura smażenia powoduje wzrost ich zawartości (Tajner, 2011).

Przemysłowo produkowane są dwa rodzaje suszy ziemniaczanych: z ziemniaka surowego oraz z ziemniaka ugotowanego.

Do pierwszej grupy należą kostka i grys, które są sporządzonymi z ziemniaka surowego i wymagają obróbki hydrotermicznej przed spożyciem. Kostkę otrzymuje się przez pokrojenie obranej bulwy w kostkę o boku 6 do 10 mm, blanszowanie i suszenie do wilgotności poniżej 12%. Grys otrzymuje się w wyniku zmielenia kostki. Tego rodzaju susze zawierają ok. 70% skrobi, ok. 7% białka i ok. 3% składników mineralnych. Kostka po poddaniu jej obróbce hydrotermicznej nabiera właściwości ugotowanego ziemniaka i stosowana jest do różnego rodzaju sałatek ziemniaczano-warzywnych. Grys stosowany jest jako składnik różnych produktów typu koncentratów takich jak placki ziemniaczane, knedle itp. Wartość energetyczna suszy wynosi 300–320 kcal. Podczas procesu technologicznego wyrobu suszy, znacznemu zmniejszeniu ulega zawartość witaminy C — o 96% (Rytel, Lisińska, 2007), ale także i glikoalkaloidów — ok. 12% (Rytel, 2010).

Płatki i granulat są produktami suszonymi z ziemniaka gotowanego. Posiadają zdolność do znacznej i szybkiej rehydratacji. Otrzymuje się je przez parowanie obranych, blanszowanych i rozdrobnionych bulw ziemniaka, a następnie wysuszenie rozparowanej masy na walcach (płatki), lub w suszarkach pneumatycznych i fluidyzacyjnych (granulat) do wilgotności 6–8%. Takie susze zawierają ok. 73% skrobi, ok. 7% białka, ok. 3% składników mineralnych i 0,6–0,7% substancji lipidowych (Lisińska, Leszczyński, 1989). W czasie produkcji suszy następuje obniżenie zawartości witaminy C o 85–95% (Rytel, Lisińska, 2007). Susze ziemniaczane stosowane są do domowego wytwarzania gotowego produktu ziemniaczanego typu piure, a także produktów mieszanych, np. kluski w proszku itp. Znajdują też zastosowanie w piekarstwie i przemyśle koncentratów spożywczych. Ich wartość energetyczna wynosi 320–340 kcal. Jednakże po zmieszaniu ich z wodą, gdy po rehydratacji nabierają cech ziemniaka ugotowanego, ich kaloryczność jest ok. czterokrotnie mniejsza, podobnego rzędu jak ziemniak gotowany.

Przetwory konserwowe to ziemniak sterylizowany w puszkach, lub słoikach. Jego zastosowanie oraz wartość odżywcza odpowiada w przybliżeniu użyciu i wartości ziemniaka gotowanego. Obecnie w Polsce nie jest produkowany.

W Polsce obecnie przerabia się rocznie do 700–800 tys. ton ziemniaka w przemyśle krochmalniczym. W trakcie procesu produkcyjnego z rozdrobnionych bulw ziemniaka wymywa się skrobię stanowiącą główny składnik ich suchej masy. Wymytą skrobię poddaje się rafinacji, a następnie odwadnia i suszy do wilgotności ok. 20%. Skrobia ziemniaczana zawiera ok. 20% wody i śladowe ilości białka i lipidów oraz ok. 0,5% substancji mineralnych. Jej wartość energetyczna wynosi ok. 320 kcal. Skrobia w stanie naturalnym znajduje zastosowanie w stosunkowo niewielkim stopniu. W większości przetwarzana jest ona na szereg produktów. Dzięki swojej wysokiej czystości chemicznej w porównaniu ze skrobią z innych surowców, zwłaszcza zbóż, skrobia ziemniaczana jest najlepszym surowcem do przerobu na otrzymywane z niej przetwory. Produktami przetwórstwa skrobi stosowanymi w żywności są hydrolizaty (maltodekstryny, syropy,

glukoza) oraz skrobie modyfikowane (krochmale modyfikowane). Przetwory skrobiowe różnią się zasadniczo składem chemicznym i właściwościami. W mniejszym stopniu zróżnicowana jest ich wartość energetyczna (tab. 12).

Tabela 12

Zawartość wody i wartość energetyczna przetworów skrobiowych. (wyliczenia własne)
Water content and energy value of starch products

Produkt Product	Zawartość wody (%) Water content (%)	Wartość energetyczna (kcal) Energy value (kcal)
Skrobia — Starch	20	320
Maltodekstryna — Maltodextrin	6	370
Syrop skrobiowy — Starch syrup	18–21	315–325
Glukoza krystaliczna — Crystalline glucose	9	360
Skrobia modyfikowana — Modified starch	10–20	300–350
Skrobia oporna — Resistant starch	15–20	170–240

Maltodekstryny są produktami „łagodnej” hydrolizy skrobi, najczęściej enzymatycznej, zagęszczeniu i wysuszeniu hydrolizatu na suszarce rozpyłowej do wilgotności ok. 6%. Ich wartość energetyczna wynosi ok. 370 kcal. Stosowane są jako dodatek głównie w cukiernictwie, piekarstwie i przemyśle koncentratów spożywczych, m.in. do produktów o obniżonej kaloryczności.

Syropy skrobiowe są produktami kwasowej lub enzymatycznej hydrolizy skrobi, zagęszczonymi do zawartości ok. 80% suchej masy, o różnym stopniu scukrzenia i o różnym składzie węglowodanowym (cukrów i oligosacharydów). Stosowane są powszechnie jako składnik wielu produktów przemysłu spożywczego, zwłaszcza cukierniczego. Zapobiegając krystalizacji sacharozy są niezbędnym składnikiem mas karmelowych i pomadkowych. Wartość energetyczna syropów wynosi ok. 320 kcal. Glukozę otrzymuje się przez całkowitą hydrolizę skrobi, przeważnie enzymatyczną, a następnie przez krystalizację z zagęszczonego roztworu. Stosuje się ją do różnych celów w przemyśle spożywczym i farmaceutycznym, a także do otrzymywania izosyropów (syropów fruktozowo-glukozowych) i sorbitolu, stosowanych jako zamienniki sacharozy. Wilgotność glukozy krystalicznej nie przekracza 9%. Jej wartość energetyczna wynosi ok. 360 kcal.

Krochmale (skrobie) modyfikowane otrzymuje się przez modyfikacje struktury cząsteczki i właściwości skrobi przy użyciu czynników fizycznych i chemicznych. Wysuszone są do wilgotności 10–20%, w zależności od rodzaju preparatu. Stosowane we wszystkich gałęziach przemysłu spożywczego posiadają wartość energetyczną w granicach 300–350 kcal. Używa się ich nie więcej jak 20–50 g na kilogram produktu. Tak więc, ich kaloryczność w małym stopniu wpływa na wartość energetyczną produktu, w skład którego wchodzi. Dzięki zdolności chłonięcia dużych ilości wody powodują obniżenie kaloryczności gotowego wyrobu. Jedną z odmian skrobi modyfikowanych jest skrobia oporna o właściwościach prozdrowotnych, jako prebiotyk i posiadającą obniżoną do ponad 50% wartość energetyczną. Produktem ubocznym przemysłu krochmalniczego jest sok ziemniaczany, odwirowywany z miazgi rozdrobnionych bulw ziemniaka. Wykorzystywany jest on jako surowiec do otrzymywania pełnowartościowego białka

ziemniaczanego. Sok ten poddaje się zakwaszeniu i ogrzewaniu do temperatury powyżej 100°C, w wyniku czego następuje denaturacja i wytrącenie białka. Wydzielony i wysuszony do ok. 10% wilgotności preparat, zawiera ok. 80% białka w suchej masie. Nie posiada on zdolności rehydratacji i z tego powodu nie znajduje zastosowania w przemyśle spożywczym. Przeznaczany jest do mieszanek paszowych w żywieniu zwierząt gospodarskich. Wskutek procesów zachodzących w czasie denaturacji i wydzielania białka z soku, posiada ono niższą wartość odżywczą od białka zawartego w ziemniaku. Wydzielanie białka z soku ziemniaczanego nowymi metodami, opracowanymi na Wydziale Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, pozwala na uzyskanie preparatu białkowego wysokiej czystości, o znacznej zdolności do rehydratacji i o wysokiej wartości biologicznej (Pęksa, 2006). Próby zastosowania takiego preparatu białka w piekarstwie i przy wyrobie chrupków dały pozytywne wyniki.

Reasumując, można stwierdzić, że ziemniak jest wartościowym i zdrowym produktem nadającym się do bezpośredniej konsumpcji, dostarczającym znacznych ilości cennych składników, zwłaszcza witaminy C i potasu. Otrzymane z niego wyroby spożywcze są pożywne, a praktyczny brak w nich witaminy C i obniżona zawartość potasu są zrekompensowane znaczącym zmniejszeniem zawartości glikoalkaloidów i azotanów (V). Produkty smażone z ziemniaka zawierają wprawdzie stosunkowo znaczne ilości toksycznego akrylamidu, ale mało co mniejsze ilości tego związku zawarte są w spożywanym codziennie pieczywie, czy innych produktach zbożowych. Sprzeczne informacje dotyczące szkodliwości tej substancji i jej zawartości w żywności powodują brak wyznaczenia dopuszczalnego poziomu spożycia go przez ludzi. Żywność zawierająca akrylamid spożywana jest od wielu setek lat, dopiero od 10 lat zauważa się jego obecność. Prowadzone prace dotyczące możliwości obniżenia tworzenia akrylamidu w trakcie procesu produkcyjnego ograniczą potencjalną szkodliwość zawierających go produktów. Skrobia ziemniaczana jest najlepszym surowcem do produkcji hydrolizatów i skrobi modyfikowanych. Skrobie modyfikowane i maltodekstryny stosowane są w żywności m.in. jako zagęstniki i zamienniki tłuszczu co powoduje w znacznym stopniu obniżenie kaloryczności produktów. Otrzymane ze skrobi syropy są niezbędnym składnikiem wielu wyrobów, zwłaszcza cukierniczych, a glukoza stanowi produkt energetyczny stosowany w farmacji i odżywkach oraz jest surowcem do dalszego przerobu.

LITERATURA

- Bethke P. C., Jansky S. H. 2008. The effects of boiling and leaching on the content of potassium and other minerals in potatoes. *J. Food Sci.* 75 (5), H80-H85.
- Biernat J., Bronkowska M. 2010. Żywnościowa charakterystyka węglowodanów łatwo przyswajalnych zawartych w wyrobach cukierniczych. *Przegl. Piek. Cukier.* 60 (4): 48 — 51.
- Burrowes J. D., Ramer N.J. 2008. Changes in potassium content of different potato varieties after cooking. *J. Ren. Nutr.* 18 (6): 530 — 534.
- Foster-Powell K., Holt S.H.A, Brand-Miller J.C. 2002. International table of glycemic index and glycemic load values: 2002. *Am. J. Clin. Nutr.* 76: 5 — 56.
- Grudzińska M. 2012. Jak poprawnie przygotować i gotować ziemniaki. *Ziemniak Polski* 22 (2): 40 — 43.
- Grudzińska M. Zgórska K. 2006. Intensywność ciemnienia enzymatycznego, a zawartość związków fenolowych w różnych częściach bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 585 — 591.

- Kolenda H., Pyryt B. 2002. Jakość kulinarna nowych odmian ziemniaków w zależności od sposobu gotowania bulw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 375 — 383.
- Kunachowicz H., Nadolna I., Iwanow K., Przygoda B. 2010. Wartość odżywcza wybranych produktów spożywczych i typowych potraw. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa: 158 ss.
- Leszczyński W. 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. *Post. Nauk Rol.* 41 (1):15 — 29.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność* 7 Supl. 4 (25): 5 — 27.
- Leszczyński W. 2004. Resistant Starch — classification, structure and production. *Polish J. Food Nutr. Sci.* 13/54 (SI 1): 37 — 48.
- Leszczyński W. 2007. Historia ziemniaka. *Ziemniak Polski* 17 (4): 3 — 7.
- Leszczyński W. 2012. Znaczenie ziemniaka jako produktu żywnościowego oraz w przetwórstwie przemysłowym. *Ziemniak Polski* 22 (1): 38 — 43.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science. London-New York: 391 ss.
- Lubecka-Ziembińska J., Janiak W. 2012. Nowe odmiany ziemniaka. *Ziemniak Polski* 22 (2): 7 — 10.
- Mozolewski W., Wiczorek J., Sienkiewicz S. 2006. Zawartość kadmu i ołowiu w ziemniakach uprawianych w województwie warmińsko-mazurskim. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 593 — 600.
- Pęksa A. 2003. Białko ziemniaczane — charakterystyka i właściwości. *Post. Nauk Rol.* 50 (5): 79 — 94.
- Pęksa A. 2006. Ocena jakości preparatów białka ziemniaczanego otrzymanych w różnych warunkach technologicznych i ich przydatności w produkcji wyrobów ekstrudowanych. *Z.N. AR Wroc.* 533: 5 — 101.
- Pęksa A. 2008. Wartość żywieniowa ziemniaka i jego przetworów na tle innych produktów spożywczych. *Wiś Jutra* 2 (115): 3 — 5.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2011. 2012, GUS Warszawa.
- Rytel E. 2010. Wybrane substancje odżywcze i antyżywnościowe ziemniaka i zmiany ich zawartości podczas przetwarzania na produkty spożywcze. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 557: 43 — 61.
- Rytel E., Lisińska G. 2007. Zmiany zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka podczas gotowania i przetwarzania na produkty smażone i suszone. *Żywność* 6 (55): 186 — 197.
- Tajner-Czopek A. 2011. Wpływ zabiegów technologicznych na właściwości frytek ziemniaczanych i zawartość akrylamidu. *Wyd.. Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu*: 86 ss.
- Tajner-Czopek A., Leszczyński W., Lisińska G., Prośba-Białczyk U. 2006. Zawartość glikoalkaloidów w ziemniakach w zależności od terminu zbioru. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 379 — 387.
- Trawczyński C. 2012. Nawożenie azotem nowych odmian ziemniaka uprawianych na glebach lekkich. *Ziemniak Polski* 22 (2): 11 — 15.
- Wierzbińska A. 2006. Zmienność wybranych cech jakości bulw wczesnych odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem i terminu zbioru. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511:175 — 187.
- Wroniak J., Mazurczyk W. 2006. Odmianowe różnice zawartości glikoalkaloidów w zależności od przeciętnej masy bulw ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 189 — 195.
- Zgórska K., Grudzińska M. 2004. Zawartość azotanów(V) w bulwach ziemniaka po obróbce wstępnej i termicznej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 500: 475 — 481.

WOJCIECH NOWACKI

Zakład Agronomii Ziemiaka

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy

Oddział w Jadwisinie

O kierunkach zmian w uprawie ziemniaka w Polsce

On the directions of changes in potato production in Poland

Celem opracowania było przeanalizowanie zmian zachodzących w kraju w ostatnich latach w skali i stosowanej technologii uprawy ziemniaka. Podstawą do wykonania takiej analizy były dane GUS oraz dane pozyskane przez IHAR — PIB Oddział w Jadwisinie we współpracy z Ośrodkami Doradztwa Rolniczego podczas ogólnokrajowych badań monitoringowych w ostatnich 15 latach. Uzyskane wyniki dowodzą, że wraz ze zmniejszającą się skalą uprawy ziemniaka w kraju następują ciągłe zmiany w stosowanej technologii uprawy ziemniaka a proces polaryzacji technologii jest skorelowany ze skalą uprawy tego gatunku w gospodarstwach oraz z kierunkiem użytkowania zbiorów ziemniaka. Na tle zmniejszającej się ogólnej liczby gospodarstw uprawiających ziemniaki, najszybciej zmniejsza się liczba gospodarstw produkujących ten gatunek z przeznaczeniem dla wielokierunkowego jego wykorzystania. Przybywa natomiast gospodarstw specjalizujących się w produkcji ziemniaka na ściśle określone kierunki użytkowania plonu.

Słowa kluczowe: planowanie, skala uprawy, systemy produkcji, zmiany w Polsce, ziemniak

The aim of the study was to examine changes of the scale and the technology of potato cultivation in the country in recent years. The basis for these analyses was the data from CSO and also some collected by the IHAR — PIB Division Jadwisin in cooperation with the ODR in the national monitoring studies in recent 15 years. The results show, that with decreasing scale of potato cultivation in the country, continuous changes in the technology of potato cultivation follow and the process of technology polarization is correlated with the scale of cultivation of this species on the farm and the direction of the use of yield. Against the background of the decreasing total number of farms that are growing potatoes, the number of farms producing this species for multi-purpose use is undergoing the fastest reduction. However, a number of farms specializing in production of potatoes for strictly specified purposes is increasing.

Key words: changes in Poland, production systems, scale of cultivation, potato, yielding

WSTĘP

Ziemniak jest przykładem gatunku spośród roślin rolniczych, którego skala uprawy, a także wielkość zbiorów od 30–40 lat w całej Europie w tym również w Polsce sukcesywnie maleje (Nowacki, 2009). Tempo tych zmian w poszczególnych krajach jest zróżnicowane.

O ile ograniczenie znaczenia ziemniaka w wielu krajach Europy Zachodniej miało miejsce dużo wcześniej, to obecnie obserwuje się tam już pewną stabilizację popytu i podaży, natomiast w Polsce dynamiczna redukcja skali uprawy oraz zmiany metod zagospodarowania zbiorów ziemniaka rozpoczęły się dopiero po roku 1980, a jeszcze większe zmiany miały miejsce po urynkowaniu gospodarki kraju w 1990 roku. Również po wstąpieniu Polski do struktur UE nastąpiło dalsze szybkie ograniczenie wielkości produkcji ziemniaka w kraju (Rynek ziemniaka, 1990–2011). Odwrotną natomiast tendencję obserwuje się w grupie państw rozwijających się a szczególnie w Azji południowo-wschodniej (Chiny, Indie, itp.). Kraje te sukcesywnie zwiększają skalę uprawy ziemniaka a znaczenie tego gatunku w gospodarkach tych krajów gwałtownie rośnie (FAOSTAT, 2002–2011).

Zmianie podlegają także stosowane technologie uprawy ziemniaka (Jabłoński, 2009; Nowacki, 2005). Wprowadza się coraz częściej do praktyki rolniczej specjalistyczne technologie osadzone w różnych systemach gospodarowania. Aktualnie w kraju stosowane są następujące systemy uprawy ziemniaka: konwencjonalny ekstensywny, konwencjonalny zrównoważony, konwencjonalny intensywny, certyfikowany system integrowanej produkcji, certyfikowany system ekologiczny, inne certyfikowane dobrowolne standardy pozyskiwania wysokiej jakości plonu (Nowacki, 2010).

Zasadniczym celem kreowanym aktualnie w technologii uprawy ziemniaka jest uzyskiwanie stabilnych oraz wysokiej jakości plonów odpowiadających rynkowym standardom jakościowym w danym kierunku produkcji (Gruczek, 2004). Również bardzo ważnym elementem zmian zachodzących w stosowanej w kraju agrotechnice ziemniaka jest także powszechnie ostatnio kreowany proces tzw. „ekologizacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej”, a także stałe obniżanie jednostkowych kosztów uprawy poprzez koncentrację uprawy tego gatunku (Nowacki, 2005). W dalszym ciągu ziemniak jednak jest gatunkiem bardzo droгим w uprawie w porównaniu do innych gatunków roślin rolniczych. Dlatego też ziemniak staje się mało konkurencyjnym gatunkiem rolniczym jako pasza, surowiec energetyczny, a nawet jako podstawowa roślina dla pozyskiwania wysokiej jakości skrobi (Chotkowski, 2009). W globalizującej się gospodarce świata ziemniak staje się tylko warzywem, które dla ludności rozwijających się krajów redukuje problem istniejącego lokalnie jeszcze głodu a w rozwiniętych krajach dla zmniejszającej się grupy rolników-producentów ziemniaka oraz z koncentrowanego przemysłu przetwórczego stanowi obecnie doskonały biznes (Scott, 2002; Walker i in., 1999).

MATERIAŁ I METODY

W oparciu o dane statystyczne GUS z lat 1996–2010 (GUS 1999, 2003, 2011a, 2011b), a także Raportów IERIGŻ Rynek ziemniaka oraz stan i perspektywy (Rynek ziemniaka, 1990–2011) przeanalizowano zmiany w skali uprawy ziemniaka w Polsce w zakresie: powierzchni ogólnej uprawy w kraju i w poszczególnych województwach, zmiany udziału ziemniaka w strukturze zasiewów, zmian struktury wielkości plantacji ziemniaka oraz zmian liczby gospodarstw uprawiających ten gatunek.

Na podstawie wykonanych przez Zakład Agronomii Ziemniaka IHAR — PIB Oddział w Jadwisinie we współpracy z Ośrodkami Doradztwa Rolniczego w latach 2000–2010 ogólnokrajowych badań monitoringowych sektora ziemniaczanego dokonano analizy stosowanych systemów produkcji ziemniaka w Polsce oraz oceny ich efektywności i wykorzystania.

W badaniach wyodrębniono cztery grupy gospodarstw rolnych uprawiających ziemniaki według następujących systemów produkcji: konwencjonalny intensywny, konwencjonalny niskonakładowy, konwencjonalny zrównoważony (średnio intensywny) odpowiadający obligatoryjnym i fakultatywnym wymogom systemu Integrowanej Produkcji zawartych w Metodyce IP (Metodyka IP ziemniaka, 2005; Rozporządzenie MRIRW w sprawie integrowanej produkcji — Dz. U. nr 256, poz. 1722) oraz w systemie ekologicznym (Ustawa o rolnictwie ekologicznym — Dz. U. 09 nr 116, poz. 973). Badaniami corocznymi objęto ponad 600 gospodarstw rolnych uprawiających ziemniaki a do analizy szczegółowej zakwalifikowano około 300 gospodarstw reprezentatywnych dla poszczególnych systemów gospodarowania. Każdy z systemów produkcji charakteryzowano pod względem jakości i zdrowotności materiału sadzeniowego, ilości stosowanych na plantacjach ziemniaka środków ochrony roślin (ochrona przed chorobami i szkodnikami ziemniaka), poziomu i metod nawożenia plantacji, metod pielęgnacji oraz wykonywania innych zabiegów agrotechnicznych (odkamienianie, nawadnianie), a także pod względem uzyskiwanych plonów ziemniaka oraz jakości plonu bulw (plon handlowy i plon uboczny — odpadowy). Dla porównania istotności średnich plonowania ziemniaka z lat badań dla poszczególnych systemów gospodarowania w kraju zastosowano program SAS Enterprises Guide oraz wykorzystano metodę Tukeya. Dla oszacowania struktury uzyskiwanych plonów ziemniaka w gospodarstwach w 2011 roku w kraju dokonano transformacji danych uzyskanych w badaniach monitoringowych na dane dotyczącą struktury wielkości gospodarstw uprawiających ziemniaki określoną przez PSR GUS w 2010 roku.

Oszacowano także koszty oraz efektywność ekonomiczną stosowania poszczególnych systemów produkcji ziemniaka w gospodarstwach rolnych. W kalkulacji kosztów uwzględniono rzeczywiste nakłady materiałowe (sadzeniaki, ś.o.r., nawozy, itp.), nakłady pracy ludzkiej, koszty energii oraz koszty użycia maszyn oraz sprzętu. Koszty wykorzystania maszyn w produkcji ziemniaka skalkulowano w oparciu o wskaźniki IBMER (Muzalewski, 2006). W kalkulacji po stronie przychodów uwzględniono wartość plonu ogólnego wyodrębniając przy tym wartość plonu handlowego i ubocznego. Przy sporządzaniu kalkulacji przyjęto średnie krajowe ceny za ziemniaki jadalne i paszowe z lat 2010–2011.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmiany w skali uprawy ziemniaka w kraju

Ziemniak jest jednym z gatunków wśród roślin rolniczych, który podlegał na przestrzeni już kilku dziesięcioleci, ale także w ostatnich latach w Polsce największym zmianom pod względem skali produkcji dostosowującej się do bieżących potrzeb rynku. Lata 60. do

początku lat 80. ubiegłego stulecia były okresem największego znaczenia ziemniaka w polskim rolnictwie. O tym zadecydowało powszechne wykorzystanie tego gatunku jako podstawowej paszy w żywieniu trzody chlewnej, wysokie spożycie ziemniaka w diecie Polaków a także oparcie o ziemniaki funkcjonowania ówczesnego krajowego przemysłu gorzelniczego i krochmalniczego. Aby sprostać tym potrzebom powierzchnia uprawy ziemniaka zbliżała się do 3 mln ha, co stanowiło w strukturze krajowych zasiewów nawet ponad 18%. Ilustrują to dane zawarte w tabeli 1. Ziemniak był wówczas w Polsce jednym z podstawowych gatunków rolniczych o strategicznym znaczeniu w gospodarce żywnościowej i paszowej kraju.

Tabela 1

Zmiany powierzchni uprawy ziemniaka w Polsce na przestrzeni lat 1947–2011
Changes in the area of potato cultivation in Poland in the years 1947–2011

Lata Years	Powierzchnia uprawy (tys. ha) Cultivation area	Procentowy udział w strukturze zasiewów Percentage share of sowing structure
1947	2302,8	17,8
1950	2615,9	17,4
1960	2876,4	18,8
1970	2732,2	18,3
1980	2343,7	16,1
1990	1835,3	12,9
1995	1522,4	11,8
2002	803,4	7,5
2005	588,2	5,3
2007	549,4	4,8
2010	388,9	3,7
2011	393,0	3,8

Zmieniające się uwarunkowania funkcjonowania rolnictwa w Europie spowodowały, że ziemniak jako dość drogi gatunek w uprawie zaczął przegrywać jako pasza ze zbożami, importowaną soją i kukurydzą, a zmieniające się nawyki żywieniowe współczesnych coraz bogatszych społeczeństw również obniżyły znaczenie tego gatunku (Seremak-Bulge, 2002). Najwcześniej stało się to w krajach Europy zachodniej, a później również i w innych krajach, także w Polsce. Wydawało się jednak, że skala zmian i ograniczenie znaczenia ziemniaka w naszym kraju ze względu na jego powszechność uprawy oraz tradycje żywieniowe nie będą tak głębokie jak w innych krajach. Jeszcze w 1995 roku powierzchnia uprawy ziemniaka wynosiła ponad 1,5 mln ha. Okres przed i po akcesji Polski do UE stał się dalszym ograniczaniem produkcji ziemniaka jednak o różnym nasileniu w poszczególnych województwach (tab. 2).

Redukcja powierzchni uprawy ziemniaka w Polsce w ostatnich 9 latach (2002–2010) wyniosła średnio ponad 50%, a województwami o największym spadku uprawy były: podlaskie, lubelskie, świętokrzyskie i mazowieckie, a o najniższym spadku województwa: pomorskie, dolnośląskie i zachodniopomorskie. Okres ten był przygotowaniem kraju do wstąpienia do struktur UE i pierwszych lat uczestnictwa w UE.

Tabela 2

Zmiany powierzchni uprawy ziemniaka w latach 2002–2010 według województw
Changes in area of potato cultivation by voivodships in the years 2002–2010

Województwo Voivodship	Powierzchnia uprawy (ha) Cultivation area (ha)		Różnica Difference 2002–2010 (ha)	Procent zmian Percentage of change 2002–2010
	2002	2010		
Polska	803385	388259	-415126	51,7
Dolnośląskie	35735	23192	-12543	35,1
Kujawsko-pomorskie	38702	18816	-19886	51,4
Lubelskie	79028	28053	-50975	64,5
Lubuskie	10630	5428	-5202	48,9
Łódzkie	94902	42914	-51988	54,8
Małopolskie	63284	35904	-27380	43,3
Mazowieckie	122986	54206	-68780	55,9
Opolskie	15561	8856	-6713	43,1
Podkarpackie	64271	34378	-29893	46,5
Podlaskie	56523	17448	-39075	69,1
Pomorskie	31575	20851	-10724	34,0
Śląskie	26726	12063	-14663	54,9
Świętokrzyskie	45865	20172	-25693	56,0
Warmińsko-mazurskie	22582	10653	-11929	52,8
Wielkopolskie	71545	40203	-31342	43,8
Zachodnio-pomorskie	23470	15121	-8349	35,6

Wraz ze zmniejszeniem się powierzchni uprawy zmniejszył się automatycznie także udział ziemniaka w strukturze zasiewów (tab. 3). Tempo spadku udziału ziemniaka w zasiewach przed i po akcesji Polski do UE było wysokie (ponad 6%), ale w poszczególnych województwach różne. W okresie od 1999 do 2010 roku nastąpiła w kraju przebudowa regionów typowo ziemniaczanych.

Tabela 3

Zmiany udziału ziemniaka w strukturze zasiewów w Polsce według województw w latach 1999–2010
Changes in the structure of the share of potato crop in Poland by voivodship in the years 1999–2010

Województwo Voivodship	% udział ziemniaka w strukturze zasiewów krajowych % share in the structure of the potato crop			
	1999	2004	2010	zmiana — change 1999–2010
Polska	10,1	6,3	3,7	6,4
Dolnośląskie	6,6	4,8	3,3	3,3
Kujawsko-pomorskie	5,5	3,7	2,1	3,4
Lubelskie	10,8	5,7	3,4	7,4
Lubuskie	5,6	4,4	2,5	3,1
Łódzkie	16,9	8,7	6,0	10,9
Małopolskie	16,2	13,5	9,7	6,5
Mazowieckie	14,0	7,2	4,4	9,6
Opolskie	5,4	3,0	1,9	3,5
Podkarpackie	17,5	14,2	9,7	7,8
Podlaskie	11,7	6,0	2,8	8,9
Pomorskie	6,8	6,0	4,0	2,8
Śląskie	12,8	8,3	4,5	8,3
Świętokrzyskie	15,1	11,3	6,4	8,7
Warmińsko-mazurskie	5,0	3,3	1,5	3,5
Wielkopolskie	6,7	4,8	2,8	3,9
Zachodnio-pomorskie	4,2	4,0	2,2	2,0

Największe redukcje udziału ziemniaka w strukturze zasiewów wystąpiły w województwach: łódzkim, mazowieckim i podlaskim. To ostatnie województwo przestało odgrywać wiodącą rolę w produkcji ziemniaka przeznaczonego na eksport czy jako surowiec dla funkcjonującego tu dużego zakładu przemysłu krochmalniczego w Łomży. Wspólną cechą województw o największym ograniczeniu upraw ziemniaka są przeważające w tych regionach gleby lekkie.

Wraz z redukcją powierzchni uprawy ziemniaka w kraju zmniejszyła się o również w ostatnim czasie o ponad 50% liczba gospodarstw rolnych uprawiających ten gatunek. W ciągu 8 lat liczba ta zmniejszyła się z 1,5 mln tylko do około 750 tys. gospodarstw. Jest to olbrzymia zmiana w polskim rolnictwie, chociaż uprawa ziemniaka pozostała jeszcze jedną z najbardziej popularnych wśród polskich rolników. We wszystkich województwach (tab. 4) odnotowano spadek, ale największy spadek liczby gospodarstw uprawiających ziemniaki, dotyczył regionów z wcześniej mniejszymi tradycjami uprawy ziemniaka (opolskie, lubuskie i zachodniopomorskie). W tych województwach w okresach gospodarki planowej duży odsetek stanowiły Państwowe Gospodarstwa Rolne gospodarujące na większych arealach ziemi.

Tabela 4

Zmiany liczby gospodarstw rolnych uprawiających ziemniaki w latach 2002–2010 w kraju według województw

Changes in the number of farms producing potatoes in Poland in the years 2002–2010 by voivodship

Województwo Voivodship	Liczba gosp. uprawiających ziemniaki Number of farms with potato cultivation		Różnica Difference 2002—2010	% zmiany % of change
	2002	2010		
Polska	1555200	747743	807457	51,9
Dolnośląskie	51286	25155	26131	51,0
Kujawsko-pomorskie	60969	27440	33529	55,0
Lubelskie	199540	90400	109140	54,7
Lubuskie	23540	8084	15456	65,7
Łódzkie	131027	58340	72687	55,5
Małopolskie	206760	104319	102441	49,5
Mazowieckie	188560	89376	99184	52,6
Opolskie	34650	12334	22316	64,4
Podkarpackie	206750	120645	86105	41,6
Podlaskie	87528	39012	48516	55,4
Pomorskie	34280	18252	16028	46,7
Śląskie	66526	31302	35224	52,9
Świętokrzyskie	106870	55528	51342	48,0
Warmińsko-mazurskie	34269	16693	17576	51,3
Wielkopolskie	95195	40188	55007	57,8
Zachodniopomorskie	27450	10675	16775	61,1

Tak duża skala ograniczenia powierzchni uprawy spowodowała także istotne zmiany struktury agrarnej upraw ziemniaka. Udział plantacji do 1 ha w ostatnim okresie (2002–2010) w ogólnej powierzchni nie zmienił się, ale zmniejszył się udział plantacji średniej wielkości w grupach od 1 do 5 ha, a zwiększył się udział plantacji dużych 5–50 ha i bardzo dużych powyżej 50 ha (tab. 5). Dane GUS wskazują, że uprawa ziemniaka w mniejszych gospodarstwach na małym areale na cele samozaopatrzeniowe podlegała bardzo małym

zmianom z tendencją do zmniejszania wielkości plantacji. Takie małe plantacje w ogólnym areale upraw ziemniaka stanowią cały czas ponad 50% całkowitej krajowej powierzchni upraw tego gatunku. Wzrastająca ilość plantacji większych (powyżej 5 ha) wskazuje z kolei na zwiększanie towarowości i konkurencyjności produkcji tego gatunku w większych gospodarstwach rolnych. Jest to kierunek zbieżny z tendencjami występującymi w innych krajach Europy. Następująca ciągła koncentracja produkcji ziemniaka, przyczynia się do unowocześniania technologii uprawy oraz przechowywania a także do zmniejszania kosztów produkcji tego gatunku. Zjawisko koncentracji produkcji powoduje jednak także negatywne skutki, jak chociażby intensyfikację procesu produkcji ziemniaka (wzrost chemizacji) oraz ograniczenie pozytywnej roli ziemniaka w zwalczaniu chwastów jako rośliny okopowej w stosowanych zmianowaniach w systemie zrównoważonego rolnictwa.

Tabela 5

Zmiany w strukturze obszarowej upraw ziemniaka w Polsce w latach 2002–2010
Changes in the area structure of potato crops in Poland in the years 2002–2010

Grupy obszarowe pow. uprawy ziemniaka Area group with potato cultivation (ha)	% udział w pow. ogólnej ziemniaka % share in total potato area		Liczba gospodarstw z uprawą ziemniaka Number of farms with potato cultivation		Średnia pow. uprawy ziemniaka w gospodarstwie Average potato area in farm (ha)	
	2002	2010	2002	2010	2002	2010
Ogółem Total	100	100	1555200	747743	0,52	0,52
Do — less than 1 ha	50,6	50,1	1328544	696019	0,31	0,28
1–2 ha	24,4	9,2	169430	25611	1,16	1,39
2–5	16,1	14,1	50302	19176	2,81	2,98
5–10	4,2	7,8	5423	4635	6,67	6,88
10–20	1,6	4,9	1104	1463	13,62	14,19
20–50	0,9	4,1	280	551	28,37	30,60
Powyżej — more than 50 ha	2,2	9,8	117	291	147,73	130,97

Technologie uprawy ziemniaka w różnych systemach gospodarowania

Technologia uprawy ziemniaka podobnie, jak i innych roślin rolniczych lub ogrodniczych, może być realizowana albo w systemach konwencjonalnych lub coraz częściej wprowadzanych do powszechnej praktyki rolniczej w systemach certyfikowanych, które prawdopodobnie eliminować będą powszechne obecnie stosowane systemy intensywnego lub niskonakładowego gospodarowania.

W tabeli 6 zaprezentowano dane szacunkowe dotyczące struktury stosowanych systemów produkcji ziemniaka w kraju. Wyniki te pozyskano w oparciu o próbę reprezentatywnych danych uzyskanych w przeprowadzonych badaniach monitoringowych przez IHAR — PIB Oddział w Jadwisinie, a następnie transformowano wartości na dane statystyczne liczebności gospodarstw uprawiających ziemniaki podane przez GUS. Ziemniak jest specyficznym gatunkiem, który może być uprawiany w różnych systemach gospodarowania istotnie różniących się między sobą stopniem wykorzystania postępu biologicznego oraz poziomem stosowania czynników plonotwórczych, takich jak nawożenie, środki ochrony roślin, nawadnianie, stopniem mechanizacji prac uprawowych, pielęgnacyjnych oraz różnymi metodami zbioru plonów. Aktualnie w Polsce ponad 90% gospodarstw uprawiających ziemniaki stosuje niskonakładową technologię, a w

konsekwencji uzyskuje bardzo niskie plony bulw. Ten mało efektywny system produkcji dotyczy około 50% krajowego arealu uprawy ziemniaka. System średniointensywny zbliżony najbardziej do systemu certyfikowanego Integrowanej Produkcji (IP) jest stosowany na powierzchni około 130 tys. ha przez około 65 tysięcy gospodarstw rolnych. System intensywny jest stosowany przez około 7 tysięcy gospodarstw na powierzchni około 64 tys. ha plantacji ziemniaka.

Tabela 6

Struktura agrarna systemów produkcji ziemniaka w Polsce w 2010 roku (dane szacunkowe IHAR — PIB Jadwisin)
Agrarian structure of potato production in Poland in 2010 (estimated data by IHAR — PIB Jadwisin)

Systemy gospodarowania Farming systems	Liczba gospodarstw Number of farms	Średnia wielkość plantacji w gospodarstwie Average potato area in farm (ha)	Powierzchnia uprawy ziemniaka Potato cultivation area (ha)
Niskonakładowy — Low input	668019	0,28	187045
Ekologiczny — Ecological	8000	1,00	8000
Średnio intensywny — Middle intensive + IP	64787	2,00	129574
Intensywny — Intensive	6937	9,26	64207
Ogółem Total	747743	0,52	388826

W tabeli 7 przedstawiono poziom stosowania wybranych czynników plonotwórczych w uprawie ziemniaka w analizowanych systemach gospodarowania.

Tabela 7

Porównanie technologii uprawy ziemniaka w różnych systemach gospodarowania w Polsce
Technology of potato cultivation used in different farming systems in Poland

Elementy technologii Elements of technology	Systemy uprawy — Cultivation systems			
	konwencjonalne — conventional		certyfikowane — certified	
	intensywny intensive	ekstensywny extensive	integrowany integrated	ekologiczny ecological
Poziom nawożenia NPK (kg/ha) Fertilization level of NPK (kg/ha)	450-600	50	180-380	0
Wymiana sadzeniaków (% rocznie) Changes of certified seed (% per year)	90	≤10	25	25
% gospodarstw zaprawiających sadzeniaki % farms using potato protected seed	90	0	15	0
% gospodarstw stosujących obornik lub międzyplon % farms using FYM or inter-crop	10	85	80	100
% gospodarstw stosujących dolistne dokarmianie roślin % farms using plant leaf fertilization	95	5-10	70	0
Główna metoda zwalczania chwastów Main method of weed control	chemiczny chemical	mechaniczny mechanical	mechaniczno- chemiczny mech.-chem.	mechaniczny mechanical
Liczba zabiegów zwalczających choroby grzybowe Number of treatments against fungal diseases	6-12	0-1	2-6	0-3 (miedź/Cu)
Liczba zabiegów przeciw szkodnikom ziemniaka Number of treatments against potato pests	1-3	0-1	1-2	0-3 (biological)

Najbardziej rozpowszechniony w uprawie ziemniaka w Polsce jest **konwencjonalny system niskonakładowego gospodarowania**. Specyficznymi cechami tego systemu są: niski wskaźnik użycia kwalifikowanego materiału sadzeniakowego, niski poziom nawożenia mineralnego, lecz rekompensowanego powszechnym stosowaniem obornika, uproszczona pielęgnacja mechaniczna, stosowanie wąskich międzyrzędzi (50 lub 62,5 cm), sporadycznie wykonywana ochrona roślin przed chorobami grzybowymi (0–2 zabiegi w okresie wegetacji) oraz niskim stopniem mechanizacji prac uprawowych, pielęgnacyjnych oraz zbioru.

W towarowej produkcji ziemniaka coraz ważniejszą pozycję w Polsce zajmuje obecnie **wielkoobszarowy system intensywnego gospodarowania**. Jest on stosowany głównie w produkcji surowca dla przetwórstwa spożywczego i krochmalniczego, w produkcji ziemniaka jadalnego konfekcjonowanego a także częściowo w nasiennictwie ziemniaka. Dotyczy on jednak małej liczby gospodarstw. System ten cechują: powszechne stosowanie kwalifikowanego materiału sadzeniakowego, zaprawianie sadzeniaków, wysoki poziom nawożenia mineralnego stosowanego doglebowo oraz powszechne stosowanie uzupełniającego dolistnego dokarmiania roślin, eliminowanie stosowania obornika, stosowanie szerokiego rozstawu międzyrzędzi (75–90 cm), chemicznej kontroli zachwaszczenia, stosowanie szczelnej ochrony plantacji przed chorobami i szkodnikami (7–12 zabiegów), coraz częściej stosowane nawadnianie plantacji, chemiczne lub mechaniczno-chemiczne niszczenie łęcin a zbiór prowadzony jest przy pomocy wysokowydajnych maszyn zbierających (samozbierających kopaczek lub kombajnów). Ujemną cechą tego systemu jest natomiast wysoki stopień chemizacji w technologii produkcji.

Gospodarstwa średniej wielkości uprawiające ziemniaki na powierzchni od 1 do kilku hektarów, stosują najczęściej **średnio nakładową zrównoważoną technologię uprawy**. Jest to produkcja z reguły rynkowa głównie ziemniaka jadalnego ale także ziemniaka skrobiowego pod potrzeby przemysłu krochmalniczego. Cechą charakterystyczną takiego systemu gospodarowania jest umiarkowany poziom nawożenia mineralnego, częste stosowanie obornika lub przyorywanie biomasy wysiewanych w płodozmianach międzyplonów, rzadkie z reguły stosowanie kwalifikowanego materiału sadzeniakowego, wykonywanie ograniczonej liczby zabiegów ochronnych w okresie wegetacji (3–6x), mechaniczno-chemiczny systemem kontroli zachwaszczenia oraz sporadycznie stosowanie nawadniania. W gospodarstwach stosujących ten system gospodarowania, poziom agrotechniki jest wysoki, gdzie przestrzega się podstawowych reguł zmianowania uprawianych roślin i uprawy gleby. Na szczególną uwagę zasługuje bardzo wysokie podobieństwo technologiczne pomiędzy konwencjonalnym systemem średnio-intensywnym a certyfikowanym systemem Integrowanej Produkcji (IP). Poziom chemizacji w obydwu systemach jest identyczny.

Integrowana produkcja jest systemem, który najbardziej powinien odpowiadać polskiemu rolnikom, a w praktyce jest najmniej popularnym (Nowacki, 2011). Dzieje się tak za sprawą wymogów formalnych samego procesu certyfikacji. System ten uchodzący za najbardziej zrównoważony i najbardziej zbliżony do stosowanego aktualnie systemu uprawy w średniej wielkości gospodarstw w kraju, cechuje się umiarkowanym poziomem

nawożenia mineralnego uzupełnianego stosowaniem nawozów rolniczych, obowiązkowym stosowaniem płodozmianu oraz umiarkowaną ochroną roślin wynikającą z uwzględnienia progów ekonomicznej szkodliwości występujących agrofagów ziemniaka (Hani i in., 1998). Podstawą stosowania IP jest właściwy dobór odmian do warunków przyrodniczych środowiska, co w konsekwencji generuje dość dobrą rentowność produkcji ziemniaka.

Ten system produkcji nadzorowany przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa powinien być łatwym do wprowadzenia przez większość gospodarstw rolnych w kraju. Jest oparty na przestrzeganiu zasad Polskiego Kodeksu Dobrej Praktyki Rolniczej oraz specjalnie opracowanych metodyk IP w tym także w uprawie ziemniaka (Metodyka IP ziemniaka, 2005).

Rolnik chcąc uzyskać certyfikat IP ziemniaków musi: ukończyć kurs z zakresu IP, uzyskać certyfikat wydawany przez PIORIN, stosować zasady zawarte w metodyce IP, prowadzić dziennik polowy służący zarejestrowaniu wszystkich stosowanych zabiegów agrotechnicznych w sezonie w uprawie ziemniaka oraz poddawać się kontrolom sprawdzającym.

Ekologiczny system gospodarowania w przeciwieństwie do IP musi być wprowadzony w całym gospodarstwie rolnym i nie dotyczy tylko wybranych gatunków roślin rolniczych uprawianych w danym gospodarstwie. Certyfikacja ekologicznego systemu oparta jest na przepisach zawartych w Ustawie o rolnictwie ekologicznym (Dz. U. 09 nr 116, poz. 975).

W myśl prawa gospodarstwa ekologiczne (także uprawiające ziemniaki) przechodzą 2-letni okres przestawiania systemu konwencjonalnego na ekologiczny, uzyskują certyfikat wydawany przez upoważnione jednostki certyfikujące, nie stosują generalnie żadnych syntetycznych środków ochrony roślin ani nawozów mineralnych. Można stosować tylko środki pochodzenia organicznego lub biologiczne preparaty dopuszczone odpowiednimi przepisami. Gospodarstwa ekologiczne powinny stosować bogaty płodozmian, uprawiać międzyplony i stosować nawozy rolnicze, aby zapewnić dostępność składników pokarmowych w glebie. W uprawie ziemniaka konieczne jest stosowanie odmian o wysokiej odporności na choroby i szkodniki, podkiełkowanie zdrowych sadzeniaków, ale pochodzących też z gospodarstw ekologicznych, stosowanie profilaktyki przy zwalczaniu wielu chorób jak zaraza ziemniaka, ryzoktonioza, itp. Dopuszcza się stosowanie preparatów miedziowych w ochronie przed zarazą ziemniaka, stosowanie intensywnej mechanicznej pielęgnacji zwalczającej chwasty, stosowanie tylko preparatów biologicznych przy zwalczaniu stonki ziemniaczanej i stosowanie co najmniej 4-letniej rotacji roślin w zmianowaniach. Ziemniaki ekologiczne z reguły są droższe od ziemniaków pozyskanych w systemach konwencjonalnych (Nowacki, 2008).

Plonowanie ziemniaka w różnych systemach gospodarowania

Ziemniak jest gatunkiem należącym do grupy roślin intensywnych. Poziom plonowania zależy od bardzo wielu czynników a do najważniejszych należą: potencjał genetyczny plonowania odmiany, warunki klimatyczne okresu wegetacji (rozkład opadów), warunki glebowe oraz stosowana agrotechnika. Poziom nawożenia NPK, intensywność ochrony plantacji przed chorobami i szkodnikami, poprawność wykonania zabiegów pielęgnacyjnych decydują o uzyskanych plonach bulw oraz ich jakości.

Najwyższe plony ziemniaka według badań monitoringowych przekraczające nawet 50 ton z ha w niektórych latach uzyskiwały gospodarstwa uprawiające ziemniaki w intensywnym systemie gospodarowania. Również udział plonu handlowego w plonie ogólnym był najwyższy z pośród porównywanych systemów uprawy ziemniaka (tab. 8).

Tabela 8

Poziom plonowania (t/ha) w różnych systemach uprawy ziemniaka w Polsce (2002–2011)
Level of yield (t/ha) in different potato cultivation systems in Poland (2002–2011)

Lata Years	System uprawy — Cultivation systems				Średni plon wg GUS Mean yield by CSO
	konwencjonalny — conventional		certyfikowany — certified		
	intensywny intensive	ekstensywny extensive	integrowany integrated	ekologiczny ecological	
2002	40,5	16,8	32,8	29,1	19,3
2003	39,1	16,2	33,8	17,7	17,9
2004	40,3	17,4	43,6	33,9	19,4
2005	38,1	15,2	26,8	16,5	17,6
2006	36,7	13,1	21,4	22,0	15,0
2007	45,2	18,3	32,0	22,6	20,7
2008	50,5	18,1	30,5	32,0	19,1
2009	50,3	16,7	28,0	34,1	19,1
2010	44,7	15,3	23,6	21,9	17,9
2011	54,2	18,6	38,6	24,2	23,5
Średnio Mean	44,0	16,6	31,1	25,4	19,1
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}			4,7		

Plony ziemniaka uzyskiwane w systemie niskonakładowym według 10-letnich badań z reguły były niskie i niestabilne, rzadko przekraczające 18 ton z ha a jakość zbieranych bulw była bardzo niska. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym rzadko w latach badań przekraczał 60% a więc 40% masy bulw nie spełniało wymagań rynku ziemniaka jadalnego.

W systemie zrównoważonym odpowiadającym systemowi IP poziom plonowania ziemniaka zawierał się w przedziale 21,4–43,6 ton z ha, a średnio w 10 latach przekroczył poziom 30 ton z ha. Stanowiło to 70% plonu uzyskiwanego systemie intensywnym i znacznie wyżej od plonów średnich w kraju określanych corocznie przez GUS. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym wynosił dla tego systemu około 68%.

Plony ziemniaka w systemie ekologicznym stanowiły około 58% poziomu plonów systemu intensywnego, a udział plonu handlowego był zbliżony do wartości uzyskanych w systemie zrównoważonym. Warto zaznaczyć, że zarówno poziom plonowania w systemie zrównoważonym jak i w systemie ekologicznym mógłby być wyższy, gdyby w tych systemach stosować zabieg nawadniania w okresach występujących suszy. Odsetek plantacji ziemniaka z nawadnianiem w systemie intensywnym był w badanych gospodarstwach najwyższy i wynosił około 45% ogółu gospodarstw, podczas gdy w systemie zrównoważonym odsetek ten wynosił tylko około 10% gospodarstw. Analiza uzyskanych plonów w poszczególnych latach w systemie IP i ekologicznym pod względem ich stabilności wskazuje, że czynnikiem limitującym ten poziom były warunki klimatyczne

(rozkład opadów w okresie wegetacji). Lata suche na plantacjach bez nawadniania (np. rok 2006) były dla wszystkich systemów niekorzystne.

W tabeli 9 zestawiono szacunkowe wartości plonowania ziemniaka w kraju z uwzględnieniem aktualnej struktury agrarnej gospodarstw rolnych uprawiających ten gatunek. Z danych tych wynika, że tylko w 7 tysiącach gospodarstw uzyskuje się plony ziemniaka w przedziale 36–54 t/ha. Około 73 tys. rolników uprawiających ziemniaki uzyskuje plony 18–34 t/ha a pozostałe 90% gospodarstw rolnych uzyskuje bardzo niskie plony nie przekraczające 17 t/ha. Ich areał uprawy ziemniaka stanowi blisko 50% całkowitej krajowej powierzchni a zbiory z tych gospodarstw są zbliżone do zbiorów z gospodarstw uzyskujących najwyższe plony. Tak olbrzymia dywersyfikacja plonowania jest specyfiką polskiego sektora ziemniaczanego i dlatego też posługiwanie się średnio-krajowym poziomem plonowania ziemniaka w Polsce określanym przez GUS jest swego rodzaju zakłamaniem prawdziwej struktury plonowania.

Tabela 9

Szacunkowa struktura plonowania i zbiorów ziemniaka w Polsce w 2011 roku
Estimated structure of potato yielding and cropping in Poland in 2011

Grupy poziomu plonowania (t/ha) Yielding in group (t/ha)	Liczba gospodarstw w grupie (tys.) Number of farms in group (thousands)	Powierzchnia uprawy ziemniaka (tys. ha) Potato cultivation area (thousands ha)	Zbiory (tys. ton) Yield (thousands t)
13–17	668	195	2900
18–35	73	142	3700
36–54	7	64	2800
Średnio w kraju Average in the country	748	400	9400

Koszty i opłacalność uprawy ziemniaka

Najlepszym miernikiem porównawczym oraz dokonania oceny stosowanych systemów uprawy ziemniaka jest ich efektywność ekonomiczna a więc określenie kosztów uprawy z jednej strony a z drugiej oszacowanie przychodu ze sprzedanego plonu. Zestawienie tych dwóch pozycji określa w efekcie możliwy do uzyskania zysk przez producenta ziemniaków. O wysokości przychodu za sprzedane ziemniaki decydują: wysokość uzyskanego plonu w tym handlowego i ubocznego oraz wysokość cen rynkowych za te produkty. Do kalkulacji przyjęto średnie poziomy plonowania ziemniaka z badanych 10 lat oraz średnią cenę za ziemniaki jadalne dla lat 2010–2011. Dla produktu ekologicznego przyjęto zgodnie z notowaniami rynkowymi cenę o 50% wyższą niż ceny ziemniaków jadalnych pochodzących z systemów konwencjonalnych. Najwyższą wartość plonu uzyskano w technologii intensywnej, a najniższą w technologii niskonakładowej. Koszty bezpośrednie obejmujące koszty zakupu materiałów, zużycia energii (paliw), koszty pracy ludzkiej oraz koszty użycia maszyn i sprzętu były bardzo zróżnicowane w zależności od stosowanego systemu produkcji. Najwyższe koszty odnotowano przy technologii intensywnej a najniższe przy technologii niskonakładowej oraz w systemie zrównoważonym odpowiadającym zasadom IP.

Tabela 10

Oplacalność uprawy ziemniaka jadalnego (zł/ha) przy stosowaniu różnych systemów gospodarowania
Profitability of table potato cultivation (PLN/ha) in different farming systems

Specyfikacja Specification	System uprawy Cultivation system			
	intensywny intensive	ekstensywny extensive	integrowany integrated	ekologiczny ecological
Plon ogólny (t/ha) w tym: Total yield (t/ha) in them:	44,0	16,6	31,1	25,4
— plon handlowy — market yield	33,2	10,0	21,0	17,4
— plon uboczny — side-line yield	10,8	6,6	10,1	8,0
Cena (zł/t) Price PLN/t)				
— plonu handlowego — market yield	400	400	400	600
— plonu ubocznego — side-line yield	100	100	100	200
Wartość całkowita plonu (zł/ha) Total yield value (PLN/ha)	14360	4660	9410	12040
Koszty bezpośrednie (zł/ha) Direct costs (PLN/ha)	10736	5928	7636	9249
Nadwyżka kalkulacyjna (zł/ha) Gross margin (PLN/ha)	+3624	-1268	+1774	+2791

Bilansując wartość zbiorów i poniesione koszty uzyskano nadwyżkę kalkulacyjną, której najwyższa wartość przypisana jest dla systemu intensywnego, a w dalszej kolejności dla systemu ekologicznego i zrównoważonego (integrowanego). Ujemny wynik stwierdzono dla systemu niskonakładowego. Gdyby cena za ziemniaki produkowane w systemie IP była nieznacznie wyższa niż za towar z systemu zrównoważonego konwencjonalnego, system ten byłby jednym z bardziej dochodowych. Potwierdza to tezę o braku wypromowania w kanałach dystrybucji i sprzedaży w Polsce produktów ze znakiem IP. Tak jak produkty ekologiczne, również produkty uzyskane w systemie IP zasługują na wyższe ceny. Reasumując, tylko system niskonakładowy nie przynosi zysku producentom ziemniaka, a paradoksalnie jest w Polsce najbardziej rozpowszechniony.

WNIOSKI

- Po okresie bardzo dużego znaczenia uprawy ziemniaka w polskim rolnictwie w latach 60. i 70. ubiegłego stulecia objawiającym się dużym arealem uprawy tego gatunku i wielokierunkowym jego wykorzystywaniem, nastąpił już w latach 80. długotrwały proces ograniczania skali produkcji. Okres lat 90. oraz okres przed i po wstąpieniu Polski do UE dla krajowej branży ziemniaczanej pomimo już zaistniałych zmian w skali produkcji ziemniaka, charakteryzował się również dalszym bardzo dużym ograniczeniem powierzchni uprawy ziemniaka w kraju oraz znaczącą redukcją liczby gospodarstw rolnych uprawiających ten gatunek.
- Przyczyn ograniczenia znaczenia i skali uprawy ziemniaka w Polsce należy upatrywać w niskiej konkurencyjności ekonomicznej tego gatunku w porównaniu do innych

- gatunków roślin rolniczych oraz w ograniczeniu wielokierunkowego wykorzystania ziemniaka (pasza, gorzelnictwo, eksport).
3. Redukcja skali uprawy ziemniaka posiada ogólnokrajowy charakter, ale istotne jest także jego regionalne zróżnicowanie. Największe ograniczenia powierzchni uprawy ziemniaka dotyczą województw: mazowieckiego, podlaskiego i łódzkiego.
 4. W uprawie ziemniaka obserwuje się zjawisko postępującej koncentracji produkcji, ale jeszcze w dalszym ciągu najwięcej uprawia się go w mniejszych gospodarstwach i na małych arealach. Równolegle w uprawie ziemniaka postępuje dywersyfikacja stosowanych technologii produkcji. Ziemniak jest uprawiany w systemach konwencjonalnym (intensywnym, średnio intensywnym, niskonakładowym) oraz w systemach certyfikowanych (integrowana produkcja, ekologiczny).
 5. Najbardziej rozpowszechnionym systemem uprawy ziemniaka w kraju jest jeszcze system niskonakładowy charakteryzujący się najniższym poziomem plonowania, najniższą jakością uzyskanego plonu oraz najniższą efektywnością ekonomiczną. Dlatego też polski sektor ziemniaczany czeka dalsze zmiany w kierunku większego urynkowania produkcji tego gatunku.
 6. Impulsów do ograniczenia dalszego spadku skali produkcji ziemniaka należy poszukiwać w kreowaniu wielokierunkowego użytkowania zbiorów pod warunkiem ograniczenia kosztów uprawy tego gatunku i poprawy jego ekonomicznej konkurencyjności.

LITERATURA

- Chotkowski J. 2009. Kierunki zmian w opłacalności produkcji ziemniaków. *Agroserwis*, nr 6 (405): 8 — 9.
- FAOSTAT — Roczniki statystyczne z lat 2002–2011. Wydawnictwo Statystyczne, Warszawa.
- Gruczek T. 2004. Przyrodnicze i agrotechniczne aspekty uprawy ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol.*, 500, Warszawa 2004: 31 — 44.
- GUS 1999. Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich w 1999 r. *Informacje i opracowania statystyczne*, Warszawa: ss. 75.
- GUS 2003. Systematyka i charakterystyka gospodarstw rolnych. *Powszechny Spis Rolny 2002*, Warszawa: ss. 305.
- GUS 2011 a. Uprawy rolne i wybrane elementy metod produkcji roślinnej. *Powszechny Spis Rolny 2010*, Warszawa: ss. 151.
- GUS 2011 b. Użytkowanie gruntów. *Powszechny Spis Rolny 2010*, Warszawa, ss. 86.
- Hani F., Popow G., Reinhard H. 1998. *Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej* (tłumaczenie). PIWRIL Warszawa: ss. 333.
- Jabłoński K. 2009. Kierunki przewidywanych zmian w technologii produkcji ziemniaka do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG-BIP* nr 17: 117 — 127.
- Metodyka IP ziemniaka. 2005. Praca zbiorowa pod red. Wojciecha Nowackiego. Wyd. I GIORIN Warszawa, <http://www.piorin.gov.pl>, ss. 85.
- Muzalewski A. 2006. Koszty eksploatacji maszyn, nr 21. IBMER, Warszawa: 46 s.
- Nowacki W. 2005. Stopień chemizacji w technologii uprawy ziemniaka w Polsce. *Postępy w Ochronie Roślin* 45 (1): 317 — 324.
- Nowacki W. 2005 a. Zmiany w technologii produkcji ziemniaka w Polsce i ich skutki. *Mat. z konferencji „Perspektywy produkcji i rynku ziemniaka w Polsce”*. Kołobrzeg 20–21 październik 2005: 66 — 69.

- Nowacki W. 2008. Porównanie opłacalności upraw konwencjonalnych i ekologicznych na przykładzie ziemniaka. Monografia IOR-PIB Poznań pt. "Poszukiwanie nowych rozwiązań w ochronie upraw ekologicznych": 48 — 62.
- Nowacki W. 2009. Stan aktualny i perspektywy produkcji ziemniaka w Polsce do 2020 roku. Studia i Raporty IUNG-PIB, Zeszyt 14: 71 — 94.
- Nowacki W. 2011. The integrated production system (IP) created an opportunity for table potato producers in Poland. Abstracts of conference "Sustainable use of pesticides and integrated pest management in East-Central Europe and the Baltic". 4–6 September IHAR Radzików: 79 — 82.
- Nowacki W. 2010. Współczesne technologie i systemy uprawy ziemniaka. Materiały z konferencji pt. „Tradycja i nowoczesność w produkcji ziemniaka”. Jadwisin 7-9 lipca 2010: 7 — 11.
- Rozporządzenie MRIRW w sprawie integrowanej produkcji (Dz. U. nr 256, poz. 1722) z dnia 16 grudnia 2010 roku.
- Rynek ziemniaka oraz stan i perspektywy Nr 1-36. Wydawnictwa IERiGŻ, ARR, MRiGŻ. Analizy rynkowe z lat 1990-2011.
- Seremak-Bulge J. 2002. Perspektywy produkcji i przetwórstwa ziemniaków. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol., Warszawa 2002, z. 489: 73 — 88.
- Scott G.J. 2002. Maps, models and muddles: World trends and patterns in potatoes revisited. Potato Research, vol. 45, no.1: 45 — 78.
- Ustawa z dnia 25 czerwca 2009 roku o rolnictwie ekologicznym (Dz. U. 09 nr 116, poz. 975).
- Walker T. S., Schmiediche P. E., Hijmans R.J. 1999. World trends and patterns in the potato crop. An economic and geographic survey. Potato Research, vol. 42/Extra edition: 241 — 264.

KLAUDIA KUŁAKOWSKA**MAGDA ANIOŁOWSKA****EWA GÓRNICKA****AGNIESZKA KITA**Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Grubość plasterków ziemniaka a właściwości chipsów à la kettle

The effect of slice thickness and characteristics of Kettle-style chips

Celem pracy było określenie wpływu grubości plasterków ziemniaka i temperatury smażenia na wybrane parametry jakościowe chipsów à la kettle. Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmiany Lady Claire (typowej do produkcji chipsów). Bulwy po umyciu, pokrojono na plasterki o grubości 1,2, 1,7 i 3 mm, wypłukano w zimnej wodzie i po osuszeniu na bibule smażyono w oleju rzepakowym w trzech temperaturach: 150, 165 i 180°C. W chipsach ziemniaczanych oznaczono: wilgotność – metodą suszarkową, zawartość tłuszczu – metodą ekstrakcyjną Soxhleta, konsystencję – metodą obiektywną przy użyciu aparatu Instron 5544 oraz barwę – metodą obiektywną przy użyciu spektrofotometru Minolta typ CM-5. Stwierdzono, że wraz ze zwiększaniem grubości plasterków ziemniaka chipsy chłonęły mniejsze ilości tłuszczu. Temperatura smażenia wpływała na zawartość tłuszczu tylko w chipsach otrzymanych z najgrubszych plasterków, które chłonęły większe ilości tłuszczu wraz z podnoszeniem temperatury smażenia. Chipsy różniły się konsystencją. Najtwardszą konsystencją, charakteryzowały się chipsy z najgrubszych plasterków ziemniaka, a najbardziej delikatną z najcieńszych. Wraz z obniżaniem temperatury smażenia wzrastała twardość chipsów z plasterków o grubości 3 i 1,7 mm, natomiast nie ulegała zmianie z plasterków 1,2 mm. Grubość plasterków jak i temperatura smażenia nie wpływały istotnie na barwę uzyskanych chipsów.

Słowa kluczowe: chipsy à la kettle, chipsy ziemniaczane, grubość plasterków, konsystencja, temperatura smażenia, zawartość tłuszczu

The purpose of this study was to determine the effects of potato slice thickness and frying temperature on selected quality parameters of kettle-style chips. Potatoes of cv. Lady Claire (typical for the production of chips) were used for this investigation. Tubers after washing, were cut into slices 1.2, 1.7 and 3 mm thick, washed in cold water and - after drying (paper towels) - fried in rapeseed oil at three temperatures: 150, 165 and 180°C. In the tested potato chips we determined: moisture by drying the samples until reaching constant weight in convection oven at 105°C, the fat content by a Soxhlet extraction method, texture – by an objective method using the Instron 5544 apparatus and the colour – by an objective method using a Minolta spectrophotometer type CM-5. It was found that the increasing thickness of the potato slices reduced the oil absorbed by chips. Frying temperature affected the fat content only in chips obtained from the thickest slices, which absorbed larger amounts of fat along with raising the temperature of frying. Chips differed in consistency. Hardest texture, was observed in the

thickest chips from potato slices, and the most delicate in the thinnest ones. The lower the frying temperature, the higher hardness of the chips obtained from the 3 and 1.7 mm thick slices, but the hardness did not change in case of slices of 1.2 mm thickness. Slice thickness and frying temperature did not affect significantly the obtained colour of chips.

Key words: fat content, frying temperature, kettle-style chips, potato chips, slice thickness, texture

WSTĘP

Chipsy ziemniaczane należą do najpopularniejszych smażonych produktów przekąskowych z ziemniaka. Znane w Polsce od ponad 20 lat, wciąż zyskują nowych konsumentów, a ich produkcja z roku na rok wzrasta. W 2010 r. wyprodukowano w Polsce ok. 73 tys. ton chipsów, co w porównaniu z produkcją w roku 2000 wynoszącą ponad 28 tys. ton, daje około 62% wzrostu produkcji w ciągu 10 lat (GUS, 2011).

Chipsy to cienkie plasterki ziemniaka, o grubości zazwyczaj 1–2 mm, smażone w krótkim czasie w gorącym tłuszczu (zwykle 170–180°C). W czasie smażenia plasterki ziemniaka ulegają prawie całkowitej dehydratacji, a w miejsce wyparowanej wody wnika olej smaźalniczy, stając się nowym składnikiem gotowego produktu. Tradycyjne chipsy charakteryzują się niską wilgotnością (nie większą niż 2%) i stosunkowo wysoką zawartością tłuszczu (33–39%) (Lisińska i Leszczyński, 1989). Podczas smażenia kształtują się charakterystyczne właściwości sensoryczne chipsów, takie jak: delikatna i chrupka konsystencja, słomkowo-żółta barwa oraz ziemniaczano-olejowy smak i zapach (Kita, 2002; Lisińska i Leszczyński, 1989).

Poszukiwanie produktów o wysokiej wartości żywieniowej, bardziej naturalnych, sprawiło, że w ostatnich latach pojawiły się na rynku chipsy produkowane metodą imitującą domowe wytwarzanie chipsów. W Polsce są one jeszcze mało znane, natomiast w Stanach Zjednoczonych ten rodzaj przekąski istnieje na rynku przynajmniej od 1978 roku, kiedy to firma „Kettle” wprowadziła do sprzedaży swoje chipsy bazujące na metodzie produkcji, jaką można by było przeprowadzić w domowych warunkach.

Proces produkcyjny tego rodzaju chipsów polega na smażeniu okresowym kolejnych partii plasterków ziemniaka o grubości 0,75–2,5 mm (najlepiej 1,5–2,4 mm) w smaźalnikach z olejem podgrzanym do około 160°C. Smażenie trwa zwykle 3– do 4-krotnie dłużej niż w przypadku produkcji tradycyjnych chipsów (Henson i in., 1997).

Gotowy produkt wyróżnia się twardszą i bardziej chrupką konsystencją oraz charakterystycznym smakiem, a dzięki zastosowaniu stosunkowo niskiej temperatury smażenia zachowuje więcej składników prozdrowotnych niż w tradycyjnej metodzie produkcji. Dodatkowo chipsy te charakteryzują się niższą zawartością tłuszczu wynoszącą około 29% (Moreira i in., 1999; Shiroma i in., 2009). Dzięki tym właściwościom „kettle-style chips” mogą stać się zdrowszą alternatywą dla klasycznych chipsów ziemniaczanych.

Celem pracy było określenie wpływu grubości plasterków ziemniaka i temperatury smażenia na wybrane parametry jakościowe chipsów ziemniaczanych a’la kettle.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmiany Lady Claire (typowej do otrzymywania chipsów), pobrane bezpośrednio z przechowalni zakładu „The Lorenz-Bahlsen Snack World” w Stanowicach koło Oławy. Z umytych, nieodbieranych ziemniaków pokrojonych na plasterki o różnej grubości sporządzono chipsy ziemniaczane, które smażyono w trzech różnych temperaturach. Jako medium smażalnicze użyto rafinowany olej rzepakowy zakupiony w lokalnym hipermarkecie.

Bulwy ziemniaków po umyciu pokrojono na plasterki o grubości 1,2, 1,7 i 3 mm przy użyciu szatkownicy do warzyw (Robot Coupe, typ CL50 E). Plasterki po opłukaniu w zimnej wodzie i osuszeniu na bibule, smażyono w oleju rzepakowym podgrzanym do temperatury 150°C, 165°C i 180°. Smażenie prowadzono w smażalnikach o pojemności 4 dm³ (Beckers, Włochy) stosując wsad smażalniczy w ilości około 100 g plasterków. Czas smażenia dla każdego wariantu temperaturowego i grubości plasterków ziemniaka wyznaczono eksperymentalnie, tak aby uzyskać chipsy o wilgotności do 2% i/lub odpowiedniej chrupkiej konsystencji. Gotowe chipsy po ostudzeniu pakowano w torebki z folii metalizowanej i przechowywano w temperaturze pokojowej do dalszych analiz. Doświadczenie smażalnicze przeprowadzono w czterech powtórzeniach technologicznych, a prezentowane wyniki są średnimi z powtórzeń.

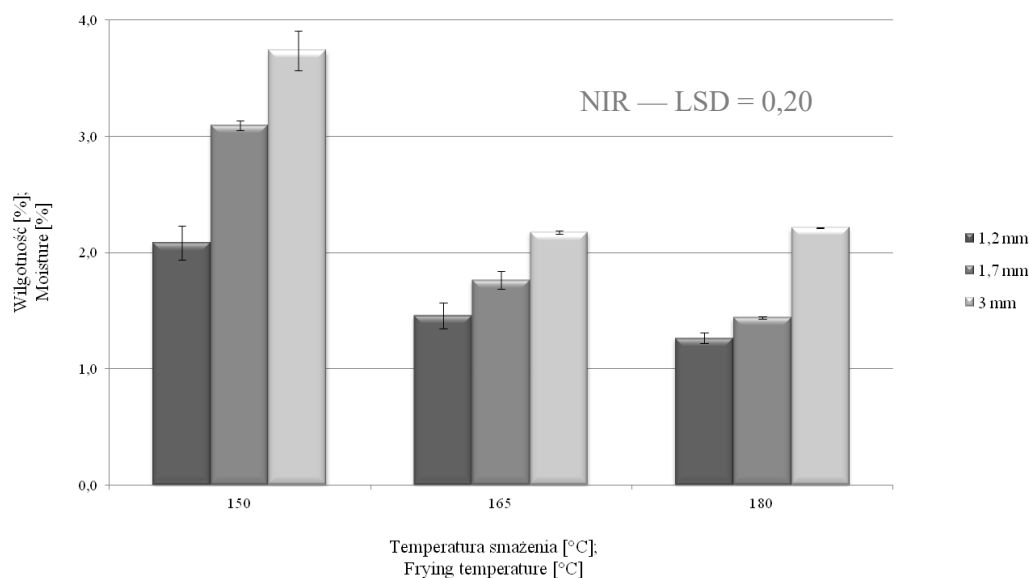
W badanych chipsach oznaczono: wilgotność — metodą suszarkową (AOAC), zawartość tłuszczu — metodą ekstrakcyjną Soxhleta (AOCS). Oznaczenie konsystencji wykonano przy użyciu aparatu Instron 5544 (USA) współpracującego z komputerem z oprogramowaniem Merlin. Mierzono maksymalną siłę ($F_{\max}$ [N]) potrzebną do przełamania chipsa. W teście zastosowano przystawkę prostokątną „share blade” o grubości 3 mm, która przesuwała się z prędkością 250 mm/min. Dla każdej próby chipsów wykonano 30 powtórzeń (Kita i in. 2007). Analizę barwy przeprowadzono metodą obiektywną przy użyciu spektrofotometru Minolta typ CM-5, wyskalowanego wg skali barwnej Huntera, w której do opisu barwy produktu operuje się parametrami „L”, „a” i „b”. Paramter „L” opisuje jasność barwy, „a” przedstawia udział barwy czerwonej lub zielonej, natomiast „b” – udział barwy żółtej lub niebieskiej (Frydecka-Mazurczyk i Zgórska 2002).

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem programu Statistica 10.0, stosując dwuczynnikową analizę wariancji. Do wyznaczenia grup jednorodnych posłużono się testem powtórzeń wielokrotnych Duncana przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 przedstawiono wyniki wilgotności chipsów otrzymanych z plasterków ziemniaka o różnej grubości w zależności od temperatury smażenia. Na zawartość wody w chipsach wpłynęła zarówno temperatura smażenia, jak i sposób krojenia. Odpowiednio niską wilgotnością (mniejszą niż 2%) charakteryzowały się chipsy z najcieńszych plasterków ziemniaka oraz z plasterków o grubości 1,7 mm smażonych w oleju podgrzanym do 165 i 180°C. Większą wilgotnością charakteryzowały się natomiast chipsy smażone w najniższej temperaturze (150°C) z plasterków o grubości 1,7 i 3 mm.

W żadnym z wariantów wilgotność chipsów nie przekroczyła jednak 4%, ustanowionej jako dopuszczalnej dla smażonych produktów ziemniaczanych (PN-A-74780).



Rys. 1. Wpływ temperatury smażenia na wilgotność (%) w chipsach ziemniaczanych o trzech różnych grubościach plasterków

Fig. 1. The effect of frying temperature on moisture (%) of potato chips of three different slice thicknesses

Zawartość tłuszczu w chipsach o różnej grubości i smażonych w różnych temperaturach przedstawiono na rysunku 2. Otrzymane chipsy ziemniaczane charakteryzowały się zawartością tłuszczu w przedziale 36,6–52,3%. Większy wpływ na zawartość tłuszczu odgrywała grubość plasterków ziemniaka niż temperatura smażenia.

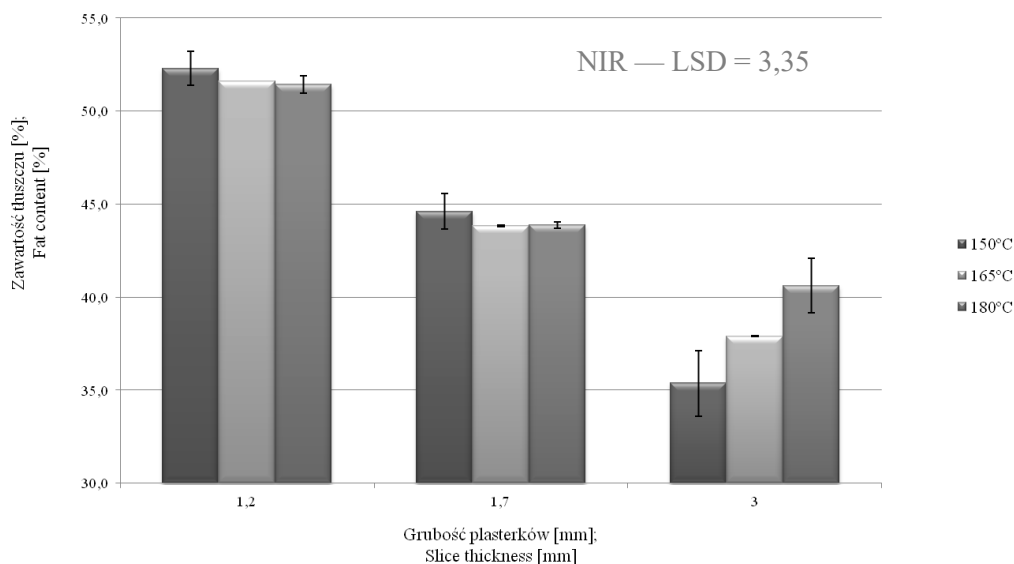
Grubość plasterków wpływała istotnie na absorpcję oleju przez chipsy. Wraz z jej zwiększaniem gotowy produkt charakteryzował się niższą zawartością tłuszczu. Wyniki te potwierdzają badania innych autorów (Baumann i Escher, 1995; Gamble i Rice, 1988; Kita, 2006; Kita i in., 1998, 2009; Salvador i in., 2009).

W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano, że temperatura smażenia wpływała na zawartość tłuszczu w chipsach, jedynie gdy do smażenia użyto plasterków ziemniaka o grubości 3 mm. Zwiększanie temperatury smażenia powodowało większą absorpcję oleju o ponad 11% w chipsach smażonych w najniższej temperaturze w porównaniu do smażonych w temperaturze 180°C.

Aby podczas smażenia doszło do obniżenia wilgotności plasterków ziemniaka poniżej 2%, na produkt musi zadziałać odpowiednio wysoka temperatura. Im grubsze plasterki, tym dłuższa droga migracji wody z produktu i tym większe nakłady energii potrzebne na jej odparowanie. Przy zastosowaniu niższych temperatur smażenia w grubszych

plasterkach pozostaje pewna część wody, a tym samym są wchłaniane mniejsze ilości tłuszczu. Można przypuszczać, że zwiększenie temperatury smażenia powoduje odwrotną zależność, co tłumaczy większą zawartość oleju w grubszych chipsach (Kita, 2006).

W chipsach otrzymanych z plasterków o grubości 1,2 i 1,7 mm nie stwierdzono istotnego wpływu temperatury na absorpcję tłuszczu w czasie ich smażenia.

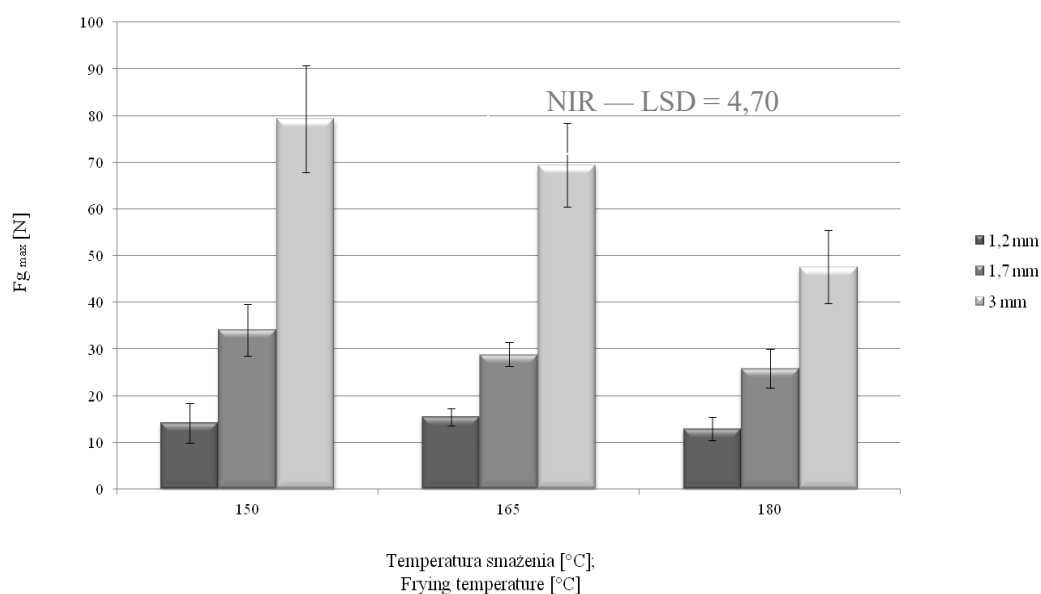


Rys. 2. Wpływ temperatury smażenia na zawartość tłuszczu (%) w chipsach ziemniaczanych o trzech różnych grubościach plasterków

Fig. 2. The effect of frying temperature on fat content (%) of potato chips of three different slice thicknesses

Jednym z najważniejszych wyróżników jakości chipsów ziemniaczanych jest ich charakterystyczna konsystencja. W zależności od grubości plasterków ziemniaka użytych do smażenia, chipsy różniły się twardością oznaczaną jako maksymalna siła potrzebna do przecięcia chipsa (rys. 3). Wraz ze zwiększaniem grubości plasterków, niezależnie od temperatury smażenia, twardość chipsów wzrastała. Największą twardością charakteryzowały się chipsy z plasterków o grubości 3 mm (51,79–83,38 N), a najmniejszą, gdy do smażenia użyto plasterków o grubości 1,2 mm (12,54–15,08 N).

Temperatura smażenia wpływała istotnie na konsystencję chipsów ziemniaczanych gdy do smażenia użyto plasterków ziemniaka o większej grubości (1,7 i 3 mm). Największą różnicę w twardości chipsów zaobserwowano w próbach o grubości 3 mm smażonych w 165 i 180°C (20,49 N).



Rys. 3. Wpływ temperatury smażenia na konsystencję [N] chipsów ziemniaczanych o trzech różnych grubościach plasterków

Fig. 3. The effect of frying temperature on texture [N] of potato chips of three different slice thicknesses

Wpływ temperatury smażenia na twardość chipsów z plasterków o grubości 1,2 mm analizowali Kita i in. (2007). Wykazali, że chipsy smażone w najniższej temperaturze (150°C) były istotnie twardsze i mniej chrupkie, w porównaniu z chipsami smażonymi w wyższych temperaturach (170 i 190°C). Odmienne zależności obserwowali z kolei Pedreschi i Moyano (2005), porównując konsystencję chipsów z blanszowanych plasterków ziemniaka smażonych w temperaturze 120, 150 i 180°C — chipsy smażone w niższej temperaturze charakteryzowały się większą chrupkością.

Na twardość chipsów wpływały również zawartość tłuszczu i wilgotność produktu. Kita (2002) wykazała, że im większa wilgotność chipsów ziemniaczanych, tym stają się one twardsze i tracą swoją charakterystyczną chrupkość. Zwiększona zawartość wody w chipsach wpływa również na ich trwałość. W procesie smażenia w olejach zachodzą między innymi procesy hydrolityczne, prowadzące do powstania niekorzystnych, a do tego często toksycznych produktów degradacji (Kita, 2006). Przemiany te zachodzą również w oleju znajdującym się w smażonych produktach, a ich tempo jest tym szybsze, im większą wilgotnością charakteryzują się te produkty.

Kolejnym istotnym wyróżnikiem jakościowym chipsów kształtowanym w procesie smażenia jest barwa. Zależy ona przede wszystkim od zawartości cukrów redukujących w ziemniakach, wpływających bezpośrednio na tworzenie się w czasie smażenia brunatnych produktów reakcji Maillarda (Lisińska i Leszczyński, 1989).

W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano wpływ temperatury smażenia oraz grubości plasterków na barwę otrzymanych chipsów ziemniaczanych. Uzyskane wyniki przedstawiono w tabeli 1. Niezależnie od grubości plasterków ziemniaka, najjaśniejszą barwą charakteryzowały się chipsy smażone w najniższej temperaturze (150°C). Jest to związane z tym, że obniżanie temperatury smażenia ogranicza proces nieenzymatycznego brązowienia (Lisińska i Leszczyński, 1989; Márquez i Añón, 1986).

Tabela 1

Barwa (L, a, b) chipsów o różnej grubości plasterków smażonych w trzech temperaturach
Colour (L, a, b) of potato chips of different slice thickness, fried in three temperatures

Grubość plasterków Slice thickness (mm)	Temperatura smażenia Frying temperature (°C)	Parametry barwy — Colour parameters		
		L	a	b
1,2	150	43,68 ±1,11 x	5,18 ±0,99 z	14,78 ±0,89 x
	165	39,08 ±0,42 xy	6,25 ±0,67 y	16,10 ±0,46 x
	180	36,52 ±0,51 y	7,98 ±0,44 x	12,75 ±0,62 x
1,7	150	47,05 ±0,33 x	4,41 ±0,75 y	17,17 ±1,13 x
	165	38,87 ±0,87 y	7,66 ±0,50 x	15,08 ±0,39 x
	180	44,34 ±0,53 y	7,08 ±0,91 x	15,57 ±0,58 x
3,0	150	56,76 ±0,71 y	3,94 ±1,31 y	20,18 ±0,71 x
	165	37,00 ±0,34 y	7,67 ±1,23 x	13,86 ±1,43 y
	180	43,10 ±0,97 y	7,51 ±0,73 x	15,55 ±1,27 y

x, y, z — Różnice istotne w kolumnach, $p \leq 0,05$

x, y, z — Significant differences in columns, $p \leq 0.05$

W odniesieniu do wpływu grubości plasterków na barwę gotowego produktu, nie można wskazać jednoznacznej tendencji. Chipsy smażone w temperaturze 150°C wraz ze zwiększaniem grubości plasterków stawały się coraz jaśniejsze, natomiast smażone w temperaturze 165°C ulegały pociemnieniu. W chipsach smażonych w najwyższej temperaturze (180°C) nie stwierdzono istotnego wpływu grubości plasterków na zmianę barwy gotowego produktu.

W tabeli 2 przedstawiono korelacje pomiędzy temperaturą smażenia i grubością plasterków a wyróżnikami jakościowymi otrzymanych chipsów.

Tabela 2

Współczynniki korelacji (r) pomiędzy badanymi parametrami
Correlation coefficient (r) between examined parameters

Wyróżniki Parameters	Współczynnik korelacji — Correlation coefficient (r)	
	temperatura smażenia — frying temperature	grubość plasterków — slice thickness
Wilgotność — Moisture	0,71*	-0,57*
Zawartość tłuszczu — Fat content	-0,01	-1,00*
Konsystencja — Texture	-0,23	0,93*
Barwa — Colour	-0,41	0,38
L		
a	0,83*	-0,03
b	-0,54*	0,39

* Zależność istotna

* Significant correlation coefficients

Stwierdzono istotną zależność pomiędzy grubością plasterków ziemniaka a takimi cechami chipsów, jak: wilgotność, zawartość tłuszczu i konsystencja. Natomiast od temperatury smażenia w największym stopniu zależała barwa otrzymanych chipsów oraz ich wilgotność. Na podstawie uzyskanych wyników można stwierdzić więc, że grubość plasterków ziemniaka wpływała w większym stopniu na jakość chipsów ziemniaczanych niż temperatura smażenia.

WNIOSKI

1. Zawartość tłuszczu w chipsach uzależniona była od grubości plasterków ziemniaka wraz ze zwiększaniem grubości chipsy chłoneły mniejsze ilości tłuszczu. Temperatura smażenia wpływała na zawartość tłuszczu w chipsach, jedynie gdy do smażenia użyto grubszych plasterków ziemniaka.
2. Twardszą konsystencją, niezależnie od temperatury smażenia, charakteryzowały się chipsy z najgrubszych plasterków ziemniaka. Chipsy z plasterków o grubości 1,2 mm nie różniły się konsystencją.
3. Chipsy z najcieńszych plasterków ziemniaka charakteryzowały się najjaśniejszą barwą i odpowiednią wilgotnością, niezależnie od temperatury smażenia. Krojenie ziemniaków na grubsze plasterki (powyżej 1,7 mm), wpływało na zwiększenie wilgotności gotowych chipsów.

LITERATURA

- AOAC 1995. Official methods of analytical chemist (5th Ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemist.
- AOCS 1989. Official Methods and Recommended Practices of the American Oil Chemists Society, 6th Edition, 2nd Printing.
- Baumann B., Escher F. 1995. Mass and heat transfer during deep-fat frying of potato slices, rate of drying and oil uptake. *Lebensm. Wiss. Technol.* 28: 395 — 403.
- Frydecka-Mazurek A., Zgórska K. 2002. Instrumentalna metoda oceny barwy produktów smażonych z ziemniaka. *Zesz. Prob. Post. Nauk Roln.*: 489: 383 — 390.
- Gamble M. H., Rice P (1988). The effect of slice thickness on potato crisp yield and composition. *J. Food Eng.* 8 (1): 31 — 46.
- Główny Urząd Statystyczny 2011. Produkcja wyrobów przemysłowych w 2010 r. http://www.stat.gov.pl/gus/5840_792_PLK_HTML.htm.
- Henson W. D., Slovak W. R., Dalson C. T., Slay B. D. 1997. Process for producing kettle-style potato chips. United States Patent, Nr 5643626.
- Kita A. 2002. The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chem.* 76: 173 — 179.
- Kita A. 2006. Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych. *Wyd. AR we Wrocławiu, Rozprawy* 537: 1 — 65.
- Kita A., Lisińska G., Gołubowska G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chem.* 102: 1 — 5.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Pęksa A., Rytel E. 2009. The properties of potato snacks influenced by the frying medium. In: Yee N., Bussell W. (Eds) *Potato IV. Food 3 (Special Issue)*: 93 — 98.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Rytel E. 1998. The effects of potato variety and other factors on fat contents of chips. *International Conference, Lithuanian Agricultural Academy, Kaunas*: 231 — 238.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato Science and Technology*. Elsevier Applied Science, London, 166 — 167.

- Márquez G., Añón M. C. 1986. Influence of reducing sugars and amino acids in the color development of fried potatoes. *J. Food Sci.* 51: 157 — 160.
- Moreira R. G., Castell-Pérez M. E., Barrufet M. A. 1999. Deep fat frying: fundamentals and applications. Aspen Publishers, Inc., Maryland, 234 — 235.
- Pedreschi F., Moyano P. 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *J. Food Eng.* 70: 557 — 563.
- PN-A-74780. 1996. Przetwory ziemniaczane. Smażone przekąski ziemniaczane.
- Shiroma C., Rodriguez-Saona L. 2009. Application of NIR and MIR spectroscopy in quality control of potato chips. *J. Food Comp. Anal.* 22: 596 — 605.
- Salvador A., Varela P., Sany T., Fiszman S. M. 2009. Understanding potato chips crispy texture by simultaneous fracture and acoustic measurements, and sensory analysis. *LWT — Food Sc. and Technol.* 42: 763 — 767.

AGNIESZKA KITA¹**HONORATA DANILCZENKO**²**ELWIRA JARIENE**²**KLAUDIA KUŁAKOWSKA**¹¹ Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu² Aleksandras Stulginskis University w Kownie

Właściwości chipsów ziemniaczanych smażonych klasycznie i ciśnieniowo

The quality of potato chips fried in classical and pressure fryers

Celem pracy było określenie wpływu temperatury smażenia na właściwości chipsów smażonych w smażalnikach ciśnieniowym i klasycznym. Stwierdzono, że chipsy smażone w smażalniku ciśnieniowym charakteryzowały się mniejszym stopniem odwodnienia w porównaniu z chipsami smażonymi w tych samych temperaturach w warunkach atmosferycznych. Chipsy smażone w smażalniku ciśnieniowym charakteryzowały się średnio o 30% niższą zawartością tłuszczu w porównaniu z chipsami smażonymi klasycznie. Konsystencja chipsów smażonych w smażalniku ciśnieniowym była twardsza. Chipsy smażone w najwyższej temperaturze, niezależnie od metody smażenia, charakteryzowały się najmniejszą twardością. Smażenie w smażalniku ciśnieniowym wpłynęło na zwiększenie intensywności barwy uzyskanych chipsów. W ocenie organoleptycznej wyżej oceniono jakość ogólną chipsów smażonych klasycznie. Zastosowanie smażenia ciśnieniowego pozwala na uzyskanie chipsów o mniejszej zawartości tłuszczu i bardziej intensywniej barwie, jednakże twardszej i mniej chrupkiej konsystencji.

Słowa kluczowe: chipsy ziemniaczane, temperatura smażenia, smażenie ciśnieniowe

The aim of the work was to study the effect of frying temperature on properties of potato chips fried in classical and pressure fryers. We showed that potato chips fried in pressure fryer exhibited lower dehydration in comparison with chips fried at the same temperatures in classical fryers. Pressure fried potato chips had 30% less of fat content. The texture of chips obtained by frying in pressure fryer was harder. Potato chips fried at highest temperature, in both types of fryers, exhibited lowest hardness. Pressure frying influenced colour intensity of potato chips. In organoleptic assessment higher notes were obtained by classical fried potato chips. Pressure frying allowed to obtain potato chips with lower fat content, more intensive colour, but harder and less crispy texture.

Key words: frying temperature, pressure frying, potato chips

WSTĘP

Chipsy ziemniaczane należą do najpopularniejszych smażonych produktów przekąskowych otrzymywanych z ziemniaka. Swoje charakterystyczne cechy, takie jak

złocisto-żółta barwa, charakterystyczny smak i zapach oraz chrupka i delikatna konsystencja zyskują w procesie smażenia. Podczas smażenia absorbują również tłuszcz smaźalniczy, którego zawartość w gotowym produkcie ze względu na specyficzną strukturę chipsów oraz bardzo wysoki stopień odwodnienia jest stosunkowo duża (33–39%) (Kita, 2006). Zaabsorbowany podczas smażenia tłuszcz znacząco podnosi wartość energetyczną chipsów i stąd od lat prowadzone są badania nad zmniejszeniem ilości wchłanianego tłuszczu bez jednoczesnego pogorszenia cech sensorycznych. Prócz modyfikacji procesu technologicznego poprzez wprowadzanie różnego typu roztworów blansujących, podsuszanie plasterków przed smażeniem lub dosuszanie po smażeniu (Mellema, 2002; Kita i Figiel, 2009; Tronsoco i Pedreschi, 2009) rozpatrywane są również różne sposoby smażenia. Jedną z propozycji jest smażenie próżniowe pozwalające na obniżenie temperatury smażenia często o kilkadziesiąt stopni w stosunku do smażenia prowadzonego w warunkach ciśnienia atmosferycznego (Mariscal i Bouchon, 2008). Warunki panujące podczas smażenia w próżni korzystnie oddziałują na cechy uzyskanych produktów istotnie zmniejszając straty substancji biologicznie aktywnych. Niejednoznaczny jest natomiast wpływ smażenia w próżni na zawartość tłuszczu. Garayo i Moreira (2002) uzyskali znaczące obniżenie zawartości tłuszczu w chipsach smażonych próżniowo (do 30%). Z kolei Da Silva i Moreira (2008) w zależności od rodzaju smażonego produktu obserwowali zwiększenie (chipsy z ziemniaków o fioletowym zabarwieniu miąższu) lub obniżenie (chipsy ze słodkich ziemniaków) zawartości tłuszczu w porównaniu do produktów smażonych klasycznie.

Innym rozwiązaniem może być zastosowanie smaźalników ciśnieniowych używanych powszechnie w gastronomii (Gupta i in., 2004). Warunki smażenia ciśnieniowego oddziałują na prężność pary wodnej nad produktem, co może wpływać na ilość wchłanianego tłuszczu przez gotowy produkt. Moreira i in. (2009) analizując rozkład tłuszczu w chipsach podczas różnych etapów smażenia stwierdzili, że bezpośrednio po zakończeniu smażenia produkt zawiera zaledwie 16% tłuszczu, zaś pozostała część (84%) zlokalizowana jest na powierzchni, a jej wchłanianie następuje po zakończeniu właściwego smażenia w wyniku powstającego podciśnienia. Mniejsza różnica ciśnień przy smażeniu w smaźalnikach ciśnieniowych może ograniczyć ilość wchłanianego przez smażony produkt tłuszczu.

Prócz ciśnienia na przebieg procesu smażenia w dużej mierze wpływa temperatura. Smażenie w niskich temperaturach wydłuża czas procesu i produkty charakteryzują się zwykle większą zawartością tłuszczu (Gamble i in., 1987; Kita i in., 2007). Stąd też klasycznie wytwarzane chipsy smażone były w wysokiej temperaturze (180–190°C) co sprzyjało jednak powstawaniu dużych ilości akrylamidu. Obniżenie temperatury smażenia chipsów (zazwyczaj poniżej 170°C) skutkuje jego niższym poziomem (Kita i in., 2009). Zmiany tak ważnego parametru smażenia mogą z kolei wpływać na inne wyróżniki jakości chipsów. Stąd też celem pracy było określenie wpływu rodzaju smażenia — w smaźalnikach klasycznym i ciśnieniowym oraz różnych temperatur smażenia na właściwości fizyko-chemiczne i sensoryczne chipsów ziemniaczanych.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmiany Lady Claire (typowej do produkcji chipsów) dostarczone z przechowalni zakładu produkującego chipsy. Jako medium smaźnicze użyto rafinowany olej rzepakowy zakupiony w lokalnym hipermarkecie.

Ziemniaki po umyciu i pokrojeniu w plastry o grubości $1,2 \pm 0,1$ mm (krajalnica Robot Coupe CL50) wypłukano w zimnej wodzie i osuszono na bibule. Tak przygotowane plastry smażyono klasycznie w temperaturze 150°C, 160°C i 170°C w smaźniku typu Beckers o pojemności 4 dm³ przy jednorazowym wsadzie wynoszącym 200 g osuszonych plasterków. Równolegle prowadzono smażenie w smaźniku ciśnieniowym (ADA-SCE-12) o pojemności 12 dm³ przy jednorazowym wsadzie wynoszącym 600 g osuszonych plasterków. Czas smażenia w smaźniku klasycznym i ciśnieniowym dla każdego wariantu temperaturowego wyznaczono eksperymentalnie, tak aby uzyskać chipsy o wilgotności do 2%. Otrzymane chipsy po ostudzeniu pakowano w opakowania z folii metalizowanej i przechowywano do dalszych analiz. Doświadczenie przeprowadzono w trzech powtórzeniach technologicznych.

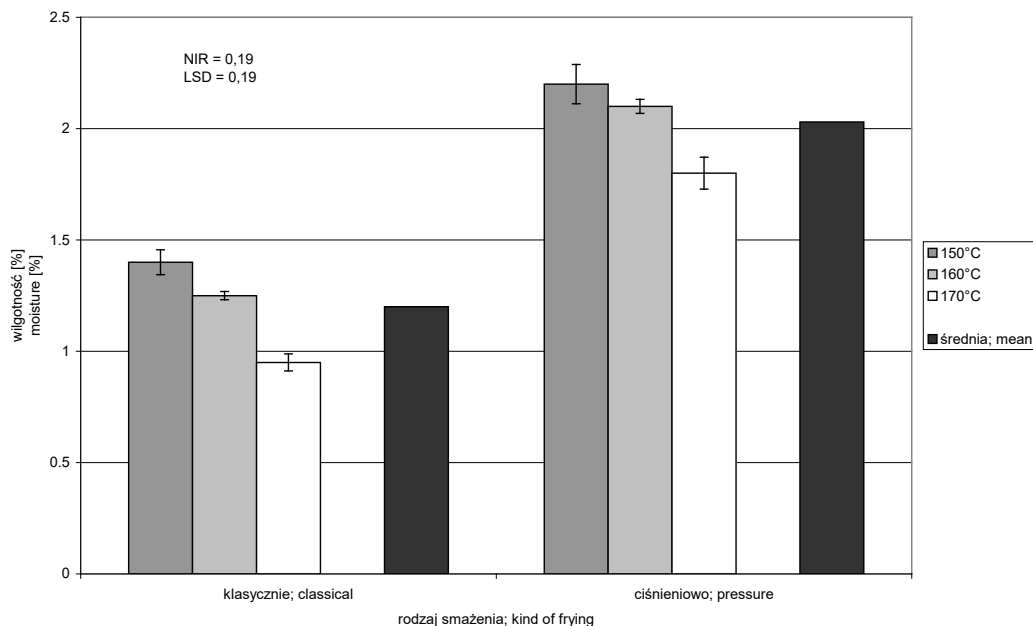
W usmażonych chipsach oznaczono: wilgotność — metodą suszarkową (AOAC1995), zawartość tłuszczu — metodą Soxhleta [AOAC1995], konsystencję (obiektywnie) — przy użyciu aparatu Instron 5544 wyznaczając maksymalną siłę potrzebną do przecięcia chipsa (Kita i in., 2007) i barwę (obiektywnie) — przy użyciu chromametry Minolta CM-5 wyskalowanego w skali Huntera w jednostkach L, a, b. Na podstawie uzyskanych parametrów barwy obliczono kąt barwy h° ($h^\circ = \arctan(b/a)$) oraz chromatyczność C ($C = (a^2 + b^2)^{1/2}$) (Najak i in., 2011). Chipsy poddano również ocenie organoleptycznej oceniając barwę, smak, zapach i konsystencję wg 7-punktowej skali ocen (1 — ocena najgorsza, 7 — ocena najwyższa) (PN-a-74780). Oceny sensorycznej dokonał 10 osobowy zespół studentów Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, spełniający wymogi formalne.

Uzyskane wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu programu Statistica v. 10.0. Przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Duncana (na poziomie istotności $p \leq 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Wilgotność chipsów smażonych klasycznie i ciśnieniowo w trzech różnych temperaturach przedstawiono na rysunku 1. Chipsy smażone w oleju o wyższej temperaturze, niezależnie od rodzaju smażenia, charakteryzowały się niższą wilgotnością. Smażenie w smaźniku ciśnieniowym zmniejszyło efektywność odparowywania wody i chipsy charakteryzowały się wyższą wilgotnością w porównaniu z chipsami smażonymi klasycznie. Różnica wilgotności wynosiła średnio 0,5%. Spośród chipsów smażonych ciśnieniowo odpowiednią niską wilgotnością (poniżej 2%) charakteryzowały się jedynie chipsy smażone w najwyższej temperaturze — 170°C. Wyniki takie wskazują, że smaźnik ciśnieniowy jest mniej skuteczny w usuwaniu wody ze smażonego produktu w

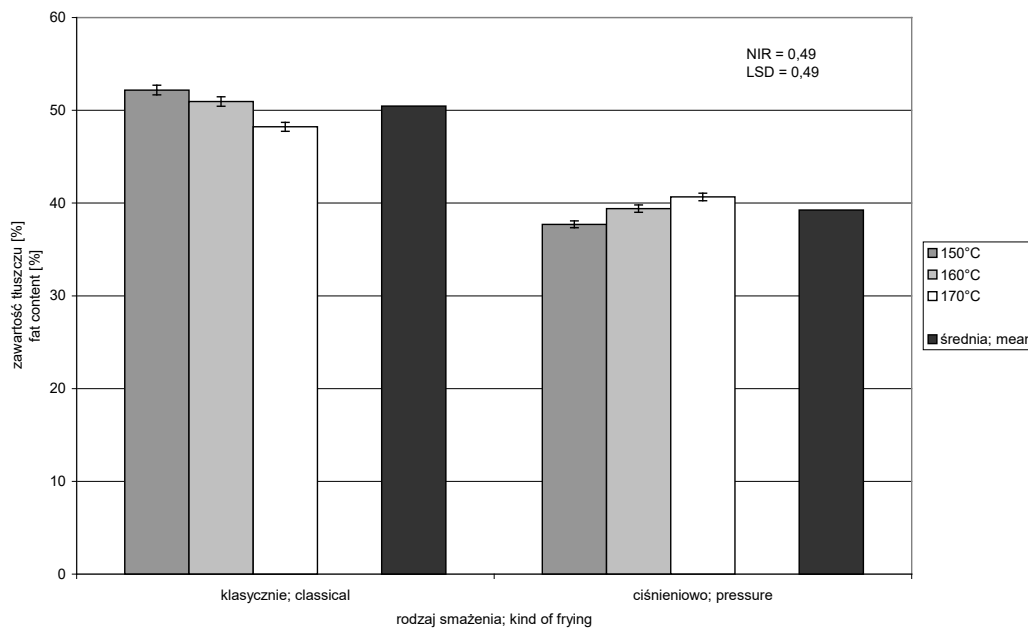
porównaniu ze smażalnikiem klasycznym. Cecha ta wykorzystywana jest przy otrzymywaniu innego typu produktów (Gupta i in., 2004).



Rys. 1. Wilgotność chipsów ziemniaczanych smażonych w trzech temperaturach w smażalnikach: klasycznym i ciśnieniowym

Fig. 1. Moisture of potato chips fried at three temperatures in classical and pressure fryers

Kolejną istotną cechą chipsów jest zawartość tłuszczu. Otrzymane chipsy charakteryzowały się stosunkowo wysoką zawartością tłuszczu (rys. 2). Zaobserwowano istotne różnice pomiędzy chipsami smażonymi klasycznie i ciśnieniowo. Średnia zawartość tłuszczu w chipsach smażonych klasycznie wynosiła 50,45%, a w chipsach smażonych ciśnieniowo 39,25%. Co ciekawe w chipsach smażonych klasycznie wraz z podnoszeniem temperatury smażenia zawartość tłuszczu ulegała obniżeniu, natomiast gdy do smażenia użyto smażalnik ciśnieniowy niewielkiemu podwyższeniu. Różnice te jednak nie były istotne statystycznie. Wpływ temperatury smażenia na zawartość tłuszczu w chipsach ziemniaczanych badany był przez wielu autorów, przy czym w analizowanym zakresie temperatur nie wykazano bezpośrednich zależności pomiędzy absorpcją tłuszczu a temperaturą smażenia (Gamble i in., 1987; Kita i in., 2007; Kita i Figiel, 2009). Z kolei Tronsoco i in. (2009) porównując wpływ warunków smażenia, zaobserwowali większą absorpcję oleju przez chipsy ziemniaczane smażone w warunkach próżniowych. Natomiast Da Silva i Moreira (2008) uzyskali odmienny efekt smażąc inny rodzaj produktu.

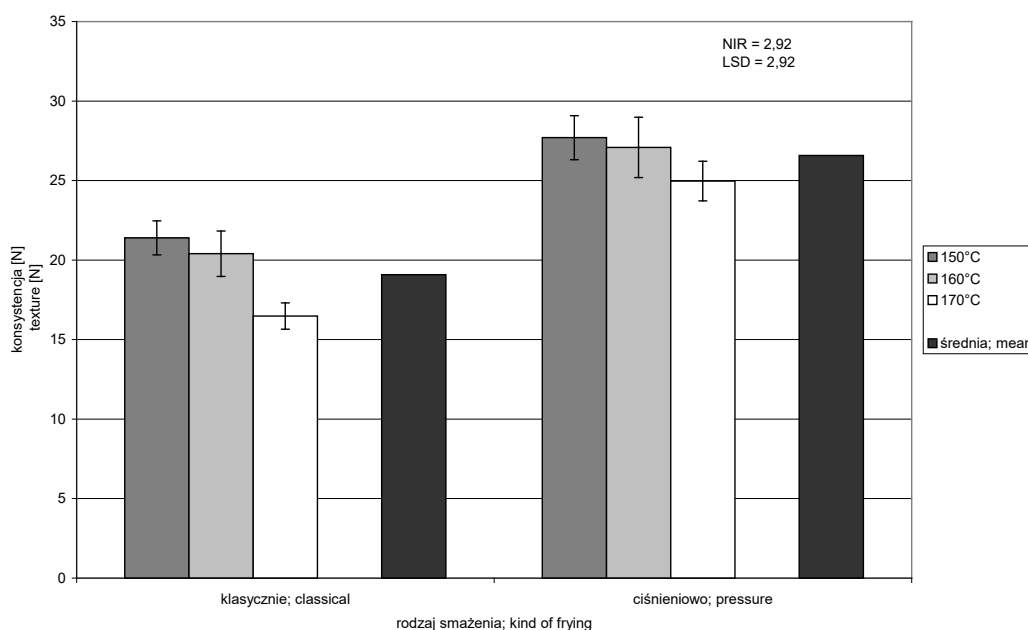


Rys. 2. Zawartość tłuszczu w chipsach ziemniaczanych smażonych w trzech temperaturach w smaźalnikach: klasycznym i ciśnieniowym

Fig. 2. Fat content of potato chips fried at three temperatures in classical and pressure fryers

Z zawartością tłuszczu i wilgotnością bezpośrednio związany jest kolejny wyróżnik jakościowy chipsów — konsystencja. Prawidłowo wysmażone chipsy powinny charakteryzować się kruchą i delikatną konsystencją. Otrzymane chipsy różniły się twardością — delikatniejszą i mniej twardą konsystencją (19,23N) charakteryzowały się chipsy smażone w smaźalniku klasycznym w porównaniu do twardości (26,76N) chipsów uzyskanych w smaźalniku ciśnieniowym (rys. 3). Niezależnie od metody smażenia wraz z podnoszeniem temperatury smażenia twardość chipsów ulegała obniżeniu. Podobne obserwacje odnośnie klasycznego smażenia chipsów stwierdzono w innych doświadczeniach, gdzie mniej twardą konsystencją charakteryzowały się chipsy smażone w różnych olejach ogrzanych do temperatury 190°C w porównaniu do chipsów smażonych w temperaturze 170 i 150°C (Kita i in., 2007). Z kolei w doświadczeniu z wykorzystaniem smaźalnika próżniowego Garayo i Moreira (2002) stwierdzili, że twardość chipsów wzrastała wraz z podnoszeniem temperatury smażenia i obniżaniem próżni.

Warunki smażenia wpłynęły również na barwę uzyskanych chipsów ziemniaczanych (tab. 1). Większą intensywnością barwy (wyższe wartości parametrów a i b) charakteryzowały się chipsy smażone ciśnieniowo w porównaniu z chipsami smażonymi klasycznie. Chromatyczność barwy chipsów przyjmowała wartość od 20,78 smażonych klasycznie, do 22,14 uzyskanych ciśnieniowo.



Rys. 3. Konsystencja chipsów ziemniaczanych smażonych w trzech temperaturach w smażalnikach: klasycznym i ciśnieniowym

Fig. 3. Texture of potato chips fried at three temperatures in classical and pressure fryers

Tabela 1

Barwa (L, a, b) chipsów ziemniaczanych smażonych w trzech temperaturach w smażalnikach: klasycznym i ciśnieniowym

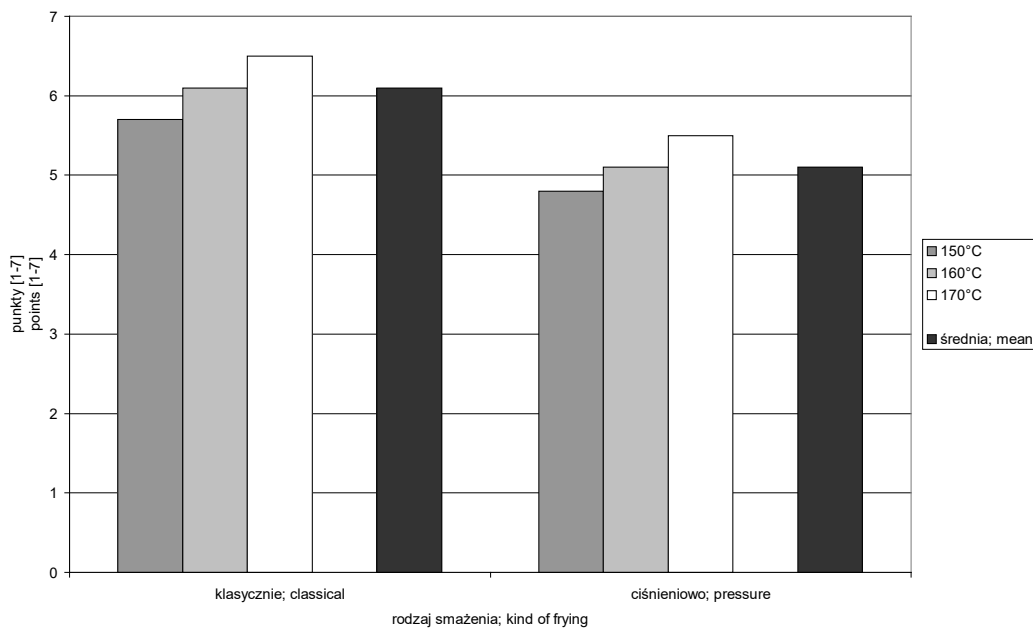
Colour (L, a, b) of potato chips fried at three temperatures in classical and pressure fryers

Chipsy ziemniaczane Potato chips	Parametry barwy Colour parameters			Chromatyczność Chromaticity	Kąt barwy Hue angle
	L	a	b	C	h°
Smażone klasycznie Classical frying					
150°C	47,42	6,72	18,77	19,72	71,45
160°C	48,22	7,10	19,24	20,50	69,75
170°C	49,75	8,04	20,38	21,91	68,43
Średnia Mean	48,46	7,29	19,46	20,78	69,47
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,53	0,21	0,39		
Smażone ciśnieniowo Pressure frying					
150°C	49,40	8,03	19,80	21,37	67,96
160°C	51,01	8,44	20,45	22,12	67,55
170°C	51,00	8,43	21,33	22,93	68,43
Średnia Mean	50,47	8,30	20,53	22,14	67,96
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,55	0,24	0,41		

W obu metodach smażenia zaobserwowano istotny wpływ temperatury smażenia na barwę uzyskanych chipsów, która była bardziej intensywna wraz z podnoszeniem temperatury smażenia. Podobne zależności dotyczące wpływu temperatury smażenia na barwę uzyskanych chipsów obserwowano w innych badaniach (Gökmen i Şenyuva, 2006; Kita i Figiel, 2009).

Z kolei Garayo i Moreira (2002) w doświadczeniu z wykorzystaniem smaźalnika próżniowego nie stwierdzono wpływu temperatury smażenia na barwę uzyskanych chipsów, które niezależnie od zastosowanej temperatury były jaśniejsze w porównaniu z chipsami smażonymi klasycznie.

Wyniki oceny organoleptycznej chipsów smażonych dwoma metodami zestawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Jakość ogólna chipsów ziemniaczanych smażonych w trzech temperaturach w smaźalnikach: klasycznym i ciśnieniowym

Fig. 4. Total quality of potato chips fried at three temperatures in classical and pressure fryers

Niezależnie od parametrów smażenia wyżej oceniono chipsy smażone klasycznie, których noty za jakość ogólną wzrastały wraz z podnoszeniem temperatury smażenia. Nieco niżej oceniono chipsy smażone w smaźalniku ciśnieniowym. Biorąc pod uwagę dużo niższą zawartość tłuszczu w chipsach wytwarzanych z zastosowaniem smaźalnika ciśnieniowego takie wyniki są zadowalające. W innych doświadczeniach gdzie chipsy po wstępnym usmażeniu dosuszano do wymaganej wilgotności, pomimo uzyskania chipsów o niższej zawartości tłuszczu ich właściwości sensoryczne w dużej mierze

odbiegały od wymagań stawianych tego typu produktom (Kita i Figiel, 2009; Kita i Figiel, 2008).

WNIOSKI

1. Chipsy smażone w smażalniku ciśnieniowym charakteryzowały się mniejszym stopniem odwodnienia w porównaniu z chipsami smażonymi w tych samych temperaturach w warunkach atmosferycznych.
2. Chipsy smażone w smażalniku ciśnieniowym charakteryzowały się średnio o 30% niższą zawartością tłuszczu w porównaniu z chipsami smażonymi klasycznie.
3. Konsystencja chipsów smażonych w smażalniku ciśnieniowym była twardsza. Chipsy smażone w najwyższej temperaturze, niezależnie od metody smażenia, charakteryzowały się najmniejszą twardością.
4. Smażenie w smażalniku ciśnieniowym wpłynęło na zwiększenie intensywności barwy uzyskanych chipsów.
5. W ocenie organoleptyczne wyższe noty za jakość ogólną uzyskiwały chipsy smażone klasycznie.
6. Zastosowanie smażenia ciśnieniowego pozwala na uzyskanie chipsów o mniejszej zawartości tłuszczu i bardziej intensywnej barwie, jednakże twardszej i mniej chrupkiej konsystencji.

LITERATURA

- AOAC 1995. Official methods of analytical chemistry. 5th Ed. Association of Official Analytical Chemistry: 1 — 4.
- Da Silva P. F., Moreira R. G. 2008. Vacuum frying of high-quality fruit and vegetable-based snacks. *LWT — Food Sci. Technol.* 41: 1758 — 1767.
- Gamble M. H., Rice P., Selman J. D. 1987. Relationship between oil uptake and moisture loss during frying of potato slices from c.v. Record U.K. tubers. *Int. J. Food Sci. Technol.* 22: 233 — 241.
- Garayo J., Moreira R. 2002. Vacuum frying of potato chips. *J. Food Eng.* 55: 181 — 191.
- Gökmen V., Şenyuva H. Z. 2006. Study of colour and acrylamide formation in coffee, wheat flour and potato chips during heating. *Food Chem.* 99 (2): 238 — 243.
- Gupta M. K., Warner K., White P.J. 2004. Frying technology and practices. AOCS Press: 91 — 124.
- Kita A. 2006. Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozprawy CCXL*, 537: 1 — 65.
- Kita A., Figiel A. 2008. Effect of post-drying method on selected properties of potato chips. *Acta Agroph.* 11 (1): 91 — 100.
- Kita A., Figiel A. 2009. Effect of thermal treatment parameters on selected properties of potato chips. *Acta Agroph.* 14 (3): 609 — 617.
- Kita A., Lisińska G., Gołubowska G. 2007. The effects of oils and frying temperatures on the texture and fat content of potato crisps. *Food Chem.* 102 (1): 1 — 5.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Pęksa A., Rytel E. 2009. The properties of potato snacks influenced by the frying medium. In: Yee N., Bussel W. (Eds) *Potato IV. Food 3 (Special Issue 2)*: 93 — 98.
- Mariscal M., Bouchon P. 2008. Comparison between atmospheric and vacuum frying of apple slices. *Food Chem.* 107: 1561 — 1569.

- Mellema M. 2003. Mechanism and reduction of fat uptake in deep-fat fried foods. *Trends Food Sci. Technol.* 14: 364 — 373.
- Nayak B., Berrios J, Powers J.R., Tang J., Ji Y. 2011. Colored potatoes (*Solanum tuberosum* L.) dried for antioxidant-rich value-added foods. *J. Food Proc. Technol.* 35: 571 — 580.
- PN-A-74780. Przetwory ziemniaczane. Smażone przekąski ziemniaczane.
- Tronsoco E., Pedreschi F. 2009. Modelling water loss and oil uptake during vacuum frying of pre-treated potato slices. *LWT- Food Sci. Technol.* 42: 1164 — 1173.
- Tronsoco E., Pedreschi F., Zuniga R. N. 2009. Comparative study of physical and sensory properties of pre-treated potato slices during vacuum and atmospheric frying. *LWT- Food Sci. Technol.* 42: 187 — 195.

JOANNA LE THANH-BLICHARZ¹**JACEK ANIOŁA**^{2a}**ALEKSANDER WALKOWSKI**¹**GRAŻYNA LEWANDOWICZ**^{2b}¹ Oddział Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych w Poznaniu, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego^{2a} Katedra Higieny Żywności Człowieka, ^b Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Ocena strawności diet zawierających skrobię modyfikowane typu RS w badaniach na szczurach *

Digestibility of diets containing RS modified starches assessment in rats

W pracy określono wpływ skrobi opornej na strawność *in vivo* w badaniach na szczurach karmionych Wistar. W doświadczeniu wykorzystano 40 samców w wieku 12 tygodni. Zwierzęta karmiono czterema rodzajami diet: kontrolną ze wstępnie kleikowaną skrobią ziemniaczaną suszoną na walcach (SW), oraz trzema z dodatkiem różnych preparatów modyfikowanych skrobi opornych (AO, WT, RS). Wykonano oznaczenia parametrów ogólnie żywieniowych i wzrostowych oraz oznaczono strawność *in vivo* metodą klasyczną. Wykazano, że 50% dodatek preparatów opornych na enzymy amylolityczne skrobi modyfikowanych do diet szczurów rasy Wistar spowodował zwiększenie zawartości wody w kale, co świadczy o zdolności tychże preparatów do wiązania wody, a co za tym idzie przyspieszonego pasażu treści pokarmowej czego wynikiem jest jego potencjalne działanie dietetyczne. Oznaczona metodą bilansową strawność diety i jej głównych składników, tzn. białka, tłuszczu oraz węglowodanów (skrobi) była nieznacznie różnicowana pomiędzy badanymi grupami. Najniższą strawność *in vivo* odnotowano w przypadku handlowego preparatu RS3.

Słowa kluczowe: badania *in vivo*, skrobia oporna, strawność

The objective of the paper was to assess the effect of RS modified starch on *in vivo* digestibility in Wistar rats. In the experiment, 40 12-week-old rats were used. Animals were fed 4 different diets: control pregelatinised potato starch and 3 diets with resistant starches (AO, WT, RS). Determination of nutritional and growth parameters have been carried out. The *in vivo* digestibility determined by standard method was made as well. It was found that 50% addition of starch preparations resistant to amylolytic enzymes to the diet increased the water content in fecal. It proves that RS preparations are able to bind water and accelerate the feed passage. Digestibility and protein, fat and sugars content

* Praca była finansowana z grantu badawczego MNiSW: N N312 093739

measured by balance method were hardly distinguishable between analyzed diets. The preparation marked RS-3 showed the lowest digestibility.

Key words: digestibility, *in vivo* researches, resistant starch

WSTĘP

Skrobia oporna na enzymy amylolityczne od połowy lat 90. ubiegłego stulecia cieszy się niezmiennie wysokim zainteresowaniem żywieniowców i technologów żywności. Badania nad metodami otrzymywania, strukturą i funkcją biologiczną tego materiału były prowadzone przez szereg ośrodków naukowych (Leszczyński, 2004; Soral-Śmietana i Wronkowska, 2004). Aktualnie na rynku oferowane są preparaty skrobi odpornej typu RS3 (retrogradowanej), jednak w ostatnich latach zainteresowanie przesunęło się w kierunku skrobi typu RS4 (modyfikowanej chemicznie). Skrobie te są atrakcyjne dlatego, że nie tylko wykazują obniżoną strawność, ale również ze względu na fakt, iż charakteryzują się często dużą siłą zagęszczającą oraz zdolnością kształtowania tekstury produktów spożywczych (Zięba i in., 2011 a, b). Aczkolwiek powszechnie uważa się, że skrobie odporne wywierają pozytywny wpływ na organizm człowieka, jednak teza ta każdorazowo wymaga udowodnienia w drodze odpowiednio zaprojektowanych badań. W przypadku oceny właściwości prebiotycznych jest to szczególnie trudne, ponieważ wymaga zaangażowania dużych nakładów na badania laboratoryjne, przy czym należy podkreślić, że jak dotąd standardy procedur *in vitro* nie zostały ustalone. Szczególnie słabo rozpoznany aspekt tej problematyki jest wpływ modyfikacji chemicznej na fizjologiczne oddziaływanie skrobi. Skrobia oporna typu czwartego (RS4) nie została skomercjalizowana prawdopodobnie głównie ze względu na braki rzetelnych informacji o faktycznym wpływie fizjologicznym tego typu preparatów. Tymczasem tego typu skrobia modyfikowana potencjalnie mogłaby być stosowana przez wszystkie zakłady przetwórstwa spożywczego stosujące preparaty skrobiowe jako zagęstniki, stabilizatory, nośniki itp. Szczególnie zainteresowanie powinny wykazywać zakłady mleczarskie produkujące wyroby mleczarskie z dodatkiem żywych kultur bakterii probiotycznych. Zastosowanie w produkcji, zamiast indywidualnej kultury bakteryjnej, całego kompleksu: probiotyk-prebiotyk pozwoliłoby na wytworzenie zupełnie nowej klasy produktów z grupy żywności funkcjonalnej o szczególnie efektywnym oddziaływaniu na organizm człowieka.

W świetle wyników dotychczasowych badań *in vivo* na skrobi o obniżonej strawności uważa się, że spożywanie pokarmów zawierających substancje balastowe prowadzi do ograniczenia pobierania energii z pożywieniem, reguluje perystaltykę jelit, skład i wydalanie kału, działalność mikroflory jelitowej oraz wpływa na wchłanianie i metabolizm lipidów. Wyniki tych badań są jednak niejednoznaczne, często sprzeczne, co w dużej mierze jest związane z różnicami w sposobie otrzymywania nieprzyswajalnych węglowodanów wprowadzonych do diet doświadczalnych (Englyst i in., 1992; Faisant i in., 1995). W badaniach nad wpływem fizjologicznym skrobi typu RS4 dodatkowym problemem jest fakt, iż autorzy nie odnoszą się do rodzaju modyfikacji chemicznej, jaki został przeprowadzony celem obniżenia strawności (Figurska-Ciura i in., 2007; Grajeta i in. 2007; Orzeł i in., 2007).

Celem badań była ocena strawności *in vitro* oraz *in vivo* nowo opracowanych preparatów RS4. Badania *in vivo* obejmowały również ocenę wpływu wysokiego dodatku skrobi modyfikowanych do diet o obniżonej strawności na parametry ogólnego żywienia szczurów.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiły trzy różne preparaty skrobi modyfikowanej chemicznie, którym nadano następujące oznaczenia:

- AO — preparat otrzymany w procesie sieciowania skrobi ziemniaczanej mieszaniną bezwodnika adypinowego i kwasu octowego zgodnie z metodyką opisaną w poprzedniej naszej pracy (Le Thanh-Blicharz i in., 2011).
- WT — preparat otrzymany w toku kolejno procedury sieciowania skrobi ziemniaczanej trójmetafosforanem (Walkowski i in. 2000) oraz mieszaniną bezwodnika adypinowego i kwasu octowego (Le Thanh-Blicharz i in., 2011)
- RS — handlowy preparat RS3 produkcji National Starch, USA

Jako preparat odniesienia zastosowano skrobię natywną SW, będącą preparatem skrobi ziemniaczanej walcowanej produkcji P.P.H.U. Chemet Sp. z o.o., Plewiska k/Poznań.

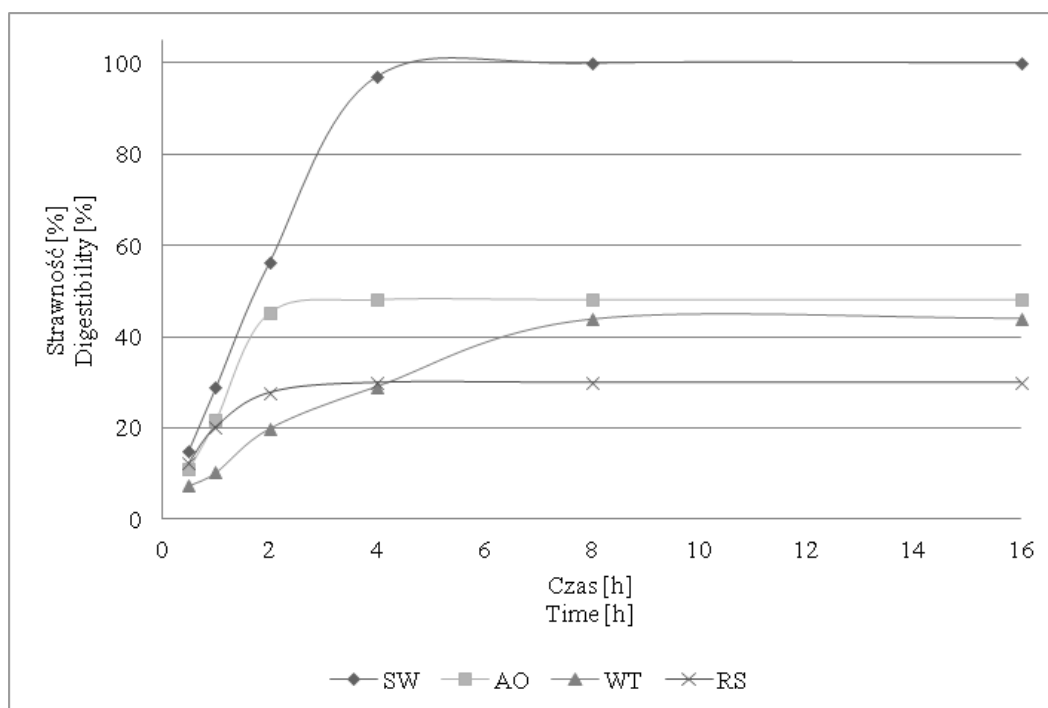
Strawność *in vitro* preparatów skrobiowych określono w oparciu o pomiar ilości glukozy wydzielonej po 16. godzinnej inkubacji kleików skrobiowych z α -amylazą trzustkową i amyloglukozydazą w 37°C (Le Thanh-Blicharz, 2009). Oznaczenia dla poszczególnych preparatów badano w trzech powtórzeniach, a wynik podawano jako średnią.

Ocenie biologicznej poddano preparaty skrobi modyfikowanych chemicznie o zredukowanej podatności na enzymy amylolityczne. Doświadczenie zrealizowano za zgodą Lokalnej Komisji Etycznej nr 23/2008 z dn. 18.04.2008r, na 40 samcach szczurów outbredowych Wistar w wieku 12 tygodni o średniej masie początkowej około 315g. Zwierzęta pochodzące z hodowli Uniwersytetu Medycznego w Poznaniu podzielono na 4 równoliczne grupy, które otrzymywały *ad libitum* diety eksperymentalne złożone z: badanych preparatów skrobiowych (50%), kazeiny (20%), oleju słonecznikowego (10%), cukru (10%), skrobi ziemniaczanej (5%), mieszanek: witaminowej (1%) i mineralnej (4%) sporządzonych wg AIN-93(Reeves i in., 1993). Doświadczenie trwało 15 dni, przy czym od 5 do 13 dnia przeprowadzono badania bilansowe metodą klasyczną. W dietach oraz kale oznaczono podstawowy skład za pomocą powszechnie stosowanych metod analitycznych, a zawartość węglowodanów obliczono z różnicy (Rutkowska, 1981)

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania tempa trawienia w warunkach *in vitro* wskazują, że handlowe skrobie modyfikowane powszechnie stosowane jako zagęstniki i stabilizatory wykazują obniżoną strawność i charakteryzują się zwolnioną kinetyką trawienia w stosunku do skrobi natywnej, jednak stopień obniżenia strawności jest niewielki i maksymalnie osiąga 10% (Le Thanh i in., 2007). Opracowane w wyniku aktualnie realizowanego projektu preparaty

skrobi opornej typu RS4 wykazywały strawność obniżoną w znacznie wyższym stopniu (rys. 1). Różniły się również istotnie tempem trawienia.



Rys. 1. Tempo trawienia opornych skrobi modyfikowanych
Fig 1. Digestion rate of resistant modified starches

Tylko preparat skrobi SW (natywnej) wykazał 100% strawność już po 8h trawienia enzymatycznego. Skrobie sieciowane (niezależnie od rodzaju sieciowania) już po około 8h wykazały strawność na poziomie AO 48%, WT 44%. Natomiast najniższą wartością strawności wykazał się preparat handlowej skrobi RS3 30%. Na uwagę zasługuje fakt, że najtrudniej trawioną skrobią okazała się skrobia WT – podwójnie sieciowana. W przypadku tej skrobi odnotowano najdłuższy czas trawienia enzymatycznego. Preparat tego typu mógłby być zatem rekomendowany konsumentom wykazującym zaburzoną gospodarkę cukrową.

W drugim etapie badań przeprowadzono badania *in vivo*. Oznaczono następujące parametry doświadczalne: spożycie suchej masy diety (g/24h), przyrost masy ciała (g/24h) efektywność żywienia (g przyrostu masy ciała/1g spożytej diety), wydalanie kału (g s.m./24h), zawartość wody w kale (g/100g), czas pasażu treści pokarmowej (min), strawność pozorną suchej masy diety, strawność pozorną białka, tłuszczu oraz węglowodanów. Wszystkie oznaczane parametry przedstawiono w tabeli 1 poniżej. W warunkach doświadczenia *in vivo* nie zaobserwowano żadnych niekorzystnych zmian w wyglądzie i zachowaniu zwierząt otrzymujących diety z dodatkiem skrobi modyfikowanych o obniżonej strawności.

Tabela 1

Oddziaływanie preparatów skrobiowych na wybrane parametry doświadczalne
Starch preparation influence on chosen experimental parameters

Parametr doświadczalny Experimental parameter	Grupa SW SW group	Grupa AO AO group	Grupa WT WT group	Grupa RS RS group
Spożycie suchej masy diety (g/24h) Diet intake (g DM/24h)	17,96±2,14	18,60±2,41	17,87±1,32	19,54±2,48
Przyrost masy ciała (g/24h) Body weight gain (g/24h)	3,05±0,50	2,97±0,81	3,08±0,41	4,20±0,74
Efektywność żywienia (g przyrostu masy ciała/ g spożytej diety) Feed efficiency (g of weight / g taken diet)	0,170	0,106	0,172	0,215
Wydalenie kału (g s.m. /24h) Defecation (g DM/ 24h)	1,64±0,22	2,12±0,29	1,77±0,16	5,19±1,41
Zawartość wody w kale (g/100g) Water content in faeces (g/100g)	13,52±2,46	18,96±4,05	17,60±2,52	24,92±2,15
Czas pasażu treści pokarmowej (min) Transit time (min)	1112±215	937±182	1159±216	719±93
Strawność pozorna suchej masy diety Apparent diet digestibility	59,96±1,85	54,12±5,56	62,67±2,41	54,54±6,43
Strawność pozorna białka Apparent protein digestibility	92,19±0,77	89,45±0,76	89,92±0,77	82,77±1,55
Strawność pozorna tłuszczu Apparent fat digestibility	98,85±0,24	99,03±0,45	98,84±0,28	99,38±0,32
Strawność pozorna węglowodanów Apparent carbohydrates digestibility	93,57±0,63	92,92±0,66	93,15±0,57	78,02±5,78

Zgodnie z założeniami tej części pracy, pierwszym celem było określenie wpływu skrobi modyfikowanej na wielkość spożycia suchej masy diety przez zwierzęta laboratoryjne. W składzie diet eksperymentalnych skrobia naturalna była w całości zastępowana skrobiami modyfikowanymi ponieważ doniesienia literaturowe wskazują na fakt iż karmienie szczurów dietą zawierającą skrobię oporną jako wyłącznym źródłem węglowodanów nie wpływa na wielkość spożycia suchej masy diety szczurów oraz na parametry wzrostu w porównaniu z dietą zawierającą skrobię kukurydzianą (De Schrijver i in., 1999). W celu określenia wpływu czynników doświadczalnych na ten parametr w trakcie trwania doświadczenia codziennie sprawdzano wielkość spożycia diety. Diety testowe zróżnicowane pod względem rodzaju skrobi były dobrze tolerowane przez zwierzęta. Jak wynika z danych przytoczonych w tabeli 1 szczury karmione preparatami sieciowanymi AO i WT (18,60±2,41 i 17,87±1,32) spożywały podobną ilość suchej masy diety. Tylko szczury karmione dietą z zawartością preparatu RS spożywały jej statystycznie więcej 19,54±2,48. Prawdopodobnie większe spożycie diety przez zwierzęta z tej grupy było wywołane mniejszą jej strawnością, w skutek czego zwierzęta instynktownie pobierały jej większe ilości w celu zaspokojenia potrzeb energetycznych organizmu. Odzwierciedleniem tego faktu był również bezwzględny przyrost masy ciała, który w przypadku diet AO i WT był na podobnym poziomie, natomiast w przypadku diety RS znacznie większy. Efektywność żywienia liczona jako g przyrostu masy ciała na g spożytej diety, dla każdej z badanych grup była różna: najlepszą efektywnością żywienia wykazała się grupa spożywająca preparat RS 0,215, następnie grupa karmiona preparatem skrobi podwójnie sieciowanej WT 0,172 a najmniejszą efektywność osiągnięto w

przypadku preparatu AO 0,106. Inną sytuację odnotowali Figurska-Ciura i in. (2007). Średnie spożycie paszy zawierających 5% dodatek skrobi typu RS4 w dietach doświadczalnych nie różniło się statystycznie w porównaniu do grup kontrolnych, natomiast stwierdzono istotnie niższe przyrosty masy ciała. Natomiast w badaniach innych autorów nie stwierdzono wpływu skrobi odpornej typu RS1-RS3 na przyrost masy ciała zwierząt doświadczalnych (Figurska-Ciura i in., 2007). W grupie RS odnotowano największe wydalenie kału na poziomie 5,19 g s.m./24 h. O połowę mniej wydalaly szczury karmione dietą AO (2,12 g s.m./24 h). Wydalenie kału w grupie WT tylko nieznacznie różniło się od grupy kontrolnej SW. Wyższe przyrosty masy w grupie zwierząt karmionych dietą RS wynikały z większego spożycia diety w obrębie tej grupy. Z tego samego powodu w tej grupie obserwowano też większe wydalenie kału w przeliczeniu na jego suchą masę. Na uwagę zasługuje fakt, że we wszystkich badanych grupach zaobserwowano istotnie większą zawartość wody w stolcu zwierząt w porównaniu z grupą kontrolną. Najwięcej wody zawierał odpowiednio kał RS>AO>WT. Sugeruje to, że skrobie modyfikowane wpływają na zdolność wiązania wody przez kał, ale może też świadczyć o intensywności rozwoju mikroflory jelitowej (Hylla i in., 1998, Le Blay i in., 2003; Muir i in., 2004). Uważa się, że spożywanie pokarmów zawierających skrobię oporną, na skutek intensywnej działalności mikroflory jelitowej, prowadzi m.in. do ograniczenia pobierania energii z pożywieniem (Englyst i in., 1992; Faisant i in., 1995). Ten intensywny rozwój mikroflory probiotycznej mógłby być przyczyną obserwowanej w niniejszej pracy lepszej efektywności żywienia dietą RS. Jednakowoż zebrany materiał doświadczalny, nie obejmujący badań mikrobiologicznych, nie stanowi wystarczającego dowodu dla postawionej powyższej hipotezy.

W przypadku pasażu treści pokarmowej, średni czas pasażu był wyraźnie krótszy w grupie RS, co wskazuje, że skrobia handlowa RS3 oraz sieciowana AO pobudzają silniej motorykę przewodu pokarmowego niż pozostałe skrobie. Sugeruje to również, że skrobie te w górnych odcinkach przewodu pokarmowego pozostają niestrawione w stopniu istotnym dla oddziaływania na motorykę przewodu pokarmowego.

Oznaczona metodą bilansową strawność diety i jej głównych składników, tzn. białka, tłuszczu oraz węglowodanów (skrobi) była nieznacznie zróżnicowana. Grupy karmione z dodatkiem skrobi AO i RS wykazały ogólną strawność diet na poziomie 54%. Natomiast pozostałe grupy na poziomie 60%. Strawność *in vivo* białka i tłuszczu we wszystkich badanych przypadkach była taka sama. Nie wykazano istotnych różnic statystycznych. Natomiast strawność *in vivo* węglowodanów (skrobi) dla preparatów sieciowanych wynosiła 93% a dla skrobi preparatu RS3 78%. Wartości strawności *in vivo* znacznie różniły się od wartości oznaczonych w badaniach *in vitro*. Także inni autorzy (Biliaderis 1991, Galiński i in. 2000, Lee 1985) odnotowali znaczne różnice między strawnością *in vivo* a strawnością *in vitro*, która to nie uwzględnia wzajemnych oddziaływań pomiędzy składnikami pożywienia, procesów mechanicznych, jak również zmian w sekrecji soków trawiennych oraz działania mikroflory przewodu pokarmowego. Zagadnienie właściwego oznaczania strawności *in vitro* oraz *in vivo* jak również korelacji pomiędzy tymi parametrami było przedmiotem szeregu badań w różnych zespołach (Fässler i in., 2006; Hoover i Zhou, 2003; Skrabanja i in., 1998; Sun i in., 2006; Wiseman i in., 2006). Metody

in vitro oraz *in vivo* oznaczania strawności skrobi nie zawsze dają porównywalne wyniki. Najlepsze rezultaty uzyskuje się w przypadku skrobi odpornej typu RS3 i nieco gorsze w odniesieniu do RS2 (Fässler i in., 2006). Brakuje natomiast danych w odniesieniu do skrobi typu RS4. Skrobia oporna typu RS4 znacząco różni się od pozostałych typów swoją strukturą cząsteczkową. Stwarza to już merytoryczny problem na poziomie oznaczeń *in vitro*. Wszystkie proponowane metody enzymatyczne oznaczania strawności skrobi bazują na hydrolizie wiązań glikozydowych (Le Thanh i in., 2007). Skrobie modyfikowane chemicznie zawierają również inne wiązania (np. estrowe), które również są trawione *in vivo*. Generalnie uważa się iż w celu uzyskania porównywalności w oznaczenia metodami *in vitro* oraz *in vivo* konieczne jest położenie nacisku na doskonalenie metod *in vitro* (Wiseman i in., 2006). Obserwowane różnice pomiędzy strawnością *in vitro* oraz strawnością pozorną oznaczoną *in vivo* mogą być spowodowane niedoskonałością metody *in vitro*, w której uwzględnia się wyłącznie działanie enzymów amylolitycznych. Procesy trawienia *in vivo* są znacznie bardziej złożone, obejmują wszystkie zachodzące w organizmie człowieka procesy biochemiczne, co może pozwalać na bardziej efektywną przemianę struktur utworzonych w wyniku modyfikacji chemicznej skrobi RS4.

WNIOSEK

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że 50% dodatek preparatów opornych na enzymy amylolityczne skrobi modyfikowanych do diet szczurów spowodował zwiększenie zawartości wody w kale, co świadczy o zdolności tychże preparatów do wiązania wody, a co za tym idzie przyspieszonego pasażu treści pokarmowej czego wynikiem jest jego potencjalnie działanie dietetyczne.

LITERATURA

- Biliaderis C.G. 1991. The structure and interactions of starch with food constituents. Can. J. Physiol. Pharmacol., 1991: 1 (69): 60 — 78.
- De Schrijver R., Vanhoof K. 1999. N-nitrosoproline formation in rats fed enzyme resistant starch. Nutrition Research 19 (4): 623 — 627.
- Englyst H.N., Kingman S.M., Cummings J.H. 1992. Classification and measurement of nutritionally important starch fractions. European Journal of Clinical Nutrition 46(2): 33–50.
- Faisant N., Buleon A., Collona P., Molis C., Lartigue S., Galmiche J.P., Champ M. 1995. Digestion of row banana starch in the small intestine of healthy humans: structural features of resistant starch. British Journal of Nutrition (73): 111 — 123.
- Fässler C., Arrigoni E., Venema K., Hafner V., Brouns F., Amad R. 2006. Digestibility of resistant starch containing preparations using two in vitro models European Journal of Nutrition 45: 445 — 453.
- Figurska-Ciura D., Orzeł D., Styczyńska M., Leszczyński W., Żechałko-Czajkowska A. 2007. Wpływ skrobi odpornej RS 4 na metabolizm szczurów rasy Wistar. Wskaźniki biochemiczne i lipidowe. 58 (1): 1 — 6.
- Galiński G., Gawęcki J., Remiszewski M. 2000. Strawność skrobi natywnych i modyfikowanych. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 3 (24): 58 — 68.
- Grajeta H., Prescha A., Biernat J. 2007. Wpływ skrobi odpornej RS4 na zawartość wapnia w osoczu krwi i kości udowej oraz na jego absorpcję i retencję pozorną u szczurów doświadczalnych. Bromatologia i Chemia Toksykologiczna 40 (1): 99 — 105.
- Hoover R., Zhou Y. 2003. In vitro and in vivo hydrolysis of legume starches by α-amylase and resistant starch formation in legumes — a review Carbohydrate Polymers 54: 401 — 417.

- Hylla S., Gostner A., Dusel G., Anger H., Bartram H.P., Christl S.U., Kasper H., Scheppach W. 1998. Effects of resistant starch on the colon in healthy volunteers: possible implications for cancer prevention. *Am. J. Clin. Nutr.* 1 (67): 136 — 142.
- Le Blay G.M., Michel C. D., Blottiere H. M., Cherbut C. J. 2003. Raw potato starch and short-chain fatty fructooligosaccharides affect the composition and metabolic activity of rat intestinal microbiota differently depending on the caecocolonic segment involved. *J. Appl. Microb.* 2 (94): 312 — 320.
- Lee P.C. 1985. Digestibility of native and modified starches: in vitro studies with human and rabbit pancreatic amylases and in vivo studies in rabbits. *J. Nutr.* 1 (115): 93 — 103.
- Le Thanh J., Błaszczak W., Lewandowicz G. 2007. Digestibility vs structure of food grade modified starches, *EJPAU* 10(3), #10. Dostępne online: <http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue3/art-10.html>.
- Le Thanh-Blicharz J. 2009. Praca doktorska pt. "Charakterystyka dietetycznych produktów spożywczych otrzymywanych w procesach modyfikacji skrobi". Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu.
- Le Thanh-Blicharz J., Małyszczek Z., Walkowski A., Drożdżyńska A., Lewandowicz G. 2011. Właściwości reologiczne i tekstura kleików nowego typu RS4. *Postępy Nauki i Technologii przemysłu Rolno-Spożywczego* nr 4, t.66: 53 — 65.
- Muir J. G., Yeow E. G. W., Keogh J., Pizzey C., Bird A. R., Shape K., O'Dea K., Macrae F. A. 2004. Combining wheat bran with resistant starch has more beneficial effects on fecal indexes than does wheat bran alone. *Am. J. Clin. Nutr.* 6 (79): 1020 — 1028.
- Orzeł D., Figurska-Ciura D., Styczyńska M., Leszczyński W., Żechałko-Czajkowska A. 2007. Wpływ skrobi odpornej RS 4 na absorpcję magnezu i żelaza u szczurów rasy Wistar. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny* 58 (1): 29 — 34.
- Reeves P. G., Nielsen F. H., Fahey G. C. Jr. 1993. AIN-93 purified diets for laboratory rodents: final rapport of American Institute of Nutrition ad hoc writing committee on reformulation of the AIN-76A rodent diet. *J. Nutr.* 11 (123): 1939 — 1951.
- Rutkowska U. 1981. Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności. Wyd. Lek. PZWL, Warszawa.
- Skrabanja V., Laerke H. N., Kreft I. 1998. Effects of Hydrothermal Processing of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) Groats on Starch Enzymatic Availability *In Vitro* and *In Vivo* in Rats. *Journal of Cereal Science* 28: 209 — 214.
- Soral-Śmietana M., Wronkowska M. 2004 Resistant starch — nutritional and biological activity. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 13/54 (S1 1): 51 — 64.
- Sun T., Lærke H. N., Jørgensen H., Knudsen K. E. B. 2006. The effect of extrusion cooking of different starch sources on the *in vitro* and *in vivo* digestibility in growing pigs. *Animal Feed Science and Technology* 131: 66 — 85.
- Walkowski A., Lewandowicz G., Szymańska G., Gzyl P., Mączyński M. 2000. Sposób otrzymywania skrobi modyfikowanej E 1412 do produktów sterylizowanych. Projekt wynalazczy nr 1/2000 z dnia 12.01.2000.
- Wiseman J. 2006. Variations in starch digestibility in non-ruminants *Animal Feed Science and Technology* 130: 66 — 77.
- Zięba T., Szumny A., Kapelko M. 2011. Properties of retrograded and acetylated starch preparations: Part 1. Structure, susceptibility to amylase, and pasting characteristics. *LWT — Food Science and Technology* 44: 1314 — 1320.
- Zięba T., Juszcak L., Gryszkin A. 2011. Properties of retrograded and acetylated starch preparations: Part 2. Dynamics of saccharification with amyloglucosidase and rheological properties of resulting pastes and gels. *LWT — Food Science and Technology* 44: 1314 — 1320.

ELŻBIETA RYTEL**AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK**Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wpływ czynników technologicznych stosowanych podczas laboratoryjnej produkcji suszu z ziemniaka gotowanego na zawartość witaminy C

The influence of technological factors used during the laboratory production of dehydrated cooked potato on the content of vitamin C

Celem pracy było określenie wpływu różnych temperatur blanszowania i podsuszania stosowanych podczas laboratoryjnej produkcji suszu z ziemniaka gotowanego na zawartość witaminy C w półproduktach i produkcie gotowym. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że proces produkcji suszu z ziemniaka gotowanego miał wpływ na straty witaminy C. Największe zmiany w zawartości witaminy C nastąpiły po procesach termicznych: blanszowaniu i suszeniu. Im wyższą zastosowano temperaturę blanszowania, tym większy był ubytek witaminy C. Różnice w zawartości tego związku między temperaturą blanszowania 95°C a 75°C wynosiły 28%. Proces podsuszania miał wpływ na straty witaminy C w ziemniakach. Ziemniaki podsuszane w temp. 160°C miały o 51% mniej tej witaminy, niż podsuszane w temp. 130°C. Gotowy susz zawierał niecały 1% początkowej ilości witaminy C w surowcu.

Słowa kluczowe: susz z ziemniaka gotowanego, czynniki technologiczne: blanszowanie, parowanie, podsuszanie; witamina C

The aim of this investigation was to determine the effect of different blanching and drying temperatures used during the laboratory production of dehydrated cooked potato on the vitamin C content in semi-product and ready product. Based on the investigation it was stated that the production process of dried cooked potato had the influence on the loss of vitamin C. The largest changes in the content of vitamin C occurred after thermal processes: blanching and drying. The higher the temperature of the blanching, the greater was the loss of vitamin C. The differences in the content of this compound between products from blanching at temperature of 95°C and 75°C were 28%. Pre-drying process had the influence on the loss of vitamin C in potatoes. Potatoes dried at temp. 160°C were containing 51% less of the investigated vitamin than the ones dried at temp. 130°C. Ready dried potato contained less than 1% of the initial amount of vitamin C in the raw material.

Key words: dried potatoes, technological factors: blanching, steaming, pre-drying; vitamin C

WSTĘP

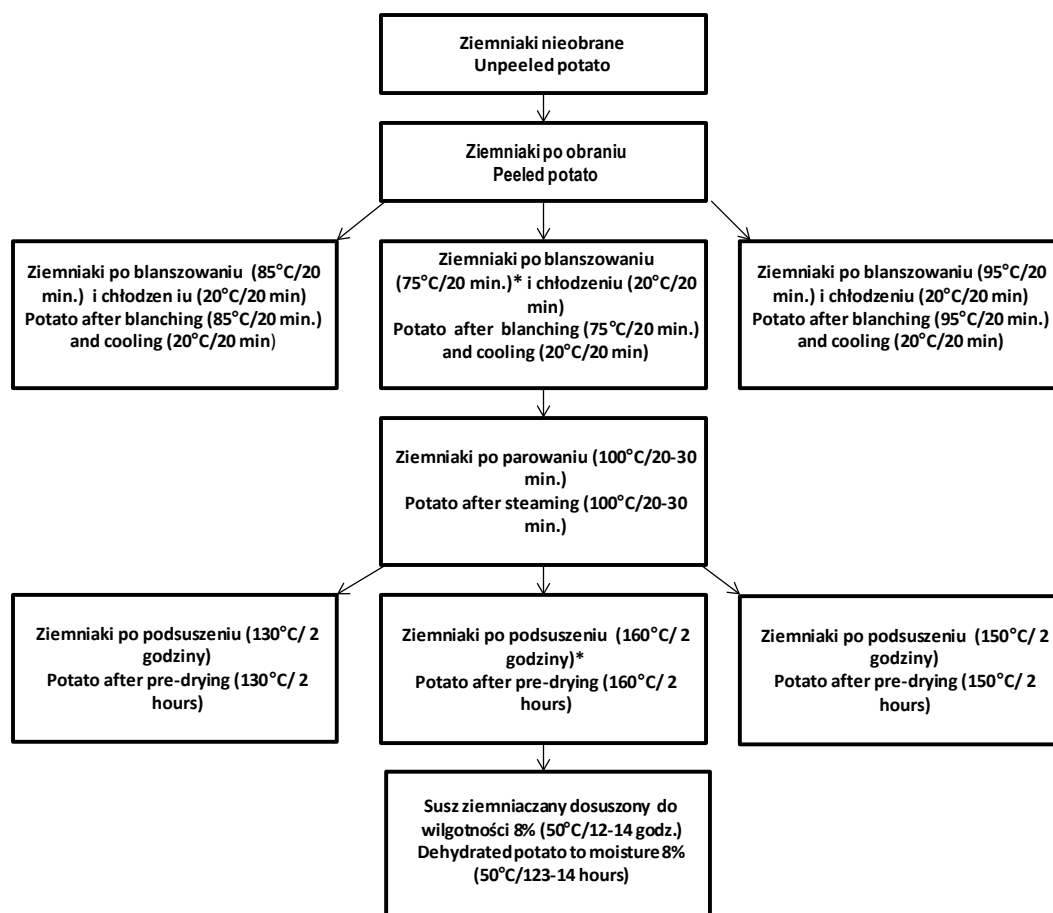
Jedną z najstarszych metod utrwalania żywności jest suszenie (Vadivambal i in., 2007; Bondaruk i in., 2007). Suszenie produktów nietrwałych, którymi są owoce, czy warzywa, znacznie ogranicza straty powstałe w trakcie ich przechowywania. Problem strat powstających w trakcie składowania żywności i pogorszenia ich jakości, dotyczy również ziemniaków. Dlatego też w technologii produkcji żywności dąży się do zmniejszenia masy przechowywanych ziemniaków w stanie świeżym, poprzez ich przetwarzanie na różne produkty ziemniaczane. Jednym z problemów powstałych w trakcie przetwarzania ziemniaków na produkty uszlachetnione np. susze, jest zachowanie jak największej jakości i wartości odżywczej gotowych produktów, porównywalnej do surowca. W Polsce od połowy lat siedemdziesiątych rozpoczęto produkcję różnego rodzaju suszu ziemniaczanego, w tym kostki, grysu, następnie płatków i granulatu (Lisińska i in., 2009). Suszenie ziemniaków prowadzone jest na ogół w strumieniu gorącego powietrza przez długi czas. Tak drastyczne warunki procesu suszenia mają wpływ na zawarte w ziemniakach składniki prożywieniowe, między innymi witaminy. Ziemniaki ze względu na niską zawartość tłuszczu, zawierają głównie witaminy rozpuszczalne w wodzie, przede wszystkim witaminę C. Zawartość witaminy C w ziemniakach waha się w szerokich granicach od 1 do 54 mg w 100 g. świeżej masy bulw (Lisińska i Leszczyński, 1989; Leszczyński, 2000). Tak duże zróżnicowanie w ilości tego związku w świeżych ziemniakach zależy od wielu czynników, m.in. od ich odmiany, okresu wegetacji, warunków uprawy, porażenia chorobami, jak i od warunków oraz długości okresu przechowywania (Mozolewski, 2003).

Świeżo zebrane ziemniaki mogą zawierać ponad 30 mg witaminy C w 100 g świeżej masy, ale już po okresie 6–9 miesięcy przechowywania ta zawartość może wynosić poniżej 10 mg witaminy C w 100 g (Haase i Weber, 2003). Podczas przygotowania ziemniaków do spożycia lub podczas ich przemysłowego przetwarzania następują straty witaminy C wynikające z oksydacji enzymatycznej, termicznej degradacji i dyfuzji podczas blanszowania czy gotowania w wodzie (Haase i Weber, 2003; Hasik i Gawęcki, 2010). Poznanie wszystkich krytycznych punktów w technologii przetwarzania ziemniaków na susz jest istotne w celu zachowania jak najwyższej jakości produkowanej żywności.

Celem pracy było określenie wpływu różnych temperatur blanszowania i podsuszania stosowanych podczas laboratoryjnej produkcji suszu z ziemniaka gotowanego na zawartość witaminy C w półproduktach i produkcie gotowym.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były ziemniaki pobierane bezpośrednio z przechowalni zakładu produkcyjnego oraz półprodukty i wyrób gotowy otrzymane metodą laboratoryjną (rys. 1). Do badań analitycznych pobierano losowo próby z kolejnych etapów technologicznych laboratoryjnej produkcji suszu z ziemniaka gotowanego. Badania prowadzono w trzech powtórzeniach technologicznych.



* Próby wybrane do dalszych etapów procesu technologicznego

* Samples chosen for further phases of processing

Rys. 1. Schemat badań laboratoryjnych
Fig. 1. Schedule of laboratory experiments

Ziemniaki po umyciu, były obierane przy użyciu obieraczki laboratoryjnej karborundowej (do głębokości 1,5 mm). Następnie duże bulwy krojono na pół i poddawano blanszowaniu w wodzie o różnych temperaturach: 75°C, 85°C lub 95°C przez 20 min. Po blanszowaniu bulwy ochładzano do temperatury 20°C. W celu określenia wpływu temperatur podsuszania na zawartość witaminy C w półproduktach do dalszych analiz wybrano próbę bulw blanszowaną w temperaturze 75°C przez 20 min., którą poddano parowaniu przez 20-30 minut w parze o normalnym ciśnieniu. Uparowaną masę ziemniaczaną rozdrabniano na sicie o oczkach 0,5 x 0,5 mm i podsuszano w różnych temperaturach: 130°C, 150°C i 160°C w suszarce laboratoryjnej przez 2 godz. W celu określenia wpływu temperatury suszenia na zawartość witaminy C w półproduktach do dalszych analiz wybrano próbę bulw podsuszaną w temperaturze 160°C przez 2 godziny.

Podsuszoną masę ziemniaczaną dosuszano do wilgotności 8% w temp. 50°C przez około 12–14 godzin (rys. 1).

W otrzymanych próbach oznaczono suchą masę przez suszenie przez 2 godz. w 105°C i dosuszaniu do stałej masy w temp. 50°C (AOAC, 1995) i zawartość witaminy C przez ekstrakcję próby kwasem szczawiowym i miareczkowanie uzyskanego przesącza 2,6-dichlorofenolindofenolem (PN-A-04019, 1998).

Uzyskane wyniki badań poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica v. 10.0. Wyznaczono grupy jednorodne oraz wartości NIR, stosując test Duncana, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu stwierdzenia wpływu poszczególnych etapów technologicznych na zawartość witaminy C w surowcu, półproduktach i produktach gotowych zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji.

WYNIKI I DYSKUSJA

W tabeli 1 zamieszczono wyniki zawartości witaminy C w świeżej masie ziemniaków. Badane ziemniaki charakteryzowały się średnią zawartością tego związku — 17,4 mg/100 g św. masy. Istotnym wyznacznikiem jakości ziemniaków, szczególnie kierowanych do konsumpcji, czy do przerobu na produkty uszlachetnione jest wysoka wartość żywieniowa, w tym zawartość witaminy C. Według niektórych autorów zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka może wynosić nawet ponad 50 mg/100g św. masy. Mozolewski i in. (1987) badali ziemniaki, które zawierały średnio 73 mg witaminy C w 100 g świeżej masy. Tak duże zróżnicowanie w zawartości tego związku w ziemniakach uzależnione jest od odmiany oraz od sposobów i warunków przetwarzania surowca.

Witamina C w większych ilościach znajduje się w okolicach wiązek naczyniowych, przebiegających około 5 mm pod powierzchnią skórki, dlatego straty tego związku powstałe w trakcie procesu obierania zależą przede wszystkim od grubości usuwanej skórki (Mondy i in., 1986; Han i in., 2004; Hasik i Gawęcki, 2010). W pracy ziemniaki obierano mechanicznie za pomocą obieraczki karborundowej, stąd głębokość obierania wynosiła poniżej 5 mm. Taki sposób obierania nie wpłynął na straty witaminy C, badane ziemniaki zawierały po obraniu 17,0 mg w 100 g św. masy tego związku (tab. 1). Również Lisińska i Wojtal (1984) nie stwierdziły w swoich badaniach istotnych zmian w zawartości tej witaminy w ziemniakach po obraniu w porównaniu do surowca. Według Gołaszewskiej i Zalewskiego (2001) proces obierania przyczynia się do strat witaminy C na poziomie ok. 3–4%. Również Tudela i in. (2002) stwierdzili, że proces obierania, krojenia i płukania krajanki ziemniaczanej powoduje niewielkie straty witaminy C.

Witamina C jest związkiem łatwo rozpuszczającym się w wodzie i nieodpornym na działanie wyższych temperatur. Według Cieślik (1991), straty witaminy C zachodzące podczas przygotowania potraw i przetworów ziemniaczanych są spowodowane jej rozkładem pod wpływem działania temperatury, enzymów, tlenu, światła, odczynu środowiska, czy obecności jonów niektórych metali. Pod wpływem tych czynników kwas askorbinowy przechodzi do roztworu, np. zalewy podczas blanszowania lub utlenia się do kwasu dehydroaskorbinowego, który ulega dalszemu utlenianiu aż do utraty aktywności biologicznej (Leszczyński, 2000; Hironaka i in., 2011).

Tabela 1

Zawartość witaminy C (mg/100g) w surowcu, półproduktach i produkcie gotowym
The content of vitamin C (mg/100g) in potatoes, semi-products and ready-product

Składnik Compounds	Ziemniaki nieobrane Unpeeled potatoes	Ziemniaki obrane Peeled potatoes	Ziemniaki uparowane Steamed potatoes	Susz ziemniaczany Dehydrated cooked potatoes
Witamina C Vitamin C	17,4 ^c	17,0 ^c	8,66 ^b	1,64 ^a

a,b,c,d — grupy homogeniczne, ukazujące istotne różnice (Duncan test, $p < 0.05$)

a, b, c, d — homogenous group, indicate significant differences (Duncan test, $p < 0.05$)

W pracy zastosowano trzy różne temperatury blanszowania: 75°C, 85°C, 95°C przez 20 min. Różnice wynoszące 10 stopni między zastosowanymi temperaturami blanszowania wpłynęły istotnie na straty witaminy C (tab. 2). Ziemniaki blanszowane w najwyższej temperaturze — 95°C zawierały o 28% mniej witaminy C od ziemniaków blanszowanych w najniższej temperaturze — 75°C.

Tabela 2

Zawartość witaminy C (mg/100g) w ziemniakach po blanszowaniu w różnych temperaturach
The content of vitamin C (mg/100g) in potato after blanching in different temperatures

Parametry blanszowania Blanching parameters	Witamina C Vitamin C
75C/5 min.*	11,7c
85C/5 min.	8,90b
95C/5 min.	8,11a

*- próby pobrane do dalszych analiz; the samples taken for further analyses

a,b,c — grupy homogeniczne, ukazujące istotne różnice (Duncan test, $p < 0.05$)

a, b, c — homogenous group, indicate significant differences (Duncan test, $p < 0.05$)

Starty witaminy C podczas procesów termicznych zależą przede wszystkim od wysokości temperatury i długości czasu jej działania na surowiec, a także od stopnia rozdrobnienia surowca. Im drobniej rozdrobniony jest ziemniak poddany działaniu wysokiej temperatury, tym większe będą straty witaminy C. Według Rytel i Lisińskiej (2007) blanszowanie przyczynia się do strat witaminy C na poziomie 27–33%. Największe zmiany zawartości witaminy C autorki stwierdziły podczas blanszowania chipsów, pomimo zastosowania najkrótszego czasu, w porównaniu do frytek czy kostki ziemniaczanej.

Do dalszych analiz wybrano próby blanszowane w najniższej temperaturze (75°C), ponieważ była to temperatura wystarczająca do dezaktywacji enzymów biorących udział w procesach ciemnienia mięszu ziemniaków, ponadto ziemniaki blanszowane w tej temperaturze zawierały najwięcej witaminy C.

Kolejnym etapem stosowanym podczas produkcji suszu z ziemniaków gotowanych jest parowanie. Parowanie prowadzone było w temperaturze 100°C przez 20–30 min., co przyczyniło się do dalszych strat badanej witaminy. Ziemniaki po parowaniu zawierały o 23% mniej witaminy C (6,6 mg/100 g) w porównaniu do ziemniaków blanszowanych w temperaturze 75°C (11,7 mg/100 g) (tab. 1, 2). Największy wpływ na straty witaminy C miał proces podsuszania rozdrobnionej i uparowanej masy ziemniaczanej (tab. 3). Próby

po podsuszeniu w temp. 130°C zawierały — 4,50 mg witaminy C, a w temp. 160°C — 2,25 mg. Im wyższą zastosowano temperaturę podsuszania, tym większe były straty tej witaminy. Różnice między najwyższą (160°C), a najniższą temperaturą podsuszania w zawartości witaminy C wynosiły 51% (tab. 3). Natomiast porównując straty witaminy C po podsuszeniu w temp. 160°C do prób po blanszowaniu w temp. 75°C, wynosiły one aż 80% (tab. 2, 3). Według Daveya i in. (2000) proces dehydratacji stosowany częściej w obróbce ziemniaków, niż innych warzyw przyczynia się do znacznych strat witaminy C w surowcu w granicach 75%. Również według Rytel i Lisińskiej (2007) proces suszenia kostki ziemniaczanej powoduje około 93% straty tej witaminy w porównaniu do zawartości jaka była w surowcu.

Tabela 3

Zawartość witaminy C (mg/100 g) w ziemniakach po podsuszeniu w różnych temperaturach
The content of vitamin C (mg/100g) in potato after pre-drying in different temperatures

Parametry podsuszania Pre-drying parameters	Witamina C Vitamin C
130°C/ 2 godz.	4,50c
150°C/2 godz.	4,02b
160°C/2 godz.*	2,25a

* - próby pobrane do dalszych analiz; the samples taken for further analyses

a,b,c – grupy homogeniczne, ukazujące istotne różnice (Duncan test, $p < 0.05$)

a, b, c - homogenous group, indicate significant differences (Duncan test, $p < 0.05$)

Proces podsuszania ziemniaków prowadzony jest w celu zapobieżenia przypalania się suszonego materiału i przede wszystkim w celu skrócenia całkowitego czasu suszenia. Ponieważ ziemniaki są surowcem zawierającym około 80% wody w bulwach, stąd też na początku procesu suszenia odparowuje się znaczne jej ilości z suszonego materiału, a następnie prowadzi się dosuszanie już w znacznie niższych temperaturach ale przez dłuższy czas. Ostatnim etapem było dosuszanie, które prowadzono przez 12–14 godzin w temp 50°C. Gotowy produkt po wysuszeniu zawierał około 8% wody. Pomimo zastosowania stosunkowo niskiej temperatury w procesie dosuszania wstępnie podsuszanej masy ziemniaczanej, nastąpiły dalsze straty witaminy C w ziemniakach. Gotowy susz ziemniaczany zawierał 1,64 mg witaminy C, co stanowiło niecały 1% początkowej zawartości tej witaminy w surowcu (tab. 1). Tak wysokie straty witaminy C w suszach ziemniaczanych zmuszają producentów żywności do stosowania coraz nowocześniejszych urządzeń, chroniących produkt przed dostępem tlenu czy innych czynników wpływających destrukcyjnie na witaminę C. Ponadto w przemyśle stosuje się dodatek kwasu askorbinowego do półproduktów, czy produktów ziemniaczanych, między innymi w celu wzbogacania żywności w tę witaminę.

WNIOSKI

1. Proces produkcji suszu z ziemniaka gotowanego miał wpływ na straty witaminy C. Największe zmiany w zawartości witaminy C nastąpiły po procesach termicznych: blanszowaniu i suszeniu.

2. Im wyższą zastosowano temperaturę blanszowania, tym większy był ubytek witaminy C. Różnica w zawartości tego związku między temperaturą blanszowania 95°C a 75°C wynosiła 28%.
3. Proces poduszania miał wpływ na straty witaminy C w ziemniakach. Ziemniaki poduszane w temp. 160°C miały o 51% mniej tej witaminy, niż poduszane w temp. 130°C.
4. Gotowy susz zawierał niecały 1% początkowej ilości witaminy C w surowcu.

LITERATURA

- AOAC. 1995. Official methods of analytical chemist. (5th ed.). Washington, DC. Association of Official Analytical Chemistry.
- Bondaruk J., Markowski M., Błaszczak W. 2007. Effect of drying conditions on the quality of vacuum — microwave dried potato cubes. *J. Food Eng.* 81: 306 — 312.
- Cieślak E. 1991. Zmiany zawartości witaminy C podczas obróbki kulinarnej ziemniaków. *Przeg. Gastr.* 5:16 — 17.
- Davey M., Van Montagu M., Inze D., Sammartin M., Kanellis A., Smirnoff N., Benzie I. J. J., Strain J. J., Favell D., Flechter J. 2000. Review: plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing. *J. Sci. Agric.* 80: 825 — 860.
- Gołaszewska B., Zalewski S. 2001. Optimization of potato quality in culinary process. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 10/51 (1): 59 — 63.
- Haase N. U., Weber L. 2003. Ascorbic acid losses during processing of French fries and potato chips. *J. Food Eng.* 56: 207 — 209.
- Hasik J., Gawęcki J. 2010. *Żywność człowieka zdrowego i chorego*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa. Tom II: 444 — 453.
- Han J.S., Kozukue N., Young K. S., Lee K.R., Friedman M. 2004. Distribution of ascorbic acid in potato tubers and in home — processed commercial potato foods. *J. Agric. Food Chem.* 52 (21): 6516 — 6521.
- Hironaka K., Kikuchi M., Koaze H., Sato T., Kojima M., Yamamoto K., Yasuda K. 2011. Ascorbic acid enrichment of whole potato tuber by vacuum — impregnation. *Food Chem.* 127: 1114 — 1118.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność, Nauka, Technologia, Jakość.* 4 (25): 5 — 27.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato Science and Technology*. Elsevier Applied Science, Londyn: 1 — 279 pp.
- Lisińska G., Wojtal A. 1984. Zmiany zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka w czasie przerobu na produkty spożywcze. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu, Techn. Żywn.* 3: 99 — 107.
- Lisińska G., Pęksa A., Kita A., Rytel E., Tajner — Czopek, A. 2009. The quality of potato for processing and consumption, In: Yee N., (Eds) Bussel W. *Potato IV. Food (Special issue 2)*: 99 — 104.
- Mondy N. J., Leja M. 1986. Effect of mechanical injury on the ascorbic acid content of potatoes. *J. Food Sci.* 51 (2): 355 — 357.
- Mozolewski W., Rotkiewicz W., Czaplicka G. 1987. Kształtowanie się zawartości witaminy C i kwasu cytrynowego w wybranych odmianach i rodzajach ziemniaków oraz w otrzymanych z nich chipsach. *Acta Acad. Agric. Technol. Olst. Technol. Aliment.* 21: 43 — 50.
- PN-A-04019. 1998. Produkty spożywcze. Oznaczanie zawartości witaminy C.
- Rytel E., Lisińska G. 2007. Zmiany zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka podczas gotowania i przetwarzania na produkty smażone i suszone. *Żywność.* 6 (55): 186 — 197.
- Tudela J.A., Espin J.C., Gil M. I. 2002. Vitamin C retention in fresh-cut potatoes. *Posth. Biol. Technol.* 26:75 — 84.
- Vadivambal R., Jayas D.S. 2007. Changes in quality of microwave -treated agricultural products — a review. *Biosyst. Eng.* 98: 1 — 16.

KRYSTYNA ZARZYŃSKA
WOJCIECH GOLISZEWSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział Jadwisin
Zakład Agronomii Ziemniaka

Zróznicowanie jakości plonu ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym i integrowanym w zależności od odmiany i warunków glebowo-klimatycznych Część I. Udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw

Tuber quality differentiation of potatoes grown in organic and integrated farming system depending on cultivar and soil - climatic conditions Part I. Share of external and internal disorders

W latach 2008–2010 przeprowadzono badania dotyczące jakości plonu bulw ziemniaków uprawianych w dwóch systemach produkcji — ekologicznym i integrowanym, w dwóch miejscowościach — Jadwisin (Polska centralna i Osiny Polska południowo-wschodnia). Badano wpływ takich czynników jak: system produkcji, miejsce uprawy (jakość gleby), odmiana i lata badań na udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw. Stwierdzono, że największy wpływ na udział wad bulw miały warunki klimatyczne, panujące w okresie wegetacji i genotyp. Sam system produkcji i miejsce uprawy miały mniejsze znaczenie.

Słowa kluczowe: jakość, odmiana, system ekologiczny, system integrowany, ziemniak

In the years 2008–2010 the experiment concerning quality of potatoes grown in two farming systems was carried out in two places in Poland: Jadwisin- central part and Osiny — east- south. The marketable quality of tubers (external and internal disorders), was tested. Following factors were assessed : crop production system, place of growing, cultivar and year of investigation. We showed that the climatic conditions during vegetation period and genotype had the largest influence on tuber external and internal disorders. Crop production system and place of growing had a smaller effect.

Key words: cultivar, organic, integrated crop production system, potato, tuber disorders

WSTĘP

Uprawa roślin w systemach certyfikowanych — ekologicznym czy integrowanym staje się w Polsce coraz powszechniejsza. Gwałtownie wzrasta głównie liczba gospodarstw ekologicznych ze względu na dosyć wysokie dopłaty do tego systemu produkcji. Ziemniak nie należy jednak do roślin chętnie uprawianych w systemie ekologicznym, ze względu na duże zagrożenie ze strony agrofagów, a głównie stonki ziemniaczanej i zarazy ziemniaka, które w znacznym stopniu ograniczają plon. W zamian za niższy plon, oczekuje się jednak lepszej jakości bulw, a głównie składu chemicznego, walorów odżywczych i smakowych. W literaturze zarówno krajowej, jak i zagranicznej często udowadnia się lepszą jakość ziemniaków pochodzących z systemu ekologicznego w porównaniu do innych systemów (Dlouhy, 1981, 1992; Gramsedt i in., 1997; Rembiałkowska, 2000), chociaż nie zawsze wyniki są jednoznaczne (Sawicka, Kuś, 2002; Zarzyńska, Wroniak, 2007). Wiadomo, że oprócz samego systemu produkcji na jakość bulw wpływa wiele innych czynników, takich jak: warunki okresu wegetacji, warunki glebowe, stosowany płodozmian, właściwości odmianowe itp.

Celem pracy jest ocena wpływu dwóch systemów produkcji: ekologicznego i integrowanego, warunków klimatyczno-glebowych oraz odmiany na jakość plonu, tj. udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw.

METODA BADAŃ

Badania przeprowadzono w latach 2008–2010 w dwóch miejscowościach: Osiny woj. lubelskie i Jadwisin woj. mazowieckie w dwóch systemach produkcji: ekologicznym (w obu miejscowościach) i integrowanym (tylko w Osinach). W Osinach ziemniaki były uprawiane na glebie kompleksu żyniego dobrego, w Jadwisinie na glebie kompleksu żyniego słabego. W każdym z systemów stosowano różne zmianowania i różne technologie produkcji.

- zmianowanie w systemie ekologicznym na glebie cięższej — Osiny: ziemniak → jęczmień jary z wsiewką koniczyny czerwonej → koniczyna czerwona z trawami → koniczyna czerwona z trawami → pszenica ozima + poplon
- zmianowanie w systemie ekologicznym na glebie lekkiej — Jadwisin: ziemniak → owies + peluszką → żyto z wsiewką seradeli → łubin na nasiona → facelia na nasiona + gorczyca biała jako poplon.
- zmianowanie w systemie integrowanym: ziemniak → jęczmień jary → bobik na nasiona → pszenica + poplon.

W systemie ekologicznym nie stosowano nawozów mineralnych. Wyjątek stanowił dozwolony w uprawach ekologicznych siarczan potasu. Nie stosowano również pestycydów, z wyjątkiem dozwolonych preparatów miedziowych przeciwko zarazy ziemniaka i Novodoru (preparat bakteryjny) przeciwko stoncy ziemniaczanej. Pod ziemniaki stosowano kompost (Osiny) lub obornik (Jadwisin) w dawce 250 dt·ha⁻¹. Zwalczanie chwastów w tym systemie odbywało się w sposób mechaniczny.

W systemie integrowanym stosowano następujące nawożenie mineralne: N — 75 kg·ha⁻¹, P — 60 kg·ha⁻¹ i K — 60 kg·ha⁻¹. Kompost w dawce 250 dt·ha⁻¹ wnoszono tylko pod ziemniaki. Chemiczne zabiegi ochrony roślin w tym systemie stosowano wykorzystując progi szkodliwości dla roślin.

Uprawiano 8 odmian ziemniaka z różnych grup wczesności. Odmiany wybierano uwzględniając ich jak najwyższą odporność na zarazę ziemniaka. Po zbiorze oceniano jakość bulw, a więc określano udział wad zewnętrznych, takich jak: parch zwykły, ospowatość, deformacje, spękania, uszkodzenia przez szkodniki, bulwy zielone i wad wewnętrznych, tj. rdzawa plamistość miąższu i pustowatość. Warunki klimatyczne panujące w okresie wegetacji w obu miejscowościach przedstawiono za pomocą współczynników Sielianinowa (tab. 1). W obliczeniach statystycznych stosowano program ANOVA. Istotność różnic testowano testem T-Studenta.

Tabela 1

Współczynniki Sielianinowa dla dwóch miejscowości i 3 lat badań (2008–2010)
Sielianinov coefficients for 2 places and 3 years of investigation (2008–2010)

Rok Year	Miejscowość Place	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Współczynnik Sielianinowa (K) za okres wegetacji Sielianinov coefficient (K)
2008	Jadwisin	1,0	0,9	0,4	1,5	1,5	1,6	1,1
	Osiny	1,9	0,7	0,6	1,8	0,9	2,3	1,4
2009	Jadwisin	0,2	1,9	0,4	1,5	1,5	1,6	1,2
	Osiny	0	1,6	0,5	1,8	0,9	2,3	1,2
2010	Jadwisin	0,4	4,5	1,5	1,7	1,8	2,1	2,0
	Osiny	0,4	2,6	0,8	0,6	1,9	2,8	1,5

K = 0-0,5 oznacza suszę; drought. K=0,6- 1 oznacza posuchę; dry spell

K >1,0 oznacza warunki wilgotne; wet conditions

WYNIKI BADAŃ

Istotność różnicowania badanych czynników

W większości przypadków nie stwierdzono istotności współdziałania badanych czynników, dlatego przedstawiono wyniki dla wpływu czynników głównych.

Tabela 2

Istotność wpływu badanych czynników na jakość bulw
Influence of the tested factors on tubers quality

Badana cecha — czynnik Tested feature — factor	System produkcji Farming system	Miejscowość Place	Odmiana Cultivar	Lata badań Years
Parch zwykły — Common scab	+	-	+	+
Ospowatość — Black scurf	+	-	+	+
Deformacje — Deformation	-	-	-	+
Spękania — Cracks	-	+	+	+
Bulwy zielone — Green tubers	-	-	+	+
Uszkodzenia przez szkodniki — Pest damages	-	-	-	+
Rdzawa plamistość miąższu — Rust spot	+	-	+	-
Pustowatość — Hollow hearts	-	+	-	+

+ Istotne dla $\alpha \leq 0,5$; Significant for $\alpha \leq 0.5$

- Nieistotne dla $\alpha \leq 0,5$; Not significant for $\alpha \leq 0.5$

Jak wynika z danych zawartych w tabeli 2. największy wpływ na udział wad zewnętrznych i wewnętrznych w plonie bulw miały warunki atmosferyczne panujące w okresie wegetacji i właściwości odmianowe. Sam system produkcji i miejsce uprawy czyli warunki glebowe miały mniejsze znaczenie (tab. 2).

Udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw w zależności od badanych czynników

System produkcji wpłynął w sposób istotny na udział takich wad w plonie jak: parch zwykły, ospowatość i rdzawa plamistość miąższu. W systemie ekologicznym stwierdzono mniejsze porażenie bulw parchem zwykłym niż w systemie integrowanym. Odwrotną sytuację zanotowano w przypadku udziału bulw z ospowatością i rdzawą plamistością miąższu. Większa ilość tych wad bulw wystąpiła w systemie ekologicznym. Udział pozostałych wad nie zależał od systemu produkcji w jakim uprawiane były ziemniaki (tab. 3).

Tabela 3

Udział wad bulw w zależności od systemu produkcji (średnio dla miejsca uprawy, odmiany i lat badań)
Influence of farming system on share of tuber disorders (mean for place, cultivar and years)

Badany czynnik Tested factor	System produkcji Farming system		NIR LSD
	ekologiczny organic	integrowany integrated	
Parch zwykły (%) — Common scab (%)	12,9	42,6	11,8
Ospowatość (%) — Black scurf (%)	5,5	3,8	1,6
Deformacje (%) — Deformations (%)	8,3	6,7	-
Spękania (%) — Cracks (%)	2,8	3,0	-
Bulwy zielone — Green tubers (%)	3,0	2,4	-
Uszkodzenia przez szkodniki — Pest damages (%)	1,3	1,1	-
Rdzawa plamistość miąższu (20 bulw dużych) — Rust spot (20 large tubers)	1,4	0,6	0,8
Pustowatość (20 bulw dużych) — Hollow hearts (20 large tubers)	0,6	0,8	-

Miejsce uprawy, tj. głównie jakość gleby, na której uprawiane były ziemniaki i płodozmian miało istotny wpływ na udział bulw spękanych i udział bulw z pustowatością. Na glebie mocniejszej w Osinach zanotowano więcej bulw spękanych. Udział bulw z pustowatością był natomiast istotnie większy na glebie lekkiej w Jadwisinie (tab. 4).

Tabela 4

Udział wad bulw w zależności od miejsca uprawy (średnio dla systemu produkcji, odmiany i lat badań)
Influence of place of growing on share of tuber disorders (mean for farming system, cultivar and years)

Badany czynnik Tested factor	Miejsce uprawy — Place		NIR — LSD
	Jadwisin	Osiny	
Parch zwykły — Common scab (%)	19,8	24,3	-
Ospowatość — Black scurf (%)	4,4	5,2	-
Deformacje — Deformation (%)	6,9	8,3	-
Spękania — Cracks (%)	1,3	3,6	1,6
Bulwy zielone — Green tubers (%)	2,7	2,8	-
Uszkodzenia przez szkodniki — Pest damages (%)	1,5	1,1	-
Rdzawa plamistość miąższu (20 bulw dużych) — Rust spot (20 large tubers)	1,9	0,8	-
Pustowatość (20 bulw dużych) — Hollow hearts (20 large tubers)	1,1	0,3	0,8

Czynnikiem, który w istotny sposób wpłynął na większość wad bulw był czynnik odmianowy. Genotyp różnicował udział, takich wad jak: parch zwykły, ospowatość, spękania, bulwy zielone, rdzawa plamistość miąższu. Porażenie parchem kształtowało się od 8,4% u odmiany Ursus do 42% u odmiany Vitara. Procent bulw z ospowatością wynosił od 2,5 u odmiany Owacja do 9,1 u odmiany Ursus. Udział bulw spękanych wahał się w granicach 0,8 u odmiany Tajfun do 4,9 u odmiany Miłek. Udział bulw ze rdzawą plamistością miąższu kształtował się w granicach 0,1 u odmiany Vitara do 3,7 u odmiany Ursus (tab. 5).

Tabela 5

Udział wad bulw w zależności od odmiany (średnio dla systemu produkcji, miejscowości i lat badań)
Influence of cultivars on share of tuber disorders (mean for farming system, place and year)

Badany czynnik Tested factor	Odmiana Cultivar								
	Berber	Miłek	Owacja	Vitara	Tajfun	Agnes	Fianna	Ursus	NIR LSD
Parch zwykły (%) Common scab (%)	31,3	12,7	21,6	42,0	23,0	20,7	22,7	8,4	15,1
Ospowatość (%) Black scurf (%)	4,8	4,3	2,5	6,0	3,7	4,0	5,2	9,1	4,8
Deformacje (%) Deformations (%)	9,0	8,1	6,2	6,2	7,5	7,2	7,2	11,0	-
Spękania (%) Cracks (%)	3,0	4,9	2,1	6,0	0,8	1,2	0,9	3,7	4,8
Bulwy zielone (%) Green tubers (%)	1,8	2,1	1,7	4,5	2,4	6,0	1,5	1,9	4,3
Uszkodzenia przez szkodniki (%) Pest damages (%)	2,0	0,7	1,2	1,9	0,9	1,7	0,9	0,9	-
Rdzawa plamistość miąższu (20 bulw dużych) Rust spot (20 large tubers)	2,1	0,4	0,8	0,1	0,8	0,3	1,0	3,7	2,6
Pustowatość (20 bulw dużych) Hollow hearts (20 large tubers)	0,6	1,6	0,4	0	1,0	0,1	0	0,6	-

Tabela 6

Udział wad bulw zależności od lat badań (średnio dla systemu produkcji, miejscowości i odmian)
Influence of years on share of tuber disorders (mean for farming system, place and cultivar)

Badany czynnik Tested factor	Lata badań Years of investigations			
	2008	2009	2010	NIR LSD
Parch zwykły (%) — Common scab (%)	41,9	10,4	16,0	16,4
Ospowatość (%) — Black scurf (%)	4,0	6,0	4,7	1,6
Deformacje (%) — Deformations (%)	10,3	5,3	7,8	3,6
Spękania (%) — Cracks (%)	2,8	5,1	0,5	2,3
Bulwy zielone (%) — Green tubers (%)	5,0	1,7	1,5	2,5
Uszkodzenia przez szkodniki (%) — Pest damages (%)	2,0	0,2	1,6	1,1
Rdzawa plamistość miąższu (20 bulw dużych) — Rust spot (20 large tubers)	1,8	0,7	1,0	-
Pustowatość (20 bulw dużych) — Hollow hearts (20 large tubers)	0,1	0,6	0,9	-

Lata badań były tym czynnikiem, który w największy sposób różnicował udział wad w plonie. Warunki atmosferyczne panujące w danym roku wpłynęły w sposób istotny na udział, takich wad jak: parch zwykły, ospowatość, deformacje, spękania, bulwy zielone i uszkodzenia przez szkodniki. W 2008 roku odnotowano największe porażenie bulw parchem zwykłym, największy udział deformacji, bulw zielonych, porażonych przez szkodniki i największy udział bulw ze rdzawą plamistością mięszu. Najwięcej bulw z ospowatością i bulw spękanych odnotowano roku 2009. Najmniej wad bulw stwierdzono w roku 2010 (tab. 6).

DYSKUSJA

Na jakość plonu ziemniaków składa się ich jakość handlowa, czyli wygląd zewnętrzny bulw, udział wad wewnętrznych, skład chemiczny, właściwości odżywcze, smakowitość itp. Od ziemniaków pochodzących z produkcji ekologicznej oczekujemy na ogół lepszej smakowitości i lepszych wartości odżywczych kosztem nieco gorszego wyglądu (Rembialkowska i in., 2006). Stosowane w produkcji ekologicznej nawożenie obornikiem, płodozmian bogaty w rośliny wieloletnie, nawozy zielone przyczyniają się do zwiększenia porażenia niektórymi chorobami, takimi jak parch zwykły, czy rizoktonioza, jak również stwarzają lepsze warunki do rozwoju szkodników glebowych np. drutowców (Paffrath, 2002; Karalus, 2000; Ratke in., 2000). W naszych badaniach porównywano dwa systemy produkcji o zbliżonym poziomie intensywności, więc trudniej tu zauważyć różnice w jakości bulw niż np. porównując uprawę ekologiczną i konwencjonalną. Udział wad zewnętrznych i wewnętrznych w plonie nie zależał w największym stopniu od systemu produkcji. Różnice dotyczyły tylko porażenia bulw parchem zwykłym, ospowatością (jeden z objawów rizoktoniozy) i udziału bulw ze rdzawą plamistością mięszu. Zgodnie z większością danych literaturowych w systemie ekologicznym zanotowano większy udział bulw z tymi wadami, chociaż średnio dla lat porażenie parchem zwykłym było większe w systemie integrowanym. Na rozwój tej choroby największy wpływ ma bowiem układ warunków termiczno-wilgotnościowych panujących w okrasie okołotuberyzacyjnym i jakość gleby (Szutkowska, Lutomirska, 2002). Miejsce uprawy, czyli warunki glebowe w istotny sposób determinowały tylko udział bulw spękanych i bulw z pustowatością. Więcej bulw z tą wadą mięszu zanotowano na glebie lżejszej, co znajduje potwierdzenie w literaturze (Hiller i Thornton, 2008). Czynniki odmianowy jest jednym z najistotniejszych elementów decydujących o jakości bulw (Zarzyńska, Goliszewski, 2006). Badane odmiany, niezależnie od systemu produkcji różniły się istotnie udziałem poszczególnych wad w plonie. Najistotniejsze znaczenie w kształtowaniu jakości bulw miały jednak warunki klimatyczne panujące w okresie wegetacji. Wpłynęły one na udział prawie wszystkich ocenianych wad. Największe porażenie parchem zwykłym, największy udział bulw zdeformowanych, zielonych, uszkodzonych przez szkodniki i najwięcej rdzawej plamistości mięszu odnotowano w najsuchszym 2008 roku. Takie zależności znajdują potwierdzenie u wielu autorów (Szutkowska, Lutomirska, 2002; Hiller i Thornton, 2008). W latach wilgotniejszych zanotowano mniejszą ilość wad, z wyjątkiem porażenia ospowatością, co też jest zgodne z danymi literaturowymi.

WNIOSKI

1. Jakość bulw pochodzących z systemu ekologicznego i integrowanego nie różniła się w sposób zasadniczy.
2. Największy wpływ na udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw miały warunki klimatyczne, panujące w okresie wegetacji oraz genotyp.
3. Miejsce uprawy miało mniejsze znaczenie w kształtowaniu jakości plonu bulw.

LITERATURA

- Dlouhy J. 1981. Alternative forms of farming – quality of plant product in conventional and biodynamic production. Upsala, Inst. For Vaxtning. Raport 91. SLU: 52.
- Dlouhy J. 1992. Product quality in alternative agriculture. In: Food quality Concepts and Methodology. Elm Farm Research Centr. Newbury, UK: 30 — 35.
- Gransedt A., Kjellenberg L., Roinila P. 1997. Long term field experiment in Sweden: Effects of organic and inorganic fertilizers on soil fertility and crop quality. In: Proc. of the Conf. on Agric. Production and Nutrition. Boston, MA, USA, March 1997: 79 — 90.
- Hiller L. K., Thornton R. E. 2008. Managing physiological disorders. In: Johnson D. A. (ed.) Potato health management. American Phytopathological Society Press, St Paul, MN: 235 — 245.
- Karalus W. 2000. Qualitätsminderung durch *Rizoctonia solani* vermeiden. Infodienst 300: 53 — 56.
- Paffarth A. 2002. Drahtwurmbefall an Kartoffeln. Bioland. 2002: 23.
- Petr J., Dlouhy J. 1992. Ekologické zemědělství. Praha, Zemědělské Nakladatelství: 276 — 282.
- Ratke W., Riekmann W., Brendler F. 2002. Kartoffel, Krankheiten, Schädlinge, Unkraut. Verlag Th. Mann, Gelesenkirchen Beur.
- Rembiałkowska E. 2000. Zdrowotna i sensoryczna jakość ziemniaków oraz wybranych warzyw z gospodarstw ekologicznych. Wydawn. Fundacja SGGW, Warszawa: 116.
- Rembiałkowska E., Zarzyńska K., Świątkowska B., Goliński W., Kaźmierczak R. 2006. Ocena wybranych cech ziemniaków pochodzących z produkcji konwencjonalnej i integrowanej. W: Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie, Monografia, tom 3. PIMR, Poznań: 112 — 122.
- Sawicka B., Kuś J. 2002. Zmienność składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach ekologicznego i integrowanego systemu produkcji. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 489. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie — perspektywy ekologicznej produkcji ziemniaka w Polsce. Warszawa: 273 — 282.
- Szatkowska M., Lutomska B. 2002. Wpływ środowiska i niektórych czynników agrotechnicznych na porażanie się bulw ziemniaka parchem zwykłym. Biul. IHAR 221: 153 — 166.
- Zarzyńska K., Goliński W. 2006. Rola odmiany w ekologicznej uprawie ziemniaka. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 51 (2): 214 — 219.
- Zarzyńska K., Wroniak J. 2007. Różnice w jakości plonu bulw ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym w zależności od niektórych czynników agrotechnicznych. Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering. Vol. 52 (4): 108 — 114.

EWA ZDYBEL**EWA TOMASZEWSKA-CIOSK****MONIKA ROMAŃCZUK****WIOLETTA DROŹDŹ****HANNA BORUCZKOWSKA**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania

Określenie właściwości termoizolacyjnych przegród wytworzonych z acetylowanej skrobi ziemniaczanej

Determination of thermal insulation properties of partitions produced using acetylated potato starch

Celem pracy była próba wytworzenia materiału biodegradowalnego ze skrobi ziemniaczanej naturalnej i acetylowanej oraz zbadanie przewodności cieplnej uzyskanego materiału. Naturalną skrobię ziemniaczaną, skrobię acetylowaną oraz ich mieszankę poddano ekstruzji w trzech różnych temperaturach. Uzyskano materiał ekstrudowany w kształcie kulek, z których wykonano sztywne kształtki o grubości 20 mm. W celu sprawdzenia przewodności cieplnej badanego materiału zmierzono czas wyrównania temperatury po obu stronach warstwy skrobi naturalnej, acetylowanej, ekstrudowanej oraz po obu stronach wykonanych kształtek. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzono że, kształtka uformowana z naturalnej ziemniaczanej skrobi ekstrudowanej charakteryzuje się niższą przewodnością cieplną w stosunku do luźno ułożonych kulek skrobi ekstrudowanej. Ekstruzja wykonana w temperaturach 140, 150, 170°C umożliwia otrzymanie prób charakteryzujących się szybszym tempem przenikania ciepła w porównaniu z próbami uzyskanymi w wyniku ekstruzji w niższych temperaturach. Ekstrudaty uzyskane z mieszanki (1:1) skrobi ziemniaczanej i acetylowanej oraz wyłącznie ze skrobi ziemniaczanej acetylowanej charakteryzują się wyższą opornością cieplną w porównaniu z ekstrudatami uzyskanymi z naturalnej skrobi ziemniaczanej.

Słowa kluczowe: skrobia ziemniaczana, skrobia acetylowana, przewodność cieplna

The aim of this study was an attempt to produce and determine the thermal insulation properties of biodegradable materials produced using potato starch and acetylated potato starch. Natural potato starch, acetylated potato starch and their mixture were subjected to extrusion at three different temperatures. Extruded material was obtained in the form of beads. In addition, the extruded starch was formed into rigid shapes with a thickness of 20 mm. In order to verify the thermal conductivity we measured the time in which the temperature rise by heating the tested material (beads and rigid shapes) at a specific thickness. As a result of the experiment it was stated that shapes, which were made from extruded natural potato starch, had a lower thermal conductivity comparing to the loose beads of the extruded starch. Among the extruded starch, that starch that was extruded at temperatures 140, 150,

170°C, showed highest thermal conductivity. The natural extruded potato starch comparing to the acetylated extruded starch or mixture natural and acetylated (1:1) extruded potato starch is characterized by a highest thermal conductivity.

Key words: potato starch, acetylated starch, thermal conductivity

WSTĘP

W wyniku dynamicznego rozwoju światowego handlu, gospodarki, technologii i przemysłu zaobserwowano w ciągu kilku ostatnich dziesięcioleci znaczny wzrost produkcji opakowań. Powszechnie stosowanymi materiałami do produkcji opakowań są tworzywa syntetyczne produkowane w większości z frakcji ropy naftowej metodami syntezy chemicznej (Bednarski i in., 1997). Tworzywa te charakteryzują się cennymi właściwościami użytkowymi. Są trwałe i wytrzymałe, odporne na starzenie, czynniki środowiskowe i chemiczne (Urbaniak, 2003 a, b; Jurga, 2004). Ponadto cechuje je niski koszt produkcji oraz łatwość wytworzenia i formowania. Główny problemem związanym z użytkowaniem tworzyw sztucznych spowodowany jest niemożliwością rozłożenia ich w środowisku naturalnym. Wraz ze wzrostem wykorzystywania tych tworzyw, z roku na rok wzrasta ilość kumulowana w środowisku jako odpady trwałe, co z ekologicznego i ekonomicznego punktu widzenia stanowi poważny problem w związku z ich zagospodarowaniem i utylizacją (Lewandowicz i in., 1994; Szostak-Kotowa, 2000).

Problemy techniczne i ekonomiczne jakie wiążą się z recyklingiem materiałowym odpadów opakowaniowych skłaniają badaczy do poszukiwania nowych tworzyw podatnych na recykling organiczny tj. obróbkę tlenową (kompostowanie) lub beztlenową (biometanizacja). Poszukiwane są sposoby wyprodukowania surowców ulegających biodegradacji, które mogłyby zastąpić używane dotychczas tworzywa sztuczne (Żakowska, 2001; 2003). Polimery biodegradowalne otrzymuje się z odtwarzalnych surowców roślinnych oraz na drodze procesów chemicznych. Ulegają one szybkiemu rozkładowi i mineralizacji pod wpływem działania mikroorganizmów (Rojek, 2007). Innym sposobem przyspieszenia procesów biodegradacji jest wprowadzenie do polimeru syntetycznych dodatków, które pod wpływem czynników środowiskowych inicjują procesy rozkładu tworzywa (Walkowski, 1992). Dodatki te ulegając biodegradacji sprawiają, że zmniejsza się masa oraz rozluźnia struktura pozostałej części tworzywa, ta zaś dzięki temu dużo łatwiej poddaje się dezintegracji. Jednym ze sposobów uzyskania tworzywa częściowo biodegradowalnego jest zastosowanie skrobi naturalnej lub modyfikowanej jako dodatku do polimerów syntetycznych (Leszczyński, 1998).

Skrobia może być rozkładana przez szereg mikroorganizmów wytwarzających enzymy amylolityczne, w wyniku czego może ulec pełnej biodegradacji w środowisku naturalnym. Cecha ta obok dostępności i rozpowszechnienia jest główną przyczyną wykorzystywania skrobi do produkcji tworzyw biodegradowalnych, których właściwości mogą być zmienne w zależności od użytego rodzaju skrobi (Bagley i in., 1992), od wielkości wprowadzonej dawki do tworzywa (Leszczyński, 1995), od stosunku amylozy do amylopektyny w cząsteczce (Colonna i in., 1995), oraz od wielkości jej gałązek (Lim i in., 1992). Wpływ na efekt biodegradowalności ma również to, w jakiej postaci występowała zastosowana

skrobia. Może to być postać nieprzetworzona (naturalna), skrobia modyfikowana chemicznie lub fizycznie, skompleksowana z substancjami syntetycznymi lub o właściwościach termoplastycznych zmienionych w wyniku zastosowania procesu ekstruzji (Golachowski i in., 1997).

Ekstruzja jest procesem mechaniczno-termicznym polegającym na mieszaniu sypkich surowców pochodzenia roślinnego, poddawaniu ich działaniu wysokiej temperatury (do 200–250°C) oraz wysokiemu ciśnieniu (do 20–25MPa) i w stosunkowo krótkim czasie (ok. 1–2 minuty) wytłaczaniu na skutek gwałtownego obniżenia ciśnienia (Opydo i in., 1994; Kapelko i in., 2007). Proces ten przeprowadzany jest w ekstruderze, urządzeniu o działaniu ciągłym, oddziałującym na przetwarzany materiał dużymi siłami ścinającymi. Głównym elementem ekstrudera jest obracający się ślimak, mający za zadanie transport materiału oraz przetłoczenie go pod wysokim ciśnieniem przez drobne otwory dyszy umieszczonej na końcu cylindra otoczonego płaszczem grzejącym oraz chłodzącym (Jamroz i in., 1994; Mościcki, 2003 a,b). Geometria ekstrudera, skład mieszanki ekstrudowanej oraz warunki procesu istotnie wpływają na właściwości otrzymanego produktu (Jamroz i in., 1994).

Skrobiowe produkty ekstrudowane mają dwojakie zastosowanie przy produkcji opakowań biodegradowalnych. Stosuje się je m.in. do wytwarzania folii oraz pianek, z tym, że produkcja folii jest w tym przypadku osłabiona z uwagi na gorsze właściwości mechaniczne (obniżona elastyczność) oraz podwyższoną wodochłonność i rozpuszczalność mieszanin tworzyw syntetycznych ze skrobią. Aspekt ten nie ma jednak znaczenia przy produkcji pianek nie mających styczności z wilgocią, stosowanych do wypełniania pustych przestrzeni opakowań w celu zabezpieczenia produktu przed urazami mechanicznymi oraz jako izolator termiczny. Pianki takie mogą zawierać nawet do 95% skrobi (Leszczyński, 1998). Pianki zawdzięczają swoje właściwości izolacyjne unieruchomieniu powietrza w małych zamkniętych porach. Im mniejsza jest objętość powietrza zamkniętego w oddzielnych porach, tym lepsze właściwości termoizolacyjne posiada materiał. Skrobia ekstrudowana w odpowiedniej temperaturze cechuje się lekką i napowietrzoną strukturą. W takiej formie (w ilości około 20%) dodaje się skrobię także przy wyrobie pianek poliuretanowych, stosowanych obecnie głównie jako materiał izolacyjny m.in. w budownictwie i urządzeniach chłodniczych (Leszczyński, 1995). Ciekawym zagadnieniem jest możliwość wykorzystywania skrobi do produkcji biodegradowalnego materiału opakowaniowego charakteryzującego się niską przewodnością cieplną dzięki czemu będzie mógł być stosowany jako opakowanie dla produktów wrażliwych na zmiany temperaturowe. Celem pracy było zbadanie właściwości przewodnictwa cieplnego skrobi ziemniaczanej, naturalnej i acetylowanej oraz preparatów skrobi ekstrudowanej, a także próba wytworzenia biodegradowalnych przegród termoizolacyjnych z zastosowaniem badanych skrobi.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badań stanowiła skrobia ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Spożywczego PEEPES S.J. w Łomży w 2010r oraz skrobia acetylowana wyprodukowana w firmie Hortimex w roku 2010.

Przebieg doświadczenia

Ekstruzja

Preparaty do ekstruzji nawilżano do wilgotności 25%. W celu równomiernego rozprowadzenia wilgoci preparaty mieszano oraz przesiewano przez sito (wielkość oczek 1 mm). Tak przygotowane próby kondycjonowano w szczelnie zamkniętych pojemnikach przez 24 godziny. Bezpośrednio przed procesem ekstruzji próby mieszano. Ekstruzję przeprowadzano na laboratoryjnym, jednoślakowym ekstruderze firmy Brabender, typ 20DN. Użyto ślimaka o stopniu sprężenia 2:1, dyszy okrągłej o średnicy 2 mm, oraz noża do cięcia materiału opuszczającego dyszę ekstrudera. Prędkości obrotów wynosiły: ślimaka — 90 do 170 obr./min., podajnika — 20 do 40 obr./min., noża — 120–180 obr./min. Ekstruzji poddano skrobię ziemniaczaną naturalną, skrobię ziemniaczaną acetylowaną oraz mieszaninę (1:1) skrobi naturalnej ze skrobą acetylowaną. Zastosowano trzy warianty temperaturowe procesu ekstruzji stosując w strefie załadowniczej, strefie uplastycznienia i strefie głowicy ekstrudera temperatury odpowiednio:

- wariant I — 50°C, 60°C, 70°C,
- wariant II — 90°C, 100°C, 120°C,
- wariant III — 140°C, 150°C, 170°C. W wyniku ekstruzji uzyskano materiał w formie kulek o średnicy 4–7 mm.

Wytworzenie przegród termoizolacyjnych

Skrobię ekstrudowaną naważano do plastikowych cylindrów biorąc pod uwagę objętość zajmowaną przez kulki, następnie próbkę przenoszono do krystalniczki i zwilżano wodą destylowaną w ilości 5% w stosunku do masy materiału (w przeliczeniu na suchą masę). Póbkę mieszano dla równomiernego zwilżenia całego materiału i przenoszono powtórnie do plastikowego cylindra. Kulki ubijano tłokiem aby równomiernie upakować i ujednolicić strukturę kształtki. W celu pozostawienia przestrzeni na termoparę wewnątrz zastygającej próbki umieszczano w jej centrum metalowy bolec o średnicy równej średnicy termopary, sięgający do geometrycznego środka kształtki. Następnie kształtki w cylindrach pozostawiano w temperaturze pokojowej na 12 godzin do wyschnięcia i całkowitego połączenia się próbki w zwartą strukturę.

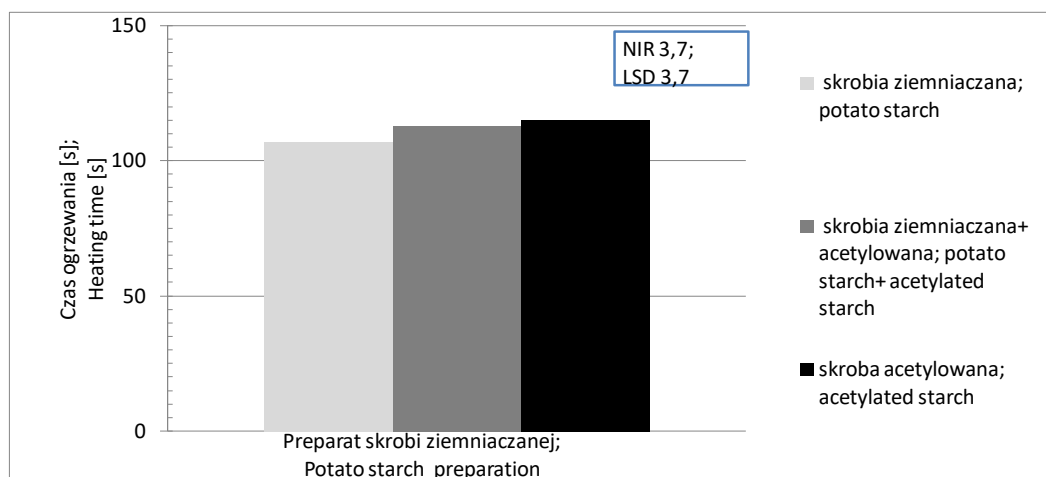
Badanie przewodności cieplnej

Skrobię ekstrudowaną w postaci kulek lub przegrody termoizolacyjne wytworzone ze skrobi ekstrudowanej umieszczano w miedzianym cylindrze i przykrywano warstwą izolującą. We wnętrzu próby umieszczano termoparę, tak aby próba otaczała zakończenie termopary w równomiernym stopniu z każdej strony. Tak przygotowany cylinder umieszczano w łaźni wodnej o temperaturze 30°C i przetrzymywano do momentu ustalenia się temperatury 30°C wewnątrz próbki. Następnie cylinder wraz z termoparą podłączoną do elektronicznego termometru przenoszono do łaźni wodnej o temperaturze 70°C z równoczesnym uruchomieniem stopera. Badanym parametrem był czas w jakim próbka podgrzała się w łaźni o 5°C. Badanie prowadzono w trzech zakresach temperatur: 35°C–40°C, 40°C–45°C, 45°C–50°C. Pomiary powtórzono ośmiokrotnie dla wszystkich rodzajów przegród. Uzyskane wyniki analizowano statystycznie stosując program STATISTICA 9.0. Zastosowano trzyczynnikową, jednokierunkową analizę wariancji.

Istotność różnic pomiędzy obliczonymi średnimi wartościami otrzymanych wyników określono na podstawie wyznacznika najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

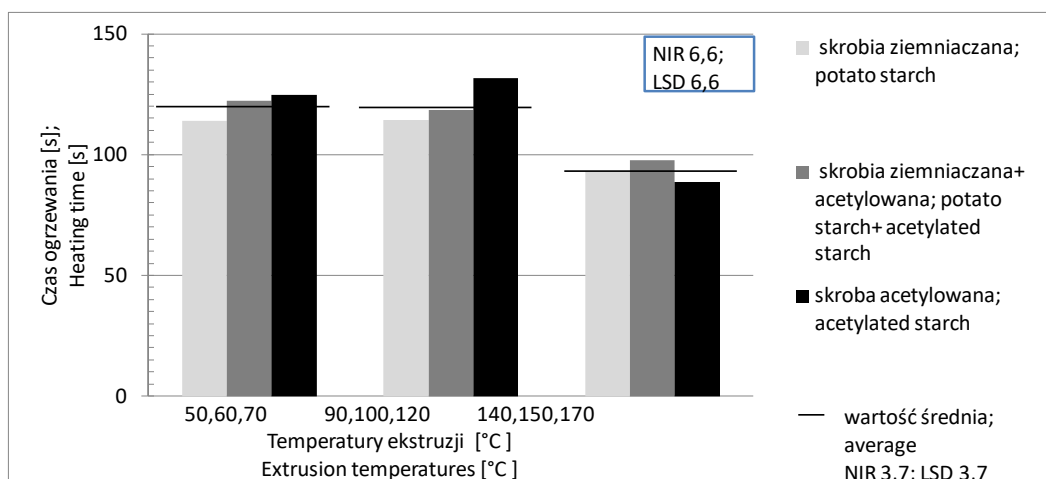
WYNIKI

Na rysunkach 1–3 przedstawiono wpływ rodzaju skrobi, zastosowanych temperatur ekstruzji oraz zakresów temperatur, w których wykonano badanie na czas wyrównania temperatury w warstwie skrobi ekstrudowanej. Rysunek 1. przedstawia czas przenikania ciepła przez skrobię ekstrudowaną w postaci kulek o różnym składzie mieszanki ekstrudowanej.

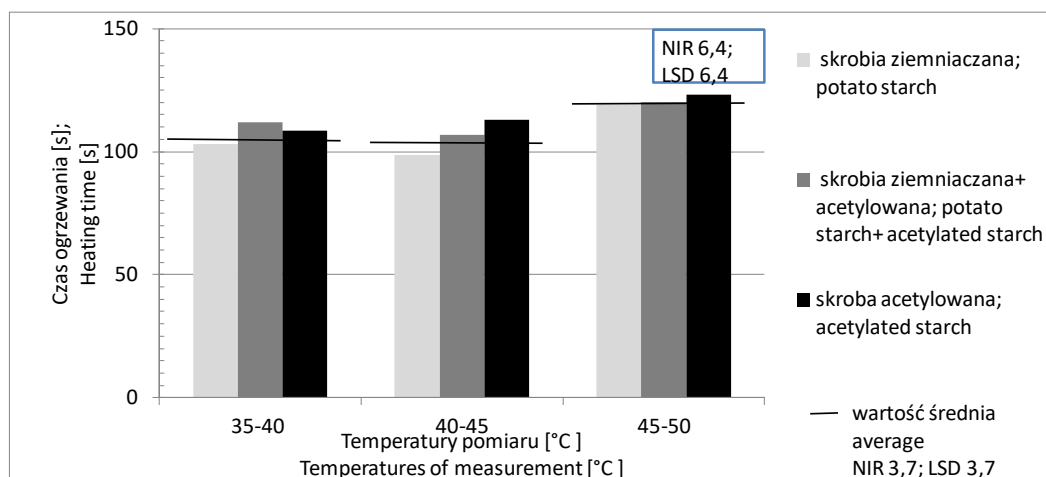


Rys. 1. Czas ogrzewania warstwy w zależności od preparatu skrobi ekstrudowanej
Fig. 1. Heating time of extruded starch layer depending on potato starch preparation

Najniższą opornością cieplną charakteryzowała się skrobia ziemniaczana naturalna (107s). Mieszanka skrobi naturalnej i acetylowanej (1:1) oraz skrobia acetylowana nie różniły się istotnie czasem przenikania ciepła, który mieścił się w przedziale 113–115s. Rysunek 2 przedstawia wykres zależności czasu ogrzewania skrobi ekstrudowanej w postaci kulek wytworzonych z 3 preparatów skrobi ziemniaczanej w zależności od przeprowadzonego wariantu procesu ekstruzji. Istotnie najdłuższym czasem przenikania ciepła (131s) charakteryzowała się skrobia acetylowana otrzymana w II wariacie ekstruzji (90/100/120°C). Wśród badanych preparatów skrobi zastosowanie najwyższych temperatur ekstruzji powodowało istotny wzrost szybkości przenikania ciepła przez próbki (93s). Rysunek 3 przedstawia zależność czasu ogrzewania próbek w różnych przedziałach temperatur. Próby ulegały podgrzewaniu istotnie najdłużej w zakresie temperatur 45–50°C (121s).



Rys. 2. Czas ogrzewania warstwy w zależności od preparatu skrobi ekstrudowanej i wariantu ekstruzji
Fig. 2. Heating time of extruded starch layer depending on potato starch preparation and extrusion temperatures

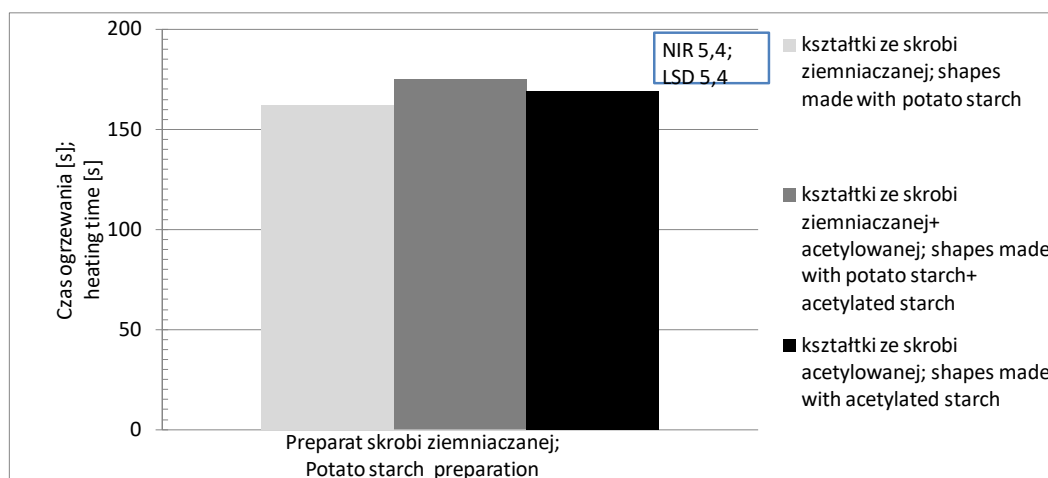


Rys. 3. Czas ogrzewania warstwy w zależności od preparatu skrobi ekstrudowanej i temperatury pomiaru

Fig. 3. Heating time of extruded starch layer depending on potato starch preparation and temperatures of measurement

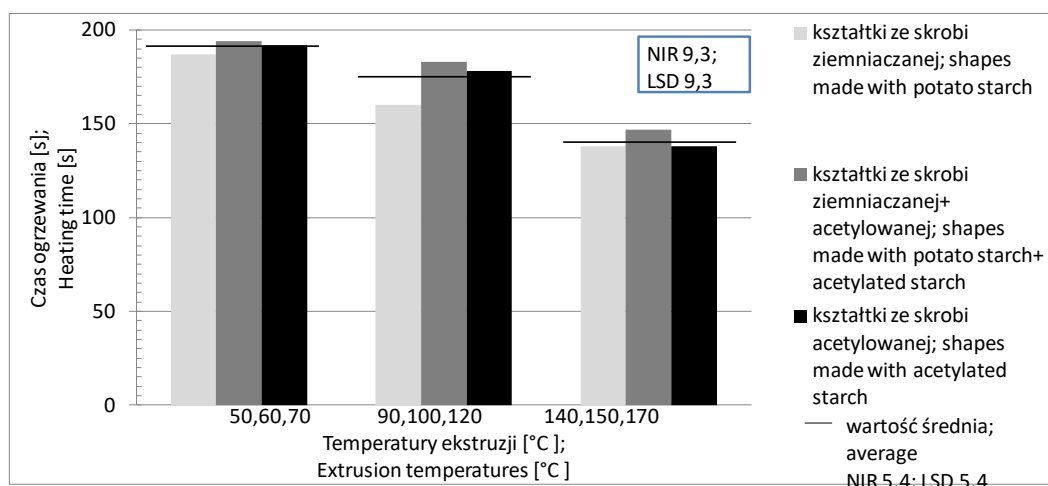
Na rysunkach 4–6 przedstawiono wpływ rodzaju preparatu skrobiowego, zastosowanych temperatur ekstruzji oraz zakresów temperatur, w których wykonano badanie, na czas wyrównania temperatury w kształtce wykonanej ze skrobi ekstrudowanej. Podobnie jak w przypadku skrobi ekstrudowanej istotnie krótszym czasem przenikania ciepła spośród kształtek wykonanych z naturalnej skrobi ziemniaczanej, mieszaniny skrobi

ziemniaczanej z acetylowaną oraz acetylowanej charakteryzowały się kształtki wykonane z ekstrudowanej skrobi ziemniaczanej (162s) (rys. 4).



Rys. 4. Czas ogrzewania kształtek w zależności od preparatu skrobi ziemniaczanej

Fig. 4. Heating time of shapes depending on potato starch preparation

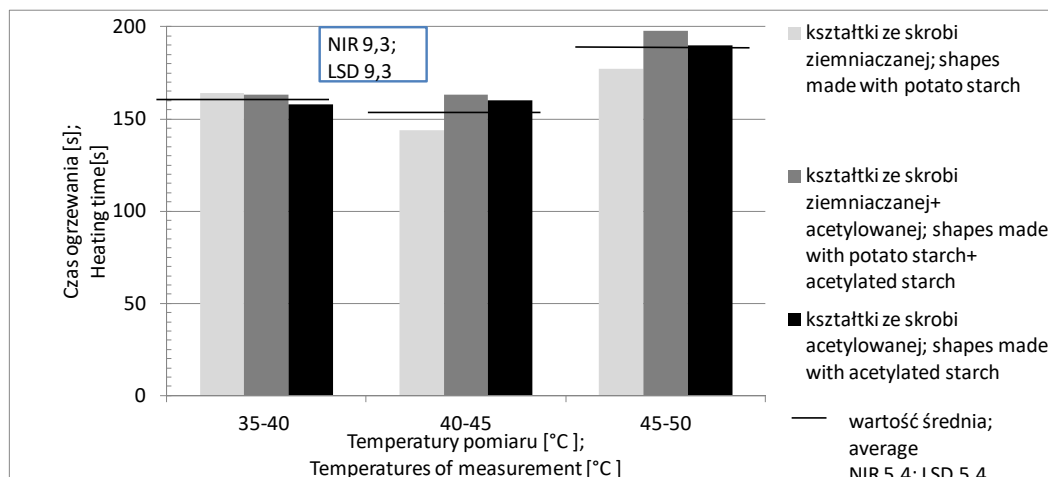


Rys. 5. Czas ogrzewania kształtek w zależności od preparatu skrobi ziemniaczanej i wariantu ekstruzji

Fig. 5. Heating time of shapes depending on potato starch preparation and extrusion temperatures

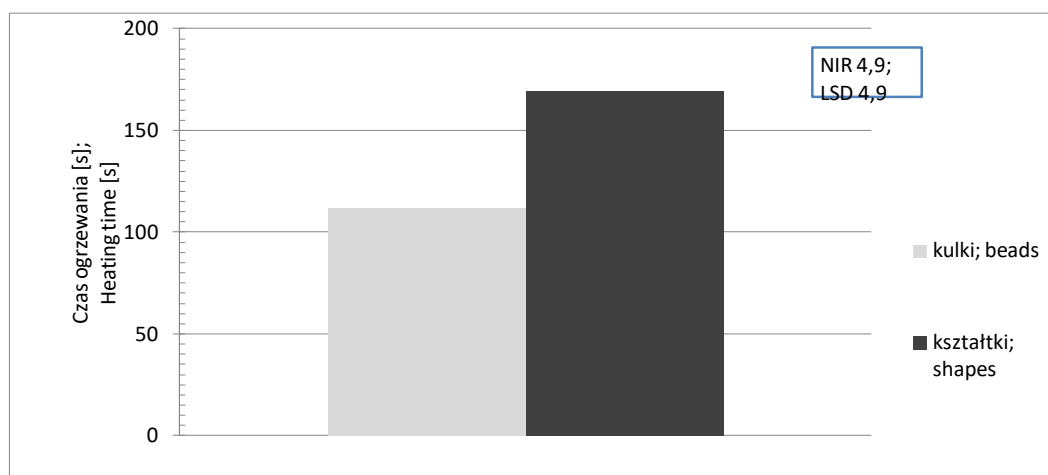
Na rysunku 5 przedstawiono zależność czasu w jakim następowało wyrównanie temperatury w kształtkach w zależności od rodzaju preparatu skrobiowego, z którego wykonano kształtki i od przeprowadzonego wariantu procesu ekstruzji. Wraz ze wzrostem zastosowanej temperatury ekstruzji istotnemu skróceniu ulegał czas ogrzewania kształtek. Jedynie w przypadku ekstruzji wykonanej w temperaturach 90, 100, 120°C stwierdzono istotne różnice wynikające z zastosowanego rodzaju preparatu skrobiowego. Spośród

kształtek wykonanych w tych temperaturach ekstruzji najkrótszym czasem ogrzewania charakteryzowały się kształtki wykonane ze skrobi ziemniaczanej (160s). Na rysunku 6. przedstawiono czas ogrzewania kształtek wykonanych z różnych skrobi mierzony w różnych zakresach temperatur.



Rys. 6. Czas ogrzewania kształtek w zależności od preparatu skrobi ziemniaczanej i temperatury pomiaru

Fig. 6. Heating time of shapes depending on potato starch preparation and temperatures of measurement



Rys. 7. Czas ogrzewania warstwy skrobi ekstrudowanej w zależności od jej postaci

Fig. 7. Heating time of extruded starch layer and shapes

Próby istotnie dłużej ulegały podgrzewaniu w najwyższym zakresie temperatur (188s). Najkrótszym czasem potrzebnym na podgrzanie próbki o wymagane 5°C charakteryzował się średnio przedział temperatur 40–45°C (156s). W przedziale tym statystycznie

najszybciej podgrzanie nastąpiło w kształtkach wykonanych z naturalnej skrobi ziemniaczanej (144s).

Na rysunku 7 przedstawiony jest czas przenikania ciepła przez skrobie ekstrudowane oraz kształtki wykonane z tych skrobi. Kształtki odznaczają się statystycznie wolniejszym tempem przewodzenia ciepła w porównaniu ze skrobią ekstrudowaną.

DYSKUSJA

Fizyczna modyfikacja skrobi poprzez ekstruzję wywołuje istotne zmiany w strukturze skrobi (Michniewicz i in., 1993; Śmietana i in. 1996; Jamroz i in., 1998). Proces ten polegający na poddawaniu materiału wysokiej temperaturze oraz wysokiemu ciśnieniu, a następnie wyłoczeniu powoduje, jak twierdzą m.in. Śmietana i in. (1997) otrzymanie skrobi zmodyfikowanej fizycznie o różnych właściwościach funkcjonalnych, które mogą być zróżnicowane w zależności od sposobu sterowania parametrami procesu ekstruzji i jak wykazano w tej pracy, powodować zmiany w stopniu przewodzenia ciepła przez badane próbki. Rodzaj ekstrudowanego materiału oraz dobór temperatury ekstruzji są istotnymi czynnikami wpływającymi na właściwości otrzymanych produktów (Jamroz i in., 1998; Mościcki 2003 a, b). W otrzymanych dziewięciu rodzajach preparatów ekstrudowanych czas podgrzewania próbek do pożądanych temperatur był różny. Biorąc pod uwagę, iż unieruchomienie powietrza w małych zamkniętych porach umożliwia lepsze wykorzystanie właściwości izolacyjnych materiałów (Leszczyński, 1995; Kostaropoulos i in., 1997), należałoby sądzić że skrobina ekstrudowana w trzecim wariancie temperaturowym (140/150/170°C) poprzez swój napowietrzony, lekki i objętościowo wyższy od pozostałych prób charakter odznaczy się lepszymi właściwościami hamującymi przewodzenie ciepła na tle pozostałych próbek. W uzyskanych wynikach skrobina ta wykazała się statystycznie dużo słabszą zdolnością do izolowania termicznego, bo podgrzanie do poszczególnych zakresów temperatur wymagało znacznie mniej czasu. Być może wynikało to ze zbyt dużej objętości porów w ekstrudacie. Kulki otrzymane w tym wariancie ekstruzji cechowały się niezwykle lekką strukturą, w porównaniu do skrobi z I i II ekstruzji można było umieścić ich mniej w cylindrze pomiarowym, aby uzyskać możliwie najbardziej zbliżoną objętość próbki, jak w poprzednich. Z uwagi na dużą objętość kulek przypuszczać można, że we wnętrzu ich dużych porów oraz pomiędzy kulkami zachodził prawdopodobnie proces konwekcji. To spowodowało, iż materiał ten stał się lepszym przewodnikiem niż izolatorem, bowiem im mniejsza objętość powietrza jest zamknięta w oddzielnych porach, tym mniejsza jest możliwość konwekcji, więc również większa termoizolacyjność (Ait Saada i in., 2007; Oztop i in., 2011). W tym przypadku można przypuszczać, że powietrze unoszące się od dołu próbki miało ułatwioną drogę, poprzez większe przestrzenie pomiędzy kulkami jakie można było zaobserwować w tej próbce. Ekstrudaty otrzymane w niższych wariantach temperaturowych (I i II) odznaczyły się lepszymi właściwościami izolującymi. Powodem tego mogło być bardziej efektywne upakowanie próbki w cylindrze, lecz z zachowaniem drobnych przestrzeni pomiędzy kulkami zatrzymującymi powietrze. Ciekawym rezultatem przeprowadzonego doświadczenia jest wpływ materiału poddawanego ekstruzji na poziom przewodzenia

ciepła przez produkt finalny oraz wybór wariantu temperaturowego ekstruzji. W większości próby ze skrobi acetylowanej oraz z mieszanki skrobi naturalnej i acetylowanej charakteryzowały się wyższą opornością na przenikanie ciepła, co widoczne jest szczególnie dla próbek otrzymanych w wyniku ekstruzji II. Ekstrudowana skrobia acetylowana w dwóch ostatnich przedziałach badania cechowała się wyraźnie dłuższym czasem przenikania ciepła na tle pozostałych prób. Potwierdza to wspomniany wcześniej prawdopodobny wpływ acetylacji na badane próby.

Również postać próbki skrobi ekstrudowanej w jakiej badana była przewodność cieplna miała istotne znaczenie w przeprowadzonym doświadczeniu. Próba z ekstrudatu w formie luźno upakowanych kulek statystycznie szybciej przewodziła ciepło, niż próba w postaci zwartych kształtek uformowanych z kulek, stanowiąca lepszą barierę izolującą. Zwilżanie zimną wodą destylowaną ekstrudatu w postaci kulek bezpośrednio przed ich ułożeniem w formie powodowało powierzchniowe rozpuszczenie się warstwy skrobi z uwagi na podwyższoną rozpuszczalność skrobi po ekstruzji (Kapelko i in., 2007). Kulki w trakcie suszenia w formach łączyły się ze sobą, dając w efekcie bardzo zagęszczoną kształtkę w formie walca, o średnicy takiej jak miedziany cylinder w zestawie pomiarowym. W porównaniu do kulek badanych luzem, kształtki z ekstrudatów odznaczały się statystycznie dużo wyższymi zdolnościami izolacyjnymi i czas ich podgrzewania do określonych temperatur był znacząco dłuższy od kulek badanych luzem. Fakt ten być może powodowały wolne przestrzenie pomiędzy ekstrudowanymi kulkami, do których przemieściła się część rozpuszczonej skrobi ekstrudowanej. Prawdopodobnie zapobiegało to unoszeniu się ciepła wewnątrz próbki, a właściwości termoizolacyjne uległy zwiększeniu bo nadal wewnątrz kształtek obecne były liczne pory wypełnione izolującym powietrzem wewnątrz kulek. Jednak utworzyły się również nowe pory, które powstały na skutek zaklejenia przerw pomiędzy kulkami w przestrzeni wzajemnego kontaktu. Okazało się zatem słuszne wykonanie preparatu ze skrobi ekstrudowanej nie tylko w postaci luźno ułożonych kulek, ale i zwartych kształtek. Wykorzystanie takiego typu materiału przykładowo jako biodegradowalne przegrody izolacyjne w materiałach opakowaniowych może nadać nowy wymiar i być wykorzystane przez przemysł opakowaniowy zmierzający do zwiększenia udziału biodegradowalnych komponentów w materiałach stosowanych do produkcji opakowań i tworzyw w kontakcie z żywnością.

Przeprowadzone badania przedstawiły nowy, interesujący pogląd na wykorzystanie skrobi, już nie tylko jako węglowodanu złożonego, cennego w diecie pokarmowej. Zauważono, iż modyfikacje tego polimeru prowadzić mogą do uzyskania materiałów do przyszłościowego zastosowania w wielu gałęziach przemysłu. Szczególnie jest to ważne ze względu na możliwość pozyskania materiałów o możliwie najmniejszej szkodliwości dla środowiska. Zdolność do izolowania cieplnego uwidoczniła się najlepiej w otrzymanych kształtkach ze skrobi ekstrudowanej, co jest cechą wartą głębszego przeanalizowania pod kątem zastosowania do produkcji materiałów termoizolacyjnych. Jest to nowy aspekt, a dotychczas nie prowadzono szczegółowych badań naukowych w tym zakresie, które mogłyby potwierdzić, że skrobia jako biodegradowalny i naturalnie łatwo dostępny surowiec może być materiałem który znajdzie swoje zastosowanie jako materiał termoizolacyjny.

WNIOSKI

1. Możliwe jest wytworzenie termoizolacyjnych przegród ze skrobi modyfikowanej poprzez ekstruzję.
2. Skrobia ekstrudowana w postaci luźno ułożonych kulek przewodzi ciepło lepiej od zwartej kształtki z tego samego materiału.
3. Ekstruzja wykonana w temperaturach 140, 150, 170°C umożliwia otrzymanie prób, charakteryzujących się szybszym tempem przenikania ciepła w porównaniu z próbami uzyskanymi w wyniku ekstruzji w niższych temperaturach.
4. Ekstrudaty uzyskane z mieszanki (1:1) skrobi ziemniaczanej i acetylowanej oraz wyłącznie ze skrobi ziemniaczanej acetylowanej charakteryzują się wyższą opornością cieplną w porównaniu z ekstrudatami uzyskanymi z naturalnej skrobi ziemniaczanej.

LITERATURA

- Ait Saada M., Chikh S., Campo A. 2007. Natural convection around a horizontal solid cylinder wrapped with a layer of fibrous or porous material. *International Journal of Heat and Fluid Flow* 28: 483 – 495.
- Bagley E.B., Christianson D.D., Fanta G.F., 1992. Complexes between starch and poly(ethylene-co-acrylic acid) – viscosity and gel rheology of jet-cooked dispersions. *Carbohydrate Polymers* 17: 221 – 226.
- Bednarski W., Lewandowicz A., Tomasik J., Walkowicz A. 1997. Opakowania biodegradowalne aspekty technologiczne i ekologiczne. *Przemysł Spożywczy* 2: 33 – 35.
- Colonna P., Della Valle G., Lourdin D. 1995. Influence of amylose content on starch films and foams. *Carbohydrate Polymers* 27: 261 – 270.
- Golachowski A., Leszczyński W. 1997. Właściwości tworzywa sporządzonego z polietylenu i skrobi modyfikowanych chemicznie. *Żywność, Technologia, Jakość* 4 (13): 16 – 25.
- Jamroz J., Rogalski J. 1994. Determinanty wartości żywieniowej ekstrudatów. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 63 – 76.
- Jamroz J., Ciesielski W., Pielichowski K., Tomasik P. 1998. Extrusion-cooking of potato starch and selected properties of the extrudates. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 7 (1): 89 – 97.
- Jurga R., 2004. Terminologia opakowań i odpadów opakowaniowych dla potrzeb praktycznego stosowania. *Przegląd Zbożowo Młynarski (Wybrane na podstawie materiałów z seminarium COBRO z dnia 29.06.2004)* 9: 15 – 17.
- Kapelko M., Zięba T., 2007. Właściwości ekstrudowanej skrobi ziemniaczanej modyfikowanej glicyną. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 5: 23 – 32.
- Kostaropoulos A.E., Sarvacos G.D. 1997. Thermal diffusivity of granular and porous foods at low moisture content. *Journal of Food Engineering* 33: 101 – 109.
- Leszczyński W. 1995. Zastosowanie skrobi w produkcji wybranych wyrobów niespożywczych. *Biuletyn Instytutu Ziemniaka* 45: 97 – 109.
- Leszczyński W. 1998. Zastosowanie skrobi do biodegradowalnych tworzyw opakowaniowych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej We Wrocławiu* 328: 105 – 115.
- Lewandowicz G., Walkowski A. 1994. Tworzywa ekologiczne na bazie surowców skrobiowych. *Przemysł Fermentacyjny i Owocowo-Warzywny*, 7: 15 – 18.
- Lim S. T., Jane J. L., Rajagapalan S., Seib P. A. 1992. Effect of starch granule size on physical properties of starch-filled polyethylene film. *Biotechnology Progress* 8: 51 – 57.
- Michniewicz J., Obuchowicz W. 1993. Ekstruzja możliwość oddziaływania na cechy produktu. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 11: 5 – 7.
- Mościcki L. 2003 a. Ekstrudery jednoślismakowe. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 5: 13 – 15.
- Mościcki L. 2003 b. Surowce stosowane w produkcji wyrobów ekstrudowanych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 4: 24 – 26.

- Opydo B., Mościcki L. 1994. Zastosowanie skrobi w produkcji materiałów opakowaniowych. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego* 1: 37 — 38.
- Oztop H. F., Al-Salem K., Varol Y., Pop I. 2011. International Journal of Heat and Mass Transfer Natural convection heat transfer in a partially opened cavity filled with porous media. *International Journal of Heat and Mass Transfer* 54: 2253 — 2261.
- Rojek A. 2007. Biodegradowalność materiałów opakowaniowych. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 5: 6 — 9.
- Szostak-Kotowa J., 2000. Opakowania z tworzyw sztucznych rozkładalne w środowisku. *Opakowanie* 11: 18 — 20.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Soral-Śmietana M., Świgoń J. 1996. Modification of potato starch by extrusion. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczo-Technicznej w Olsztynie* 29: 3 — 13.
- Śmietana Z., Świgoń J., Soral-Śmietana M., Szpendowski J. 1997. Skrobia ziemniaczana ekstruzyjnie modyfikowana. *Przemysł Spożywczy* 3: 13 — 14..
- Urbaniak W. 2003 a. Tworzywa sztuczne i ich zastosowanie. *Packaging Polska* 3: 48 — 51.
- Urbaniak W. 2003 b. Tworzywa i odpady w głównych działach gospodarki. *Packaging Polska* 4: 44 — 49.
- Wąkowski A., 1992. Nowe, wybrane kierunki modyfikacji skrobi. *Problemy modyfikacji skrobi. Materiały IV Letniej Szkoły Skrobiowej*: 101 — 111.
- Żakowska H. 2001. Recykling opakowań poużytkowych z tworzyw sztucznych w Polsce. *Opakowanie* 6: 44 — 47.
- Żakowska H. 2003. Znakowanie i recykling. *Packaging Polska* 11: 56 — 60.

EWA ZDYBEL**EWA TOMASZEWSKA-CIOSK****MONIKA ROMAŃCZUK**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania

Określenie przewodnictwa cieplnego skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości gałeczek

Determination of the thermal conductivity of different kinds of starch and of potato starch sorted with sieves

Celem pracy było zbadanie wpływu różnic w budowie skrobi wynikających z jej pochodzenia botanicznego na przewodzenie ciepła przez warstwę skrobi. Przebadano skrobie ziemniaczaną, ryżową, kukurydzianą, pszenną oraz tapiokową. Dodatkowo skrobię ziemniaczaną rozsortowano na sitach wibracyjnych na 3 frakcje o wielkości gałeczek: 32–38 μm , 25–31 μm , 20–24 μm . W celu sprawdzenia przewodności cieplnej skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz rozsortowanej skrobi ziemniaczanej zmierzono czas wyrównania temperatury po obu stronach 20 milimetrowej warstwy skrobi. Wilgotność badanych skrobi wynosiła 8 i 25%. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że różnice w budowie cząsteczek skrobiowych wynikające z botanicznego pochodzenia skrobi mają wpływ na przewodzenie ciepła przez te skrobie przy czym najszybciej ciepło przenikało przez warstwę skrobi ryżowej, najwolniej zaś przez warstwy skrobi ziemniaczanej i pszennej. Przewodność cieplna skrobi ziemniaczanej rozsortowanej na frakcje różniące się wielkością gałeczek charakteryzuje się zmiennością wyników znacząco uzależnioną od wilgotności badanego materiału.

Słowa kluczowe: przewodność cieplna, skrobia, wielkość gałeczek

The aim of this study was to determine the property of thermal insulation of potato, rice, maize, wheat and tapioca starches. In addition, potato starch was separated using the sieve shaker device AS 200 by Retsch. The obtained starch fractions were: 20–24 μm , 25–31 μm , 32–38 μm . In order to verify the thermal conductivity, we measured the time in which the temperature rise after heating the tested material of a specific thickness. Moisture content of the material was: 8 or 25%. As the results of the experiment it was stated that rice starch is characterized by the highest thermal conductivity. Potato starch and wheat starch had a lower thermal conductivity comparing to another tested starches. Fractions of starch granules differed in their thermal conductivity.

Key words: granules size, potato starch, thermal conductivity

WSTĘP

Skrobia jest głównym polisacharydem zapasowym roślin. Jest łatwo dostępnym surowcem odnawialnym. Jest także od wielu już wieków wykorzystywana przez człowieka jako składnik pokarmu i pasz oraz jako surowiec przemysłowy (Leszczyński, 2004).

Skrobia charakteryzuje się odmiennymi właściwościami w zależności od pochodzenia biologicznego (Jane i in., 1994; Leszczyński, 2004; Kaur i in., 2007). Gałeczki skrobiowe syntetyzowane przez różne rośliny charakteryzują się innymi wymiarami, odmiennym kształtem i różną proporcją amylozy i amylopektyny oraz różnicami w składzie gałeczek skrobiowych. Wpływa to na odmienność właściwości skrobi zależnie od pochodzenia biologicznego. Najważniejsze, z punktu widzenia zastosowań skrobi są różnice w temperaturach kleikowania, lepkości kleików, podatności na działanie enzymów, skłonności do retrogradacji (Leszczyński, 2001; Singh i in., 2003).

Skrobia ziemniaczana w porównaniu z innymi skrobiami charakteryzuje się wysoką czystością chemiczną, podczas gdy integralnymi składnikami gałeczek skrobi kukurydzianej i pszennej, nieusuwanymi w przemysłowym procesie oczyszczania skrobi jest białko i tłuszcz (Eliasson i in., 1996). Inne cechy charakteryzujące skrobię ziemniaczaną to skłonność do retrogradacji, właściwości jonowymienne oraz duży zakres rozmiarów gałeczek.

Jedną z cech wpływających na różne właściwości skrobi jest wielkość gałeczek (Lisińska i in., 1989; Jane, 1996). Różnice w morfologii gałeczek różnych skrobi można stwierdzić już w obrazie mikroskopowym. Skrobia ziemniaczana charakteryzuje się owalnymi gałeczkami wielkości od 15 do 110 mikrometrów (Leszczyński i in., 1995; Jeng-Yune i in., 2001). Posortowanie skrobi ziemniaczanej według wielkości gałeczek pozwala uzyskać frakcje różniące się właściwościami (Lim i in., 1992). Duże gałeczki skrobi ziemniaczanej charakteryzują się większą zawartością amylozy i wyższą podatnością na retrogradację, a także wyższą rozpuszczalnością i wodochłonnością w porównaniu do gałeczek małych (Tomaszewska-Ciosk i in., 2010 b).

Celem pracy było zbadanie wpływu różnic w budowie skrobi wynikających z jej pochodzenia botanicznego oraz określenie wpływu wielkości gałeczek skrobiowych skrobi ziemniaczanej na przewodzenie ciepła przez warstwę skrobi.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badań

Skrobie handlowe:

- ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Spożywczego PEEPES S.J. w Łomży w 2008 r.,
- pszena wyprodukowana przez Cargill B.V. w Amsterdamie w 2008 r.,
- ryżowa wyprodukowana w 2008r. przez Biochemical Hopkin & Williams,
- kukurydziana wyprodukowana w 2008r. w Zakładzie Produkcyjno-Handlowym „Paula” w Kaliszu,

— tapiokowa wyprodukowana w 2008 r. w Zakładzie Produkcyjno-Handlowym „Paula” w Kaliszu.

Uzyskanie skrobi ziemniaczanej rozsortowanej w warunkach laboratoryjnych (Tomaszewska-Ciosk E. i in., 2010 a)

Skrobię ziemniaczaną o wilgotności 9 % umieszczano w ilości 150 g na sitach wibracyjnych. Proces rozsortowania przebiegał w czasie 5 godzin przy amplitudzie drgań równej 2,8 mm. W wyniku rozsortowania otrzymywano 3 frakcje skrobi o wielkości gałeczek: 32–38µm; 25–31µm; 20–24µm. Łącznie procesowi rozsortowania poddano 800g natywnej skrobi ziemniaczanej.

Badanie przewodności cieplnej skrobi

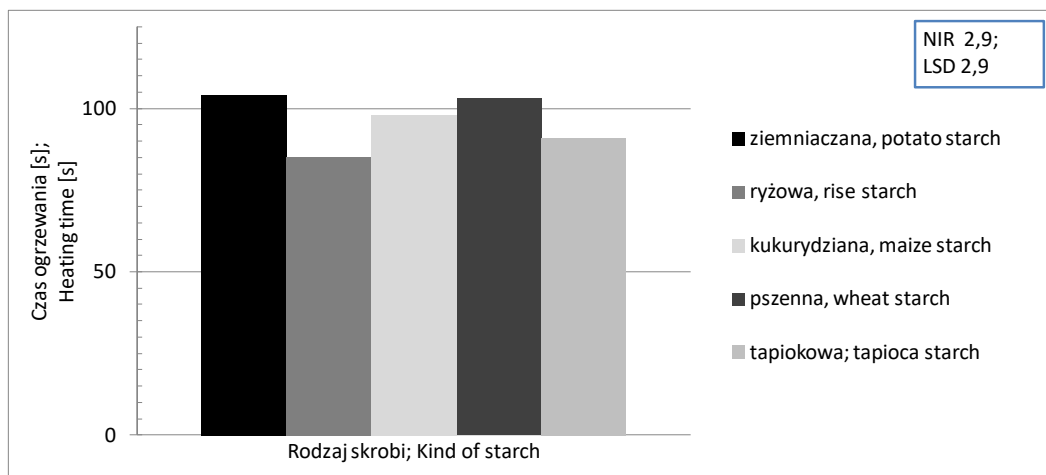
Skrobie ziemniaczaną, pszeną, ryżową, kukurydzianą, tapiokową oraz skrobię ziemniaczaną rozsortowaną naważano bezpośrednio do miedzianego cylindra, kontrolowano zarówno objętość, jak i stopień upakowania próbki wewnątrz formy (cylindra). Próbkę ubijano ręcznie, za pomocą plastikowego tłoka. Każda z próbek ubijana była do tej samej objętości wewnątrz cylindra. Upakowaną próbkę przykrywano piankową warstwą izolacyjną z otworem dla termopary znajdującym się centralnie w badanej próbce. Tak przygotowany cylinder umieszczano w łaźni wodnej o temperaturze 30°C i stabilizowano temperaturę 30°C wewnątrz próbki. Następnie cylinder wraz z termoparą podłączoną do elektronicznego termometru przenoszono do łaźni wodnej o temperaturze 70°C, równocześnie włączano stoper. Badanym parametrem był czas w jakim próbka podgrzała się w łaźni o 5°C. Badanie przeprowadzono w trzech zakresach temperatur: 35°C–40°C, 40°C–45°C, 45°C–50°C. Badanie zostało przeprowadzone w materiale o wilgotności 8% i 25%. Badanie zostało przeprowadzone z ośmiokrotnym powtórzeniem dla wszystkich rodzajów badanych skrobi.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej w oparciu o program Statistica 9.0. Zastosowano dwuczynnikową, jednokierunkową analizę wariancji. Istotność różnic pomiędzy obliczonymi średnimi wartościami otrzymanych wyników określono na podstawie wyznacznika najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

WYNIKI I DYSKUSJA

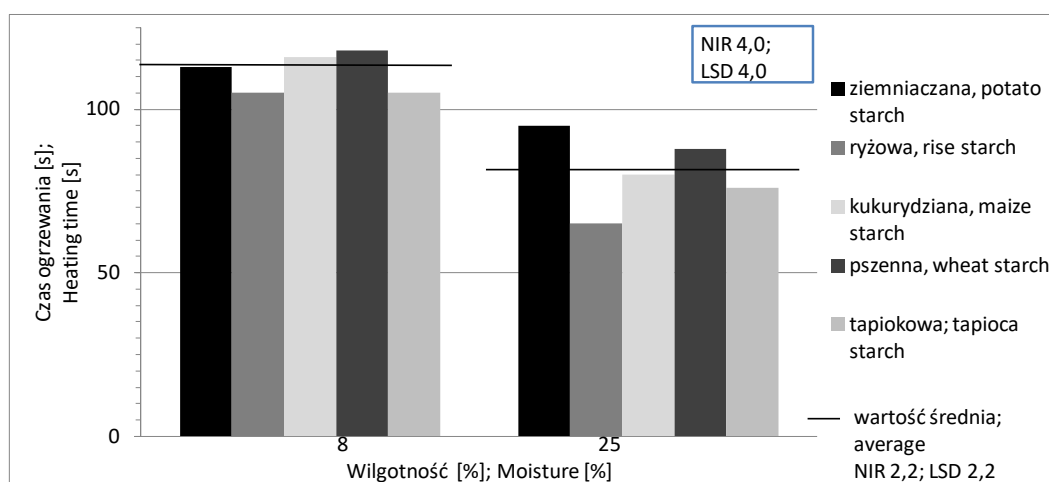
Na rysunku 1 pokazano tempo przenikania ciepła przez warstwy skrobi różnego pochodzenia botanicznego. Skrobia jest zróżnicowana pod względem składu chemicznego, kształtu oraz struktury form krystalicznych gałeczek w zależności od źródła pochodzenia (Kaur i in., 2007) co wpłynęło na wynik w przeprowadzonym doświadczeniu. Ogrzewanie poszczególnych rodzajów skrobi następowało w różnym tempie. Czas ustalenia się temperatury w próbkach był zmienny w zależności od badanego rodzaju skrobi oraz jej wilgotności. Naturalna skrobia ryżowa charakteryzowała się najszybszym przenikaniem ciepła do wnętrza próbki, w większości zarówno przy wilgotności 8% jak i przy 25%. Wśród badanych skrobi gałeczki skrobi ryżowej odznaczają się najmniejszymi rozmiarami (do 20µm), charakterystycznymi ostrymi krawędziami i w porównaniu do skrobi ziemniaczanej mniej owalnym i gładkim kształtem (Singh i in., 2003; Singh i in., 2006). Stanowiły one materiał lepiej przewodzący ciepło, czego powodem mogło być lepsze

upakowanie złoża. Skrobia ziemniaczana cechuje się owalnym kształtem oraz gałeczkami o wielkości do 110µm, z czego wnioskować można, że złożo miało większe przestrzenie powietrzne niż w przypadku skrobi ryżowej, a to stanowiłoby dodatkową barierę dla przenikania ciepła.



Rys. 1. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od pochodzenia botanicznego

Fig. 1. Heating time of starch layer depending on the kind of starch



Rys. 2. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od pochodzenia botanicznego i wilgotności

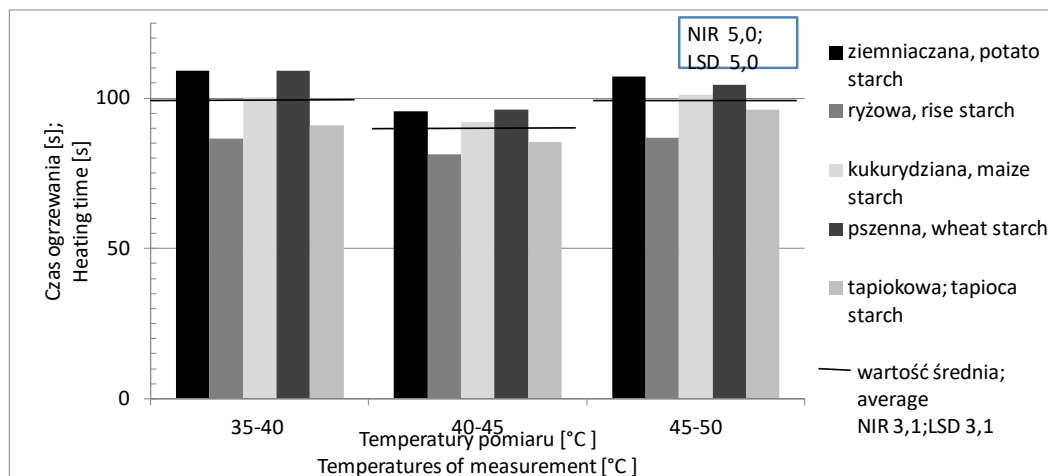
Fig. 2. Heating time of starch layer depending on kind of starch and moisture

Rysunek 2 przedstawia wykres zależności czasu ogrzewania różnych botanicznie skrobi od ich rodzaju oraz wilgotności. Istotnie najdłuższym czasem przenikania temperatury charakteryzowała się skrobia pszenna o wilgotności 8%, natomiast najkrótszym skrobia

ryżowa o wilgotności 25%. Wśród badanych skrobi zmiana ich wilgotności powodowała istotną zmianę szybkości przenikania ciepła do wnętrza próbek, przy czym zgodnie z założeniami autorów pracy próby o większej wilgotności szybciej przewodziły ciepło (Jianjun, 1993). Przy wilgotności prób 8% następowało zmniejszenie różnic mierzonych czasem wyrównania temperatury pomiędzy badanymi skrobiami. Prawdopodobnie świadczy to o wpływie nie tylko wielkości ale i kształtów gałeczek skrobiowych na przewodność cieplną. W przypadku prób o wyższej wilgotności dobrze przewodząca ciepło woda szczelniej może wypełnić przestrzenie pomiędzy drobnymi, okrągłymi gałeczkami skrobi ryżowej, a także wnika do kapilar w przestrzeniach gałeczki, natomiast nie jest w stanie zapęłnić przestrzeni między gałeczkami skrobi ziemniaczanej. Powoduje to zróżnicowanie poszczególnych gatunków skrobi wyraźniejsze niż w przypadku skrobi wysuszonych, gdzie przestrzeń między gałeczkami w większym stopniu wypełnia izolujące powietrze.

W przypadku badania przewodności cieplnej skrobi wysuszonej, w którym zmniejszony jest wpływ wilgoci wypełniającej próbę na otrzymany wynik, w większym stopniu zależy on od składu chemicznego gałeczek niż w przypadku prób zawierających 25% wilgotności. Wśród skrobi o 8% wilgotności najdłuższym czasem przenikania ciepła charakteryzowały się skrobie pszenne i kukurydziane. Skrobie te w porównaniu ze skrobią ziemniaczaną charakteryzują się większym zróżnicowaniem chemicznym. W ich gałeczkach oprócz frakcji amylozy i amylopektyny występują także białka i tłuszcze tworząc złożone, wbudowane w gałeczkę struktury białkowo-lipidowe (Jane, 1996). Prawdopodobnie w przypadku skrobi kukurydzianej i pszennej struktury te stawały się dodatkową barierą zmniejszającą tempo przenikania ciepła przez warstwę skrobi.

Zakresy temperatur przeprowadzania pomiarów dla skrobi różnych botanicznie miały istotny wpływ na czas przenikania ciepła przez badane próby (rys. 3).

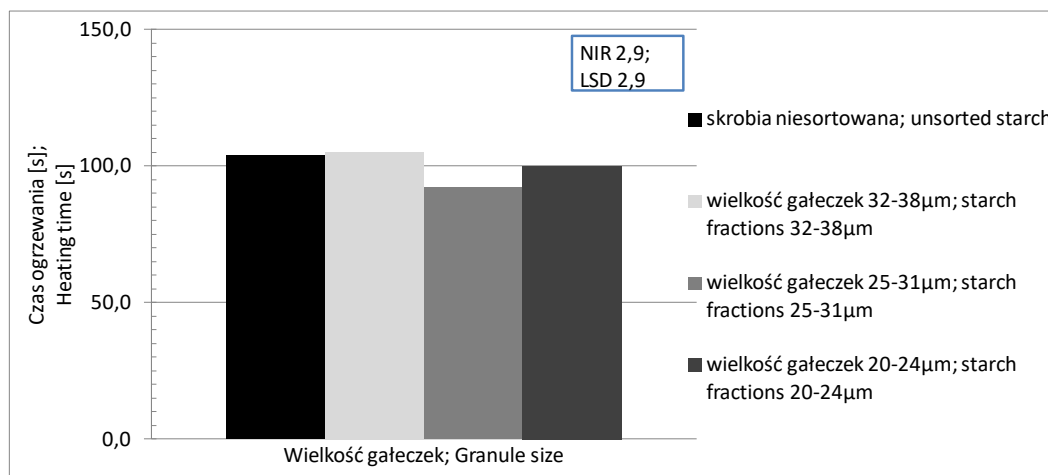


Rys. 3. Czas ogrzewania warstwy skrobi w zależności od botanicznego pochodzenia i temperatur pomiaru

Fig. 3. Heating time of starch layer depending on kind of starch and range of temperatures

Najkrócej trwało podgrzanie próbki o wymagane 5°C w przedziale temperatur 40–45°C. Współczynnik przewodzenia ciepła jest zależny od temperatury (Kulesza, 1993).

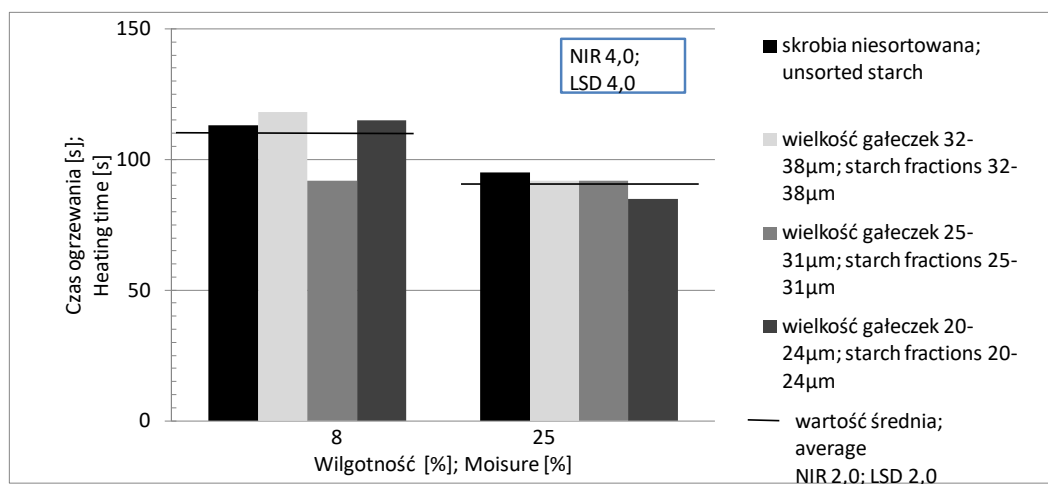
W wyniku przeprowadzenia procesu sortowania skrobi ziemniaczaną podzielono na trzy frakcje: 32–38; 25–31 oraz 20–24µm. Frakcje gałeczek cechują się zróżnicowaniem pod względem swoich właściwości (Lim i in., 1992). Na rysunku 4 pokazano czas przenikania ciepła przez skrobię ziemniaczaną rozsortowaną oraz niesortowaną. Spośród skrobi rozsortowanych najszybciej ogrzewała się frakcja gałeczek o wielkości 25 - 31µm. Statystycznie najwolniej przenikało ciepło do wnętrza próbek skrobi niesortowanej oraz frakcji zawierającej największe gałeczki.



Rys. 4. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek

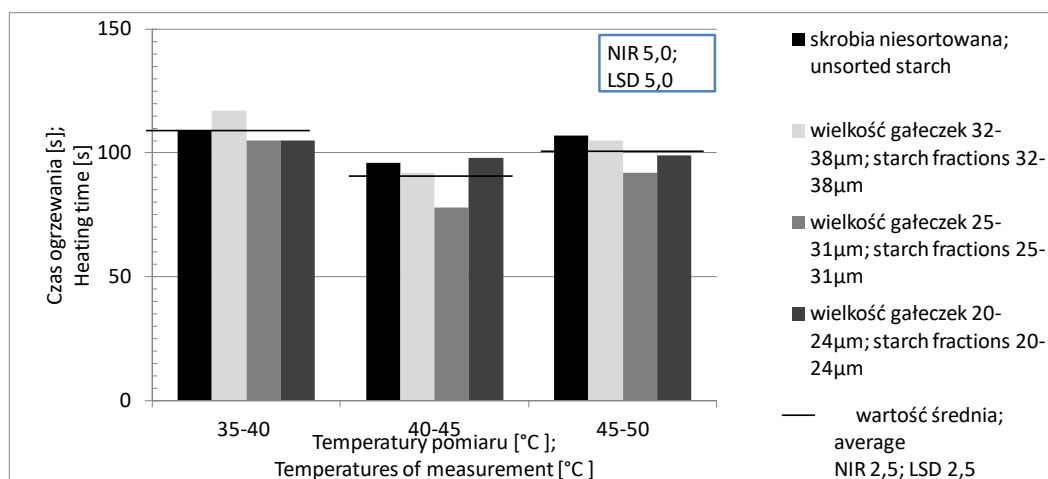
Fig. 4. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions

Na rysunku 5 przedstawiono wykres zależności czasu ogrzewania skrobi ziemniaczanej rozsortowanej i niesortowanej od wielkości gałeczek i od wilgotności. W grupie badanych skrobi o wilgotności 25% istotnie krótszym czasem ogrzewania odznaczyła się frakcja skrobi o najmniejszych gałeczkach, lecz ta sama skrobia o wilgotności 8% razem ze skrobią ziemniaczaną o wielkości gałeczek 32–38µm znalazła się w grupie charakteryzującej się najdłuższym czasem ogrzewania. Jedynie frakcja gałeczek skrobi o wielkości 25–31µm nie wykazała istotnych różnic w czasie ogrzewania w zależności od wilgotności tworząc grupę jednorodną statystycznie. Tak różnie kształtującą się przewodność cieplną w zależności od wielkości gałeczek i wilgotności można wytłumaczyć prawdopodobnie różną gęstością nasypową materiału. Małe cząsteczki skrobi charakteryzujące się okrągłym kształtem można szczelniej upakować, a przez to uzyskać większą gęstość nasypową materiału. Wpływ gęstości nasypowej na współczynnik przewodności cieplnej sypkiej skrobi kukurydzianej został stwierdzony przez Drouzas (1988). Nie badano natomiast do tej pory przewodności cieplnej skrobi ziemniaczanej oraz jak wpływa wielkość gałeczek na tę cechę.



Rys. 5. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek i wilgotności
Fig. 5. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions and moisture

Zakres pomiarów temperatur dla skrobi rozsortowanej i niesortowanej miał istotny wpływ na długość czasu przenikania ciepła przez badane próby (rys. 6). Podobnie jak w przypadku badania różnej gatunkowo skrobi najkrótszym czasem na podgrzanie próbki o wymagane 5°C charakteryzował się średnio przedział temperatur 40–45°C.



Rys. 6. Czas ogrzewania warstwy skrobi ziemniaczanej w zależności od wielkości gałeczek i temperatur pomiaru

Fig. 6. Heating time of potato starch layer depending on starch fractions and range of temperatures

WNIOSKI

1. Różnice w budowie cząsteczek skrobiowych wynikające z botanicznego pochodzenia skrobi mają wpływ na przewodzenie ciepła przez te skrobie.
2. Najszybciej ciepło przenikało przez warstwę skrobi ryżowej, najwolniej przez warstwę skrobi ziemniaczanej i pszennej.
3. Przewodność cieplna skrobi ziemniaczanej rozsortowanej na frakcje różniące się wielkością gałeczek charakteryzuje się zmiennością wyników i znacząco uzależniona jest od wilgotności badanego materiału.

LITERATURA

- Drauzas A. E., Saravacos G. D. 1988. Effective Thermal Conductivity of Granular Starch Materials. *Journal of Food Science* 53, 6: 1795 — 1799.
- Eliasson A. C., Gudmundsson M. 1996. Starch: physicochemical and functional aspects, Carbohydrates in food, Marcel Dekker INC., New York, Basel, Hong Kong: 431 — 503.
- Jane J., Kasemsuwan T., Leas S., I. A. A., Zobel H., I. L. D., Robyt J. F. 1994. Anthology of Starch Granule Morphology by Scanning Electron Microscopy, *Starch/Stärke* 46, 4: 121 — 129.
- Jane J., 1996. Struktura gałeczek skrobiowych. Materiały VII Międzynarodowej Konferencji Skrobiowej, Kraków 12–14 czerwca 1996: 207 — 215.
- Jeng-Yune L., An I. 2001. Relationship between thermal, rheological characteristics and swelling power for various starches. *Journal of Food Engineering* 50: 141 — 148.
- Jianjun W., Hayakawa K. I. 1993. Thermal conductivities of starch gels at high temperatures influenced by moisture. *Journal of Food Science* 58, 4: 884 — 887.
- Kaur L., Singh J., McCarthy O. J., Singh H. 2007. Physico- chemical, rheological and structural properties of fractioned potato starches. *Journal of Food Engineering* 82: 383 — 394.
- Kulesza J. 1993. Pomiary cieplne. Warszawa, WNT.
- Leszczyński W., Golachowski A. 1995. Właściwości skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości gałeczek. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Technologia Żywności IX* (281): 19 — 29.
- Leszczyński W. 2001. Zróżnicowane właściwości skrobi. *Przemysł Spożywczy* 55 (3): 38 — 39.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 500: 69 — 98.
- Lim S. T., Jane J. L., Rajagapalan S., Seib P. A. 1992. Effect of starch granule size on physical properties of starch-filled polyethylene film. *Biotechnology Progress* 8: 51 — 57.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato science and technology*. Elsevier Applied Science, London and New York.
- Singh N., Singh J., Kaur L., Singh Sodhi N., Singh Gill B. 2003. Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources. *Food Chemistry* 81: 219 — 231.
- Singh N., Kaur L., Singh Sandhu K., Kaur J., Nishinari K. 2006. Relationships between physicochemical, morphological, thermal, rheological properties of rice starches. *Food Hydrocolloids* 20: 523 — 542.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A. 2010 a. Określenie przydatności przesiewacza AS 200 firmy Retch do frakcjonowania skrobi ziemniaczanej. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 319 — 330.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A., Drożdż W., Boruckowska H., Boruckowski T., Zdybel E. 2010 b. Właściwości skrobi ziemniaczanej rozsortowanej z zastosowaniem sit. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 331 — 343.

EWA TOMASZEWSKA-CIOSK**ANTONI GOLACHOWSKI****WIOLETTA DROŹDŹ****HANNA BORUCZKOWSKA****EWA ZDYBEL**

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wpływ warunków przechowywania na właściwości ekstrudowanych preparatów skrobi ziemniaczanej i kaolinu

The influence of storage conditions on the properties of extruded potato starch and kaolin

Celem pracy było określenie czasu i warunków przechowywania na właściwości ekstrudatów otrzymanych ze skrobi oraz mieszaniny skrobi i kaolinu. Skrobię ziemniaczaną oraz mieszaninę skrobi ziemniaczanej i kaolinu w ilości 50% poddano procesowi ekstruzji w jednoślismakowym ekstruderze firmy Brabeder – typ 20DN. Wytworzone preparaty przechowywano w komorze suszarniczej oraz w komorze klimatycznej przez okres: 1, 3, 6, 9, 14 i 21 dni. Po tym czasie w ekstrudatach określono: zawartość wody, stopień ekspansji, odkształcenie przy złamaniu oraz moment gnący. Właściwości preparatów różniły się w zależności od rodzaju ekstrudowanej mieszanki oraz czasu i warunków przechowywania. Ekstrudaty wytworzone z mieszanki z dodatkiem kaolinu charakteryzowały się mniejszą ekspansją, mniejszym pochłanianiem wilgoci oraz mniejszym odkształceniem w chwili złamania i mniejszym momentem gnącym w porównaniu z ekstrudatami wytworzonymi z naturalnej skrobi ziemniaczanej. Preparaty przechowywane w warunkach większej wilgotności odznaczały się większym stopniem ekspansji oraz mniejszym odkształceniem i mniejszym momentem gnącym w stosunku do preparatów przechowywanych w niższej wilgotności.

Słowa kluczowe: ekstruzja, kaolin, skrobia ziemniaczana, tworzywa biodegradowalne

The purpose of the work was to determine the properties of extrudates obtained from potato starch and potato starch with kaolin addition during storage in different conditions. The starch was subjected to extrusion process in a single screw laboratory Brabender extruder (of 20DN type). The extruded starch was stored in drier chamber and controlled environment chamber. Storage periods were defined as follows: 1, 3, 6, 9, 14 and 21 days. After this time, we determined: moisture content, expansion ratio, elongation at breaking and bending moment in prepared samples. The properties of extrudates were different and depended on the kind of extruded starch, time and conditions of storage. Extrudates produced from starch with kaolin were characterized with lower expansion ratio, lower water adsorption, lower elongation at breaking and bending moment in comparison to extrudates produced

using native potato starch only. Extruded starch stored in higher moisture showed higher expansion, lower elongation and lower bending moment in comparison to that stored in lower moisture.

Key words: biodegradable materials, extrusion, kaolin, potato starch

WSTĘP

W ostatnich 30 latach produkcja skrobi na świecie wzrosła ponad 5-krotnie, osiągając w 2007 roku około 55 mln ton. Wzrost zapotrzebowania na skrobię i zwiększenie jej produkcji jest spowodowane bardzo szerokim zakresem zastosowania skrobi zarówno w przemyśle spożywczym, jak i w wielu innych gałęziach przemysłu, m.in. papierniczym, włókienniczym, farmaceutycznym, kosmetycznym.

Skrobia naturalna, nieprzetworzona, jest użytkowana w niewielkim stopniu. Większość skrobi, niezależnie od jej pochodzenia botanicznego, jest poddawana modyfikacjom za pomocą czynników chemicznych, fizycznych lub enzymatycznych. Modyfikacje skrobi prowadzi się jedną metodą lub kombinacjami kilku w celu nadania jej korzystnych właściwości, odpowiednich do dalszego sposobu zużytkowania (Lesczyński, 2004).

Jednym ze sposobów modyfikowania skrobi metodą fizyczną jest ekstruzja. W procesie tym surowiec zostaje w krótkim czasie poddany działaniu sił mechanicznych, temperatury i ciśnienia. Podczas ekstrudowania skrobi dochodzi do jej skleikowania i częściowej hydrolizy. Ekstruzja powoduje naruszenie struktury gałeczek skrobiowych, zmiany w przestrzennej organizacji łańcuchów skrobiowych, zmianę stopnia jej krystaliczności oraz częściową molekularną degradację (Cheyne i in., 2005; Thymi i in., 2005). Proces ekstruzji zwiększa rozpuszczalność i wodochłonność skrobi (Śmietana i in., 1996), podatność na enzymy (Hagenimana i in., 2006) oraz zmniejsza lepkość (González i in., 2006). Zmiany tych właściwości spowodowane są m.in. przez niszczenie struktury krystalicznej oraz defragmentację łańcuchów skrobi podczas ekstruzji. Ciężar cząsteczkowy poszczególnych łańcuchów skrobi zmniejsza się w funkcji wykładniczej, wraz ze wzrostem właściwej energii mechanicznej — SME (ang. specific mechanical energy). Zarówno energia mechaniczna, jak i termiczna powodują niszczenie wiązań wodorowych pomiędzy sąsiednimi łańcuchami w strukturze skrobi oraz rozrywanie tych łańcuchów (Lai i in., 1991).

Preparaty skrobi modyfikowanej, w tym skrobi modyfikowanej metodą ekstruzji, są coraz częściej przedmiotem eksperymentów jako potencjalne materiały do produkcji tworzyw biodegradowalnych (Averous i in., 2004). Tworzywa z samej skrobi są jednak dość kruche i nieodporne na działanie wody. Wcześniejsze prace wielu autorów potwierdzają możliwość stworzenia różnego rodzaju tworzyw bazujących na polimerach syntetycznych, takich jak polietylen, polipropylen, polistyren, z dodatkiem skrobi modyfikowanych (Polnayal i in., 2012). Ze względu na ilość wprowadzonej skrobi do polimerów syntetycznych rozróżnia się tworzywa modyfikowane, w których skrobia stanowi 5-15% oraz tworzywa na bazie skrobi, w których zawartość skrobi stanowi 40-60%. Tworzywa takie nie ulegają wprawdzie całkowitej degradacji biologicznej, ale dzięki obecności skrobi prędkość tego procesu znacznie się zwiększa (Lesczyński, 1999). Z przeprowadzonych badań wynika, że wraz ze wzrostem zawartości skrobi w tworzywie

zwiększa się nie tylko stopień i tempo jego biodegradacji, ale jednocześnie następuje pogarszanie jego właściwości użytkowych (wytrzymałości na rozrywanie, rozciągliwości, odporności na wilgoć itp.) W celu wytworzenia tworzywa wytrzymałego mechanicznie i jednocześnie biodegradowalnego podjęto prace nad możliwością wzbogacenia tworzyw na bazie skrobi substancjami mineralnymi. W przeprowadzonych do tej pory badaniach (Golachowski i in., 2004) stwierdzono, że dodatek takich substancji jak np. talk, dolomit czy szkło wodne wyraźnie wpływa na poprawę właściwości mechanicznych i obniżenie wodochłonności oraz rozpuszczalności wytwarzanych mieszanin. Poprawa ta jednak nie jest na tyle duża, aby można było uzyskać preparaty, których właściwości mechaniczne i odporność na działanie wody byłyby porównywalne do tworzyw z polimerów syntetycznych. Tworzywa na bazie skrobi z dodatkami substancji mineralnych w chwili obecnej nie mogą całkowicie zastąpić stosowanych dziś polimerów syntetycznych, ale mogą być z powodzeniem użyte jako materiały do produkcji doniczek do sadzonek, pojemników na jajka, pudełek czy naczyń jednorazowego użytku (Czerniawski i in., 1998). W związku z tym konieczne jest określenie wpływu różnych warunków przechowywania na trwałość i właściwości takich tworzyw.

Celem pracy było określenie czasu oraz warunków przechowywania na wybrane właściwości ekstrudowanych preparatów otrzymanych ze skrobi ziemniaczanej oraz mieszaniny skrobi ziemniaczanej i kaolinu.

MATERIAŁ I METODY

Do badań użyto: skrobi ziemniaczanej wyprodukowanej w Przedsiębiorstwie Przemysłu Ziemniaczanego S.A. w Niechlowie oraz kaolinu KOWS wyprodukowanego przez kopalnię Surowców Mineralnych Surmin — Kaolin S.A. w Nowogrodźcu; (przeciętny skład chemiczny kaolinu KOWS: SiO_2 — 51,4%; Al_2O_3 — 34,4%; Fe_2O_3 — 0,51%; TiO_2 — 0,50%; CaO — 0,07%; MgO — 0,12%; Na_2O — 0,02%; K_2O — 0,64%; P_2O_5 — 0,15%; BaO — 0,01%; Fe_2O_3 — 0,11% rozpuszczalne w kwasach; CuO — 0,0003% rozpuszczalne w kwasach; MnO — 0,004% rozpuszczalne w kwasach; udział cząstek o średnicy powyżej 45 μm — 0,03%, poniżej 15 μm — 99%, poniżej 2 μm — 62%).

Skrobię ziemniaczaną oraz mieszaninę skrobi ziemniaczanej z kaolinem w ilości 50% (w przeliczeniu na suchą masę) doprowadzano do wilgotności 25%. Próby umieszczono w szczelnie zamkniętych workach foliowych i kondycjonowano w temperaturze 25°C przez 24 godziny. Bezpośrednio przed procesem ekstruzji próby mieszano. Ekstruzję przeprowadzono w jednoślindakowym ekstruderze firmy Brabeder — typ 20DN, stosując ślimak o stopniu sprężenia 2:1 i okrągłą dyszę o średnicy 3 mm. Obroty ślimaka wynosiły 80 obr/min., a podajnika 35 obr/min. Temperatura w poszczególnych sekcjach wynosiła: I sekcja — 50°C, II sekcja — 60°C, głowica — 70°C. Wytworzone preparaty przechowywano w temperaturze 25°C w komorze suszącej z owiewem oraz w komorze klimatycznej o wilgotności powietrza 90% przez okres: 1, 3, 6, 9, 14 i 21 dni.

W preparatach po przechowywaniu oznaczano:

— zawartość wody,

- stopień ekspansji — jako stosunek masy ekstrudatu do jego objętości,
- właściwości mechaniczne.

Pomiar właściwości mechanicznych przeprowadzono przy pomocy urządzenia wytrzymałościowego Instron 5544 z zastosowaniem przystawki Bend Fixture. Głowica z ramieniem tnącym podczas wykonywania testów przesuwała się z prędkością 4,5 mm/min, a jej obciążenie wynosiło 2 kN. Odległość pomiędzy punktami podparcia badanych ekstrudatów ustalono jako 25,44 mm. W trakcie trwania pomiaru wartość siły działającej na ekstrudaty była zapisywana z częstotliwością 16,7 s⁻¹. Na podstawie otrzymanych wykresów wytrzymałościowych wyznaczono: odkształcenie przy złamaniu oraz minimalną siłę niezbędną do złamania, a następnie obliczono moment gnący.

Moment gnący obliczono według wzoru:

$$M_g = \frac{(y - x) \cdot F_{\min} \cdot x}{y}$$

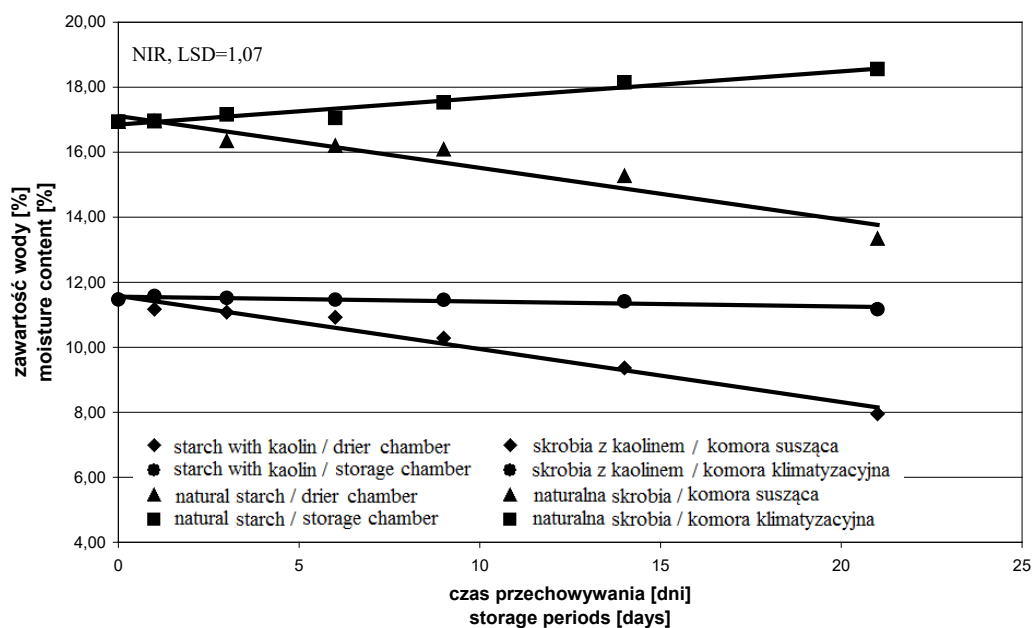
gdzie:

M_g — moment gnący (Nm), y — odległość pomiędzy punktami podparcia (m), x — długość krótszego fragmentu ekstrudatu (m), $F_{\min}$ — minimalna siła niezbędna do zniszczenia ekstrudatu (N)

Otrzymane wyniki analiz poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu programu Statistica v. 10.0. Przeprowadzono jednokierunkową i trzyczynnikową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Duncana przy poziomie ufności $p \leq 0,05$.

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

Wilgotność ekstrudatów zależała od dodatku do skrobi kaolinu, warunków oraz czasu przechowywania i wahała się w przedziale 7,95%–18,56% (rys. 1). Zdolność chłonięcia wody przez ekstrudaty wytworzone z mieszaniny skrobi naturalnej i kaolinu była niższa (10,88%) niż ekstrudatów wytworzonych tylko ze skrobi (16,68%). Podczas przechowywania ekstrudatów w suszarce zaobserwowano znaczące obniżenie zawartości wody zarówno w ekstrudatach wytworzonych z samej skrobi, jak i z mieszanki skrobi z kaolinem. Przechowywanie preparatów w komorze klimatycznej powodowało zwiększenie ilości wody w nich zawartej, ale tylko w przypadku ekstrudatów wytworzonych z skrobi bez dodatku kaolinu. W przypadku ekstrudatów wytworzonych ze skrobi z dodatkiem kaolinu nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian zawartości wody w czasie przechowywania w warunkach dużej wilgotności. Zjawisko to można wytłumaczyć bardzo dobrą dyspersją nierozpuszczalnego kaolinu w wytworzonym produkcie. W procesie ekstruzji skrobi z kaolinem powstaje kompozyt o jednorodnej strukturze, która w wyniku obecności glinokrzemianu nabiera bardziej hydrofobowego charakteru, co ogranicza zdolność pochłaniania wody (Tharanathan, 2005; Mbey i in., 2012).



Rys. 1. Zawartość wody w ekstrudowanych preparatach skrobi ziemniaczanej w zależności od czasu oraz warunków przechowywania

Fig. 1. Moisture content of extruded potato starch, depending on time and conditions of storage

Tabela 1

Stopień ekspansji ekstrudatów wytworzonych z naturalnej skrobi ziemniaczanej i z mieszanin naturalnej skrobi ziemniaczanej z kaolinem

The expansion ratio of extruded native potato starch and native potato starch with kaolin

Rodzaj skrobi The kind of starch	Warunki przechowywania Storage conditions	Czas przechowywania The time of storage							Średnia (rodzaj skrobi) Average (the kind of starch)	Średnia (warunki przechowywania) Average (storage conditions)
		0	1	3	6	9	14	21		
Skrobia ziemniaczana naturalna	komora susząca drying chamber	1,68	1,63	1,64	1,64	1,57	1,64	1,60	1,68	1,43
Natural potato starch	klimatyzacyjna climatic chamber	1,68	1,71	1,66	1,75	1,75	1,75	1,76		
Skrobia ziemniaczana z kaolinem	komora susząca drying chamber	1,26	1,24	1,23	1,20	1,23	1,20	1,22	1,23	1,48
Natural potato starch with kaolin	klimatyzacyjna climatic chamber	1,26	1,24	1,26	1,24	1,23	1,24	1,23		
Średnia (czas) Average (the time)		1,47	1,46	1,45	1,46	1,44	1,46	1,45	NIR, LSD = 0,08	

Stopień ekspansji jest wielkością, która zależy od: parametrów ekstrudera (np. rodzaju i wielkości zastosowanej dyszy, ślimaka), od parametrów procesu ekstruzji (np. temperatury procesu, prędkości obrotowej ślimaka i szybkości podawania materiału), a także od składu ekstrudowanej mieszanki (Tomaszewska-Ciosk i in., 2009). Jak wynika z danych przedstawionych w tabeli 1. stopień ekspansji uzyskanych ekstrudatów zawierał się w przedziale od 1,20 do 1,76 i zależał od składu ekstrudowanego materiału oraz od warunków przechowywania. Ekstrudaty wytworzone z mieszaniny skrobi z kaolinem cechowały się znacznie niższą ekspansją (1,23) w porównaniu do ekstrudatów wytworzonych z skrobi naturalnej (1,68). Kaolin podczas procesu ekstruzji nie ulega uplastycznieniu, dlatego jego dodatek do skrobi skutkuje obniżeniem lepkości ekstrudowanej mieszaniny i w konsekwencji prowadzi do obniżenia ekspansji gotowego produktu. Wcześniejsze badania wskazują, że stopień ekspansji ekstrudatów wytworzonych z mieszaniny zawierającej 10–20% kaolinu w warunkach niskotemperaturowej ekstruzji był zbliżony do wyników uzyskanych w ekstrudatach z skrobi bez dodatków, przy wyższych udziałach kaolinu (ponad 20%) stopień ekspansji ulegał obniżeniu (Drożdż i in., 2004). Bhatnagar i Hanna (1996) stwierdzają również, że większe dodatki innych substancji mineralnych (talku) wpływały na wyraźne obniżenie stopnia ekspansji ekstrudatów.

Z danych zawartych w tabeli 2 i 3 wynika, że właściwości mechaniczne badanych ekstrudatów (odkształcenie i moment gnący) zależały od dodatku do skrobi kaolinu, warunków oraz czasu przechowywania.

Tabela 2

Wartość odkształcenia przy złamaniu ekstrudatów wytworzonych z naturalnej skrobi ziemniaczanej i z mieszanin naturalnej skrobi ziemniaczanej z kaolinem

The elongation of extruded native potato starch and native potato starch with kaolin at breaking

Rodzaj skrobi The kind of starch	Warunki przechowywania Storage conditions	Czas przechowywania The time of storage							Średnia (rodzaj skrobi) Average (the kind of starch)	Średnia (warunki przechowywania) Average (storage conditions)
		0	1	3	6	9	14	21		
Skrobia ziemniaczana	komora susząca drying chamber	4,04	8,04	10,01	11,49	12,42	14,32	17,03	10,22	8,43
naturalna	komora									
Natural potato starch	klimatyzacyjna climatic chamber	4,04	7,04	8,24	10,09	11,35	12,36	12,60	NIR, LSD = 0,84	NIR, LSD = 1,15
Skrobia ziemniaczana z kaolinem	komora susząca drying chamber	1,98	4,09	5,92	5,23	6,49	8,36	8,60		
Natural potato starch with kaolin	komora								4,86	6,65
	klimatyzacyjna climatic chamber	1,98	2,94	3,78	3,31	4,43	5,39	5,47		
Skrobia naturalna	susząca drier		5,53	6,99	7,53	8,67	10,11	10,92	NIR. LSD =0.97	
Natural starch										

Odkształcenie przy złamaniu ekstrudatów wytworzonych z mieszaniny skrobi naturalnej i kaolinu było ponad 2-krotnie niższe (4,83) niż ekstrudatów wytworzonych tylko ze skrobi naturalnej (10,22). Podobną tendencją charakteryzowała się wartość momentu gnącego.

Podczas przechowywania ekstrudatów w komorze suszącej zaobserwowano zwiększenie wartości odkształcenia przy złamaniu i momentu gnącego w porównaniu z wartościami tych parametrów otrzymanych w ekstrudatach przechowywanych w warunkach dużej wilgotności.

Tabela 3

Wartość momentu gnącego ekstrudatów wytworzonych z naturalnej skrobi ziemniaczanej i z mieszanin naturalnej skrobi ziemniaczanej z kaolinem

The bending moments of extruded native potato starch and native potato starch with kaolin

Rodzaj skrobi The kind of starch	Warunki przechowywania Storage conditions	Czas przechowywania The time of storage							Średnia (rodzaj skrobi) Average (the kind of starch)	Średnia (warunki przechowywania) Average (storage conditions)
		0	1	3	6	9	14	21		
Skrobia ziemniaczana naturalna	Komora susząca drying chamber	33,45	43,77	65,16	92,10	83,91	114,67	121,34	76,01	67,89
Natural potato starch	komora klimatyzacyjna climatic chamber	33,45	40,57	69,23	82,69	79,01	95,09	109,71		
Skrobia ziemniaczana z kaolinem	komora susząca drying chamber	20,03	38,67	55,98	65,98	64,42	71,12	79,80	NIR, LSD = 8,39	NIR, LSD = 7,07
Natural potato starch with kaolin	komora klimatyzacyjna climatic chamber	20,03	30,97	47,32	50,88	58,05	57,90	72,45		
Średnia (czas) Average (the time)		26,74	38,50	59,42	72,91	71,35	84,70	95,83		
		NIR, LSD = 10,02								

Wyniki przeprowadzonej analizy statystycznej potwierdzają także istotny wpływ czasu przechowywania na właściwości mechaniczne uzyskanych ekstrudatów.

Moment gnący preparatów i ich odkształcenie przy złamaniu po 21 dniach przechowywania wzrosły ponad 3-krotnie. Podobne wyniki otrzymali również Drożdż i Gołachowski (2004). Wytworzone w ich pracy ekstrudaty z dodatkiem kaolinu były bardziej kruche niż ekstrudaty wytworzone ze skrobi ziemniaczanej bez dodatku kaolinu i pękały po przyłożeniu naprężenia rzędu kilku MPa (Drożdż i in., 2004). Inne wyniki otrzymali Carvalho i in. (2001), którzy ekstrudowali skrobię z dodatkiem kaolinu w obecności glicerolu. Preparaty wytworzone w takich warunkach charakteryzowały się zwiększeniem właściwości mechanicznych w próbach z udziałem kaolinu (Carvalho i in., 2001). Powyższe rozbieżności są spowodowane różnicami w składzie ekstrudowanych mieszanin. Efekt jaki wywiera dodatek kaolinu na właściwości mechaniczne może być całkowicie odmienny w zależności od rodzaju zastosowanego w eksperymencie plastyfikatora (Azwar i in., 2012). Podczas przechowywania w komorze klimatycznej powstały ekstrudaty charakteryzujące się bardziej delikatną, słabszą strukturą, w porównaniu do ekstrudatów przechowywanych w komorze suszącej. Obniżenie wartości mechanicznych ekstrudatów przechowywanych w warunkach dużej wilgotności prawdopodobnie jest powiązane z dużą absorpcją wody, częściowym rozpuszczeniem zdestrukturyzowanych łańcuchów i w konsekwencji rozluźnieniem struktury (Drożdż i in., 2010).

Tworzywa wytworzone na bazie skrobi z dodatkiem kaolinu charakteryzują się mniejszą wodochłonnością w porównaniu z tworzywami powstałymi ze skrobi naturalnej ziemniaczanej i mogą z powodzeniem zastąpić polimery syntetyczne w niektórych zastosowaniach (np. do produkcji doniczek do sadzonek czy naczyń jednorazowego użytku). W związku z obniżeniem właściwości mechanicznych i pogorszeniem ich wytrzymałości w trakcie przechowywania konieczne jest wzbogacenie ekstrudowanej mieszanki skrobi i kaolinu glicerolem. Związek ten będzie pełnił rolę plastyfikatora i prawdopodobnie znacząco poprawi właściwości mechaniczne.

WNIOSKI

1. Właściwości badanych preparatów różniły się w zależności od rodzaju ekstrudowanej mieszanki oraz czasu i warunków przechowywania.
2. Ekstrudaty wytworzone z mieszanki naturalnej skrobi ziemniaczanej z dodatkiem kaolinu charakteryzowały się mniejszą ekspansją, mniejszym pochłanianiem wilgoci oraz mniejszym odkształceniem w chwili złamania i mniejszym momentem gnącym w porównaniu z ekstrudatami wytworzonymi z naturalnej skrobi ziemniaczanej.
3. Preparaty przechowywane w warunkach większej wilgotności odznaczały się większym stopniem ekspansji, oraz mniejszym odkształceniem i mniejszym momentem gnącym w stosunku do preparatów przechowywanych w niższej wilgotności.
4. Wraz ze wzrostem czasu przechowywania wzrastała w ekstrudatach zawartość wody oraz odkształcenie przy złamaniu i moment gnący.

LITERATURA

- Averous L., Boquillon N. 2004. Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours, *Carbohydr. Polym.* 56, (2): 111 — 122.
- Azwar E., Hakkarainen M. 2012. Tuning the mechanical properties of tapioca starch by plasticizers, *Inorganic Fillers and Agrowaste-Based Fillers*, ISRN Polymer Science, ID 463298.
- Bhatnagar S., Hanna M. A. 1996. Effect of talc on properties of corn starch extrudates. *Starch — Stärke* 48, (3): 94 — 101.
- Carvalho A. J. F., Curvelo A. A. S., and Agnelli J. A. M. 2001. A first insight on composites of thermoplastic starch and kaolin. *Carbohydr. Polym.* 45: 189 — 194.
- Cheyne A., Barnes J., Gedney S., Wilson D. I. 2005. Extrusion behaviour of cohesive potato starch pastes: II. Microstructure — process interactions, *J. Food Eng.* 66: 13 — 24.
- Czerniawski B., Michniewicz J. 1998. *Opakowania żywności*. Wydawnictwo Agro Food Technology: 927 — 931.
- Drożdż W., Golachowski A. 2004. The properties of extrudates produced from potato starch with an addition of kaolin. In: *Starch: From starch containing sources to isolation of starches and their applications*. Nova Science Publishers, Inc. New York: 231 — 239.
- Drożdż W., Boruckowski T., Tomaszewska-Ciosk E., Boruckowska H., Zdybel E. 2010. The characteristics of extruded starch capsules for yeast immobilization. *Osiągnięcia Naukowo-Techniczne w Słodownictwie i Browarnictwie*: 214 — 224.
- Golachowski A., Tokarczyk A., Tomaszewska-Ciosk E., Zięba T., Figiel A. 2004. Właściwości skrobi ekstrudowanej z dodatkiem szkła wodnego, *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, 500: 547 — 556.

- González R., J., Torres R. J., Greef D. M., Guadalupe B. A. 2006. Effects of extrusion conditions and structural characteristics on melt viscosity of starchy materials, *J. Food Eng.* 74, 96 — 107.
- Hagenimana A., Ding X., Fang T., 2006, Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking, *J. Cereal Sci.*, 43: 38 — 46.
- Lai L. S., Kokini J. L. 1991. Physicochemical changes and rheological properties of starch during extrusion (a review). *Biotechnol. Prog.* 7, 251 — 266.
- Leszczyński W. 1999. Biodegradowalne tworzywa opakowaniowe. *Biotechnologia* 2: 50 — 61.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, zeszyt 500: 69 — 98.
- Mbey J. A., Hoppe S., Thomas F. 2012. Cassava starch-kaolinite composite film. Effect of clay content and clay modification on film properties. *Carbohydr. Polym.* 88, (1), 213 — 222.
- Polnayal F. J., Talahat J., Marseno H., Marseno D. W. 2012. Properties of biodegradable films from hydroxypropyl sago starches. *As. J. Food Ag-Ind.* 5, (03): 183 — 192.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Soral-Śmietana M., Świgoń J. 1996. Modification of potato starch by extrusion, *Acta Academiae Agriculturae AC Technicae Olstenensis, Technologia Alimentorum* 29: 3 — 13.
- Tharanathan R. N. 2005. Starch-value addition by modification, *Crit. Rev. Food Sci.*, 45, (5), 371 — 384
- Thymi S., Krokida M. K., Pappa A., Maroulis Z. B. 2005. Structural properties of extruded corn starch. *J. Food Eng.* 68: 519 — 526.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A., Boruckowska H. 2009. The properties of extrudates obtained from potato starch during one — and twofold extrusion process. In *Food Technology Operations, New Vistas. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu* Ed. by Kopeć W. Korzeniowska M.: 189 — 196.

EWA TOMASZEWSKA-CIOSK**TOMASZ BORUCZKOWSKI****EWA ZDYBEL****WIOLETTA DROŹDŹ****HANNA BORUCZKOWSKA**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania

Ocena przydatności preparatów skrobi ziemniaczanej ekstrudowanej do adsorpcji miedzi, ołowiu i cynku

Evaluation of extruded potato starch ability to adsorb cuprum, lead and zinc

Celem pracy było określenie zdolności skrobi ekstrudowanej do adsorpcji miedzi, ołowiu i cynku. Skrobię ziemniaczaną oraz jej mieszaninę z skrobią acetylowaną poddano procesowi ekstruzji w jednoślismakowym ekstruderze laboratoryjnym w trzech wariantach temperaturowych. Wytworzone ekstrudaty po godzinnym kondycjonowaniu w wodzie destylowanej umieszczano w roztworach jonów metali zawierających w litrze: A) 0,1 mg Cu, 0,1 mg Pb, 0,1 mg Zn; B) 1 mg Cu, 1 mg Pb, 1 mg Zn; C) 50 mg Cu, 50 mg Pb, 50 mg Zn; i przetrzymywano przez okres: 1, 5 i 10 dni. Po tym czasie oznaczano zawartość metali w ekstrudatach i ich właściwości mechaniczne. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że najwyższymi wartościami właściwości mechanicznych charakteryzowały się preparaty sporządzone ze skrobi naturalnej w najniższej temperaturze ekstruzji. Dodatek skrobi acetylowanej i zwiększenie temperatury procesu skutkowało obniżeniem właściwości mechanicznych badanych preparatów. Preparaty wytworzone w najniższej temperaturze ekstruzji nie ulegały zbryleniu ani deformacji w trakcie trwania eksperymentu. Najwięcej metali kumulowały ekstrudaty sporządzone z mieszanin skrobi naturalnej z 30% dodatkiem skrobi acetylowanej sporządzone w średniej temperaturze procesu ekstruzji.

Słowa kluczowe: ekstruzja, metale ciężkie, skrobia acetylowana

The purpose of the work was to determine properties of extruded starch with regard to the adsorption of a cuprum, lead and zinc. Potato starch and its mixture with acetylated starch were subjected to extrusion process in a single screw laboratory Brabender extruder (of 20DN type) at three temperature variants. The extruded starch was stored for 1 hour in distilled water and placed in three different ion solutions containing per 1 litre: A) 0.1 mg Cu, 0.1 mg Pb, 0.1 mg Zn; B) 1 mg Cu, 1 mg Pb, 1 mg Zn; C) 50 mg Cu, 50 mg Pb, 50 mg Zn and then stored again: 1, 5 and 10 days. After the mentioned time, mechanical properties and ions content were determined in prepared samples. The extrudates produced from potato starch at the lowest temperatures exhibited the highest mechanical properties. The addition of acetylated starch and the increase of processing temperature resulted in decrease of product's mechanical properties. The extrudates produced from potato starch at the lowest

temperatures were not affected by deformation neither agglomeration during experiment time. The extrudates produced from potato starch with 30% acetylated starch addition at the medium temperatures accumulated the highest concentration of ions.

Key words: acetylated starch, extrusion, heavy metals

WSTĘP

W wielu różnych gałęziach przemysłu, na różnych etapach produkcji (od pozyskiwania surowca do otrzymywania produktu końcowego) powstają odpady, ścieki, osady ściekowe odpady stałe, gazowe i inne. Szczególne zagrożenie stanowią ścieki przemysłowe zanieczyszczające zbiorniki wodne i gleby. Zawierają one często duże ilości bardzo toksycznych metali ciężkich. Metale z gleby, wody i powietrza zostają przyswajane przez rośliny i akumulują się w ich tkankach. W ten sposób metale są włączane do łańcucha pokarmowego, akumulując się na kolejnych jego szczeblach stanowią ogromne zagrożenie dla człowieka — ostatniego ogniwa łańcucha. Szczególnie niebezpieczne dla człowieka i innych organizmów żywych są: kadm, ołów, rtęć, nikiel i cynk dlatego zostały umieszczone w wykazie substancji priorytetowych w dziedzinie polityki wodnej w Ramowej Dyrektywie Wodnej.

Zróznicowany skład ścieków przemysłowych, powstałych w procesach technologicznych, wymaga zastosowania wielu różnych metod oczyszczania. Do najważniejszych metod usuwania i odzysku metali ze ścieków należą: strącenie chemiczne, adsorpcja, wymiana jonowa, ekstrakcja oraz procesy elektrodializy i odwróconej osmozy (Grabas, 2009). Adsorpcja jest rozważana jako tani, wydajny i efektywny proces. Najszerzej stosowanym adsorbentem w dzisiejszych czasach jest węgiel aktywny, ze względu na jego doskonałe właściwości sorpcyjne, jednak koszt jego zastosowania jest stosunkowo wysoki. Skłoniło to badaczy do poszukiwania nowych alternatyw dla węgla aktywnego, substancji które oprócz dobrych właściwości sorpcyjnych byłyby tanie ogólnodostępne i biodegradowalne. Wielu autorów prowadzi badania nad możliwością zastosowania polisacharydów np. celulozy, pochodnych chityny czy skrobi jako sorbentów w procesach oczyszczania ścieków z metali ciężkich (Kochanowski i in., 2003; Bratskaya i in., 2009).

W naturalnej skrobi ziemniaczanej amylopektyna jest częściowo zestryfikowana kwasem ortofosforowym (V). Jedna grupa fosforanowa przypada na ok. 200 reszt glukozowych (Blennow i in., 1998). Skrobia ziemniaczana ma więc właściwości słabego kwasu i jest wymiennikiem jonowym dlatego może wiązać różnego rodzaju kationy, w tym również metale ciężkie (Igura i in., 2012). Ponad 60% grup fosforanowych zlokalizowanych jest w tzw. łańcuchach „A” amylopektyny oraz w jej zewnętrznej części łańcuchów „B”, na ogół złożonych z 28–80 reszt glukozowych, ale nie krótszych niż 20 reszt glukozowych. W łańcuchach tych umiejscowione są one nie bliżej niż przy 9 reszcie glukozowej od rozgałęzienia łańcucha (Leszczyński, 2004). Ze względu na znacznie słabsze zdolności jonowymienne skrobi naturalnej w porównaniu z wieloma innymi polisacharydami w celu efektywnego zastosowania jej w procesach oczyszczania można poddać ją modyfikacjom. Istnieje wiele czynników, które mogą spowodować zwiększenie właściwości jonowymiennych skrobi, tak by mogła ona wiązać jeszcze większą ilość metali np. proces

estryfikacji (Kim i in., 1999; Crini, 2004; Yin i in., 2008). Poddając tak zmodyfikowaną skrobię (lub mieszanki modyfikowanej skrobi) procesowi ekstruzji można będzie prawdopodobnie otrzymać materiał, który będzie dobrym jonitem. W procesie ekstruzji skrobia zostaje poddana działaniu wysokiej temperatury, sił mechanicznych oraz ciśnienia i przekształcona w plastyczną masę. Opuszczając ekstruder skrobia silnie ekspanduje na skutek gwałtownego obniżenia ciśnienia i rozszerzania gazów w niej zawartych (np. pary wodnej). Powstaje produkt o charakterystycznym kształcie i porowatej strukturze (Thymi i in., 2005). Skrobia ekstrudowana cechuje się dobrymi właściwościami mechanicznymi m. in. wysoką wytrzymałością na ściskanie i zginięcie, dzięki czemu uzyskany produkt może posiadać odpowiednią stabilność mechaniczną (Tomaszewska-Ciosk i in., 2009). Jednocześnie skrobia ekstrudowana w obecności kwasów lub enzymów amylolitycznych może być łatwo i szybko zhydrolizowana do nietoksycznych dla środowiska produktów.

Celem pracy było określenie przydatności produktów wytworzonych na bazie skrobi ziemniaczanej w procesie ekstruzji do akumulacji jonów metali ciężkich z roztworów wodnych.

METODYKA

Do badań użyto skrobi ziemniaczanej wyprodukowanej w Przedsiębiorstwie Przemysłu Spożywczego „PEPES” w Łomży w 2010 roku oraz skrobi acetylowanej z przedsiębiorstwa „Hortimex” wyprodukowanej w 2010.

Naturalną skrobię ziemniaczaną oraz mieszaninę skrobi ziemniaczanej z skrobią acetylowaną w ilości 30% (w przeliczeniu na suchą masę) doprowadzano do wilgotności 25%. Próby umieszczono w szczelnie zamkniętych foliowych workach i kondycjonowano w temperaturze 25°C przez 24 godziny. Bezpośrednio przed procesem ekstruzji próby jeszcze raz mieszano. Ekstruzję przeprowadzono w jednoślindakowym ekstruderze firmy Brabeder typ 20DN stosując ślimak o stopniu sprężenia 2:1 i okrągłą dyszę o średnicy 3 mm. Obroty ślimaka wynosiły 90 obr./min. a podajnika 45 obr./min. Doświadczenie przeprowadzono w trzech wariantach temperaturowych, a wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1

Temperatury procesu ekstruzji
The temperatures of extrusion process

Wariant eksperymentu Experimental variant	Temperatury ekstruzji Extrusion temperature (°C)		
	I strefa, I zone	II strefa, II zone	III strefa, III zone
1	50	60	70
2	90	100	120
3	140	150	170

Natychmiast po opuszczeniu ekstrudera materiał formowano w postaci kul, umieszczano w wodzie destylowanej o temperaturze 20°C i przetrzymywano w tych warunkach przez 1 godzinę, cały czas mieszając. Po tym czasie preparaty umieszczano w roztworach jonów metali zawierających w 1 dm³: roztwór A) 0,1 mg Cu, 0,1 mg Pb, 0,1

mg Zn; roztwór B) 1 mg Cu, 1 mg Pb, 1 mg Zn; roztwór C) 50 mg Cu, 50 mg Pb, 50 mg Zn i przetrzymywano przez okres: 1, 5 i 10 dni. Po tym czasie oznaczano zawartość metali w preparatach z użyciem spektrometru absorpcji atomowej SpectraAA z przystawką do pracy w płomieniu AA240FS firmy Varian po wcześniejszej mikrofalowej mineralizacji prób w systemie MARS 5.

Pomiar właściwości mechanicznych przeprowadzono przy pomocy urządzenia wytrzymałościowego Instron 5544 z głowicą tensometryczną. Głowica przesuwała się z prędkością 3,0 mm/min a jej obciążenie wynosiło 100 N. W trakcie trwania pomiaru wartość siły działającej na ekstrudaty była zapisywana z częstotliwością $16,7 \cdot s^{-1}$. Na podstawie otrzymanych wykresów wytrzymałościowych wyznaczono odkształcenie oraz pracę niezbędną do pęknięcia kuli.

Pracę niszczącą obliczono według wzoru:

$$W = \int_0^{L_{\max}} F dL$$

gdzie: W — praca niszcząca (J), $L_{\max}$ — odkształcenie próby w momencie pęknięcia (m), L — odkształcenie próby (m), F — siła (N).

Otrzymane wyniki analiz poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu programu Statistica v. 10.0. Przeprowadzono jednokierunkową i czteroczynnikową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Duncana przy poziomie ufności $p \leq 0,05$.

OMÓWIENIE I DYSKUSJA WYNIKÓW

W badaniach przygotowano preparaty z naturalnej skrobi ziemniaczanej i mieszaniny naturalnej skrobi ziemniaczanej z skrobią acetylowaną w procesie ekstruzji przeprowadzonym w trzech wariantach temperaturowych. Bezpośrednio po procesie ekstruzji umieszczano ekstrudaty w wodzie destylowanej na 1 godzinę, aby otrzymać odpowiednią strukturę. Po tym czasie zaobserwowano, że preparaty wytworzone w dwóch niższych wariantach temperaturowych (wariant 1 i 2) zachowały swój pierwotny kształt kul i charakteryzowały się odpowiednią elastycznością oraz trwałością, co pozwoliło wykorzystać je w dalszej części eksperymentu. Ekstrudaty powstałe w warunkach wysokotemperaturowej ekstruzji (wariant 3) po upływie godziny w bardzo dużym stopniu zostały zdeformowane i zbryliły się w jedną bezkształtną masę. W trakcie procesu ekstruzji skrobia traci swoją naturalną strukturę krystaliczną, ulega częściowej molekularnej degradacji i przechodzi w formę żelowaną. Za zmiany rozpuszczalności preparatów po procesie ekstruzji odpowiadają wspólnie wszystkie parametry związane zarówno z surowcem, jak i z geometrią ekstrudera. Czynnikiem, które mają największy wpływ na rozpuszczalność preparatów są te parametry, które determinują czas przebywania materiału wewnątrz ekstrudera w tym temperatura procesu (Ganjyal i in., 2004). Duża rozpuszczalność w wodzie preparatów

wytworzonych w najwyższej temperaturze (wariant 3) uniemożliwia wytworzenie z nich trwałych i efektywnych sorbentów, co eliminuje je z dalszej części doświadczenia.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabelach 2, 3 i 4, zawartość jonów metali ciężkich w ekstrudatach wahała się granicach: 0,020–3,065 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 0,018–2,886 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 0,019–2,950 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów} i zależała od temperatury ekstruzji, składu ekstrudowanej mieszanki, stężenia jonów metali w roztworze oraz czasu przetrzymywania. Najwyższą zawartością metali odznaczały się preparaty wytworzone z mieszaniny skrobi naturalnej i acetylowanej, które pochłaniały nawet do 17% więcej jonów metali w stosunku do preparatów wytworzonych ze skrobi naturalnej. Zjawisko to można wytłumaczyć mniejszą ilością grup funkcyjnych w skrobi naturalnej w porównaniu do skrobi modyfikowanych chemicznie (Kweon i in., 2001). Wiele skrobi modyfikowanych w tym skrobia acetylowana charakteryzuje się hydrofobowym charakterem przyłączonych grup. Charakter grup modyfikowanych ma wpływ na efektywność procesu adsorpcji oraz na typ wytworzonego kompleksu z jonami metali. Jony metali tworzą z cząsteczkami o charakterze polarnym kompleksy oktaedryczne lub tetragonalne, z udziałem atomów tlenu grup karboksylowych lub hydroksylowych. W przypadku skrobi estryfikowanych otrzymuje się kompleksy o charakterze oktaedrycznym, wytworzone przez dwa atomy tlenu z grup hydroksylowych i cztery cząsteczki wody (Śmigielska i in., 2007).

Tabela 2

Zawartość jonów miedzi adsorbowanych w ekstrudatach (mg/kg)
Content of cuprum ions adsorbed in extrudates (mg/kg)

Temperatury procesu ekstruzji Temperatures of extrusion process	Czas Time	Rodzaj skrobi Kind of starch						Średnia (temperatura ekstruzji) Average (temperature of extrusion)	Średnia (czas) Average (time)
		skrobia naturalna ziemniaczana natural potato starch			skrobia ziemniaczana + 30 % skrobi ziemniaczanej acetylowanej natural potato starch + 30% acetylated potato starch				
		rodzaj roztworu kind of solution							
A	B	C	A	B	C				
50°C–60°C–70°C	1	0,020	0,223	0,915	0,023	0,270	1,107	0,764 NIR, LSD = 0,077	0,483 NIR, LSD = 0,131
	5	0,031	0,298	1,987	0,037	0,311	2,414		
	10	0,035	0,313	2,424	0,043	0,379	2,933		
90°C–100°C–120°C	1	0,036	0,195	1,243	0,034	0,232	1,504	0,863	1,087
	5	0,049	0,374	2,044	0,050	0,393	2,473		
	10	0,051	0,400	2,864	0,054	0,483	3,065		
Średnia (rodzaj skrobi) Average (kind of starch)		0,750			0,878				
Średnia (rodzaj roztworu) Average (kind of solution)		0,039			0,322			2,081	
					NIR, LSD = 0,061				
					NIR, LSD = 0,113				

Tabela 3

Zawartość jonów ołowiu adsorbowanych w ekstrudatach (mg/kg)
Content of lead ions adsorbed in extrudates (mg/kg)

Temperature procesu ekstruzji Temperatures of extrusion process	Czas Time	Rodzaj skrobi Kind of starch						Średnia (temperatura ekstruzji) Average (the temperature of extrusion)	Średnia (czas) Average (time)
		skrobia naturalna ziemniaczana natural potato starch			skrobia ziemniaczana + 30 % skrobi ziemniaczanej acetylowanej natural potato starch + 30% acetylated potato starch				
		rodzaj roztworu kind of solution							
		A	B	C	A	B	C		
50°C-60°C-70°C	1	0,019	0,361	1,577	0,018	0,351	1,664	0,873 NIR, LSD = 0,069	0,761 NIR, LSD = 0,130
	5	0,026	0,401	2,181	0,028	0,401	2,321		
	10	0,031	0,428	2,583	0,033	0,423	2,703		
90°C-100°C-120°C	1	0,047	0,433	1,990	0,048	0,457	2,009	0,968	1,092
	5	0,053	0,477	2,169	0,052	0,499	2,288		
	10	0,060	0,585	2,736	0,063	0,577	2,886		
Średnia (rodzaj skrobi) Average (kind of starch)		0,898			0,944				
Średnia (rodzaj roztworu) Average (kind of solution)		0,053			0,449			2,259	
		NIR, LSD = 0,127							

Tabela 4

Zawartość jonów cynku adsorbowanych w ekstrudatach (mg/kg)
Content of zinc ions adsorbed in extrudates (mg/kg)

Temperature procesu ekstruzji Temperatures of extrusion process	Czas Time	Rodzaj skrobi Kind of starch						Średnia (temperatura ekstruzji) Average (temperature of extrusion)	Średnia (czas) Average (time)
		skrobia naturalna ziemniaczana natural potato starch			skrobia ziemniaczana + 30 % skrobi ziemniaczanej acetylowanej natural potato starch + 30% acetylated potato starch				
		rodzaj roztworu kind of solution							
A	B	C	A	B	C				
50°C–60°C–70°C	1	0,028	0,317	1,289	0,033	0,312	1,347	0,862 NIR, LSD = 0,066	0,542 NIR, LSD = 0,109
	5	0,044	0,431	2,093	0,051	0,485	2,071		
	10	0,078	0,573	2,732	0,078	0,611	2,950		
90°C–100°C–120°C	1	0,019	0,202	1,331	0,020	0,227	1,384	0,967	1,217
	5	0,019	0,405	2,875	0,020	0,418	2,893		
	10	0,024	0,552	3,185	0,023	0,517	3,284		
Średnia (rodzaj skrobi) Average (kind of starch)		0,899			0,930				
Średnia (rodzaj roztworu) Average (kind of solution)		0,036			0,421			2,286	
		NIR. LSD=0,097							

Analizując wpływ temperatury ekstruzji na zawartość jonów stwierdzono, że preparaty wytworzone w średniej temperaturze ekstruzji charakteryzowały się istotnie statystycznie wyższymi wartościami adsorpcji jonów wszystkich 3 badanych metali (0,863 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 0,968 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 0,967 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów}) w porównaniu do

preparatów wytworzonych podczas ekstruzji niskotemperaturowej (0,764 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 0,873 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 0,862 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów}). Różnica ta jest prawdopodobnie spowodowana większą dostępnością odsłoniętych grup tworzących kompleksy z metalami, która powstaje w wyniku wzrostu porowatości preparatów wytworzonych w wyższej temperaturze. Podczas procesu ekstruzji znajdujące się w ekstrudowanym materiale płyny na skutek wzrastającej temperatury i ciśnienia zwiększają swoją prężność pary. W momencie opuszczenia ekstrudera zgodnie z prawem Clapeyrona w wyniku gwałtownego przejścia materiału do obszaru o niższym ciśnieniu dochodzi do wzrostu ciśnienia pary wodnej znajdującej się wewnątrz ekstrudatów i do bardzo szybkiego jej rozprężenia. Powoduje to wytworzenie w elastycznym materiale powiększających się pęcherzyków powietrza, które powodują rozciąganie ekstrudatów. Ostateczne wymiary powstałych w ekstrudatach „banieczek” powietrza i porowatości preparatów są tym większe im większa była temperatura i ciśnienie w ekstruderze (Valle i in., 1997; Ganjyal i in., 2004).

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że zastosowany rodzaj roztworu jonów metali również miał istotny wpływ na wartość adsorpcji badanych w doświadczeniu pierwiastków. W każdym z badanych preparatów zawartość jonów metali wzrastała wraz ze wzrastającym stężeniem metali w zastosowanym roztworze w zakresie od 0,039 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 0,053 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 0,036 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów} do 2,081 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 2,259 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 2,286 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów}. Podobne wyniki uzyskali również Biegańska i Cierpiszewski (2010) w swych badaniach nad zastosowaniem celulozy i kory wierzby *Salix americana* do adsorpcji miedzi z roztworów wodnych. Wzrost adsorpcji jonów metali wraz ze zwiększeniem ich stężenia w roztworze tłumaczy równanie kinetyczne reakcji chemicznej i jest związane ze wzrostem szybkości reakcji.

Zaobserwowano wzrost kumulacji metali w preparatach wraz z upływem czasu przetrzymywania i adsorpcji jonów z roztworów. Największe przyrosty związanych metali w preparatach uzyskano w ekstrudatach przetrzymywanych w roztworach przez 1 dzień (0,483 mg_{Cu}/kg_{ekstrudatów}, 0,761 mg_{Pb}/kg_{ekstrudatów} i 0,542 mg_{Zn}/kg_{ekstrudatów}), co stanowiło nawet do ok. 60% całkowitej adsorpcji metali. Również Cervera i in. (2003) zaobserwowali podobną zależność, badając zdolności sorpcyjne chitozanu w stosunku do kadmu i chromu. W pierwszym okresie ich eksperymentu adsorpcja była najbardziej intensywna i wynosiła 77% całkowitej adsorpcji kadmu i 75% chromu.

Jak wynika z danych przedstawionych w tabelach 5 i 6 badane w pracy właściwości mechaniczne (praca niszcząca i odkształcenie) zależały od składu ekstrudowanej mieszanki i temperatury ekstruzji. Preparaty wytworzone ze skrobi naturalnej charakteryzowały się ponad dwukrotnie wyższą wartością pracy niszczącej w porównaniu z ekstrudatami wytworzonymi z mieszanki skrobi naturalnej z acetylowaną. Również odkształcenie przy zniszczeniu było znacznie wyższe w przypadku skrobi naturalnej. Badania innych autorów także potwierdzają słabsze właściwości mechaniczne ekstrudatów z skrobi acetylowanej i wskazują na fakt istnienia zależności pomiędzy właściwościami mechanicznymi a stopniem podstawienia skrobi acetylowanej. Acetylowana amyloza charakteryzuje się stosunkowo dobrymi właściwościami mechanicznymi, jednak liczne rozgałęzienia amylopektynowe znacznie osłabiają wartość badanych parametrów (Xu i in., 2005).

Tabela 5

Wartość odkształcenia przy zniszczeniu ekstrudatów (mm)
Elongation of extrudates at breaking (mm)

Temperature procesu ekstruzji Temperatures of extrusion process	Czas Time	Rodzaj skrobi Kind of starch						Średnia (temperatura ekstruzji) Average (temperature of extrusion)	Średnia (czas) Average (time)
		skrobia naturalna ziemniaczana natural potato starch			skrobia ziemniaczana + 30 % skrobi ziemniaczanej acetylowanej natural potato starch + 30% acetylated potato starch				
		rodzaj roztworu kind of solution							
A	B	C	A	B	C				
50°C–60°C–70°C	1	3,52	3,61	3,58	2,48	2,38	2,40	2,98 NIR, LSD = 1,37	2,07
	5	3,45	3,54	3,47	2,53	2,44	2,47		2,10 NIR, LSD = 0,92
	10	3,49	3,50	3,50	2,39	2,46	2,40		
90°C–100°C–120°C	1	1,61	1,58	1,49	0,70	0,74	0,77	1,17	2,05
	5	1,67	1,62	1,64	0,72	0,83	0,82		
	10	1,55	1,63	1,65	0,70	0,69	0,70		
Średnia (rodzaj skrobi) Average (kind of starch)		2,56			1,59				
Średnia (rodzaj roztworu) Average (kind of solution)		2,07			2,08			2,07	
					NIR, LSD=1,23				

Tabela 6

Wartość pracy niszczącej ekstrudatów (J)
Work of extrudates at breaking (J)

Temperatury procesu ekstruzji Temperatures of extrusion process	Czas Time	Rodzaj skrobi Kind of starch						Średnia (temperatura ekstruzji) Average (temperature of extrusion)	Średnia (czas) Average (time)
		skrobia naturalna ziemniaczana natural potato starch			skrobia ziemniaczana + 30 % skrobi ziemniaczanej acetylowanej natural potato starch + 30% acetylated potato starch				
		rodzaj roztworu kind of solution							
		A	B	C	A	B	C		
50°C–60°C–70°C	1	23,76	24,65	25,19	11,32	13,03	12,50	18,51	10,67
	5	25,94	23,96	25,00	13,21	11,92	12,96		
	10	26,83	25,11	24,28	10,75	11,00	11,74		
90°C–100°C–120°C	1	5,29	4,54	5,30	0,89	0,71	0,85	2,86	10,76
	5	4,40	4,89	4,92	0,58	0,64	0,66		
	10	5,23	5,26	5,04	0,74	0,90	0,75		
Średnia (rodzaj skrobi) Average (kind of starch)		14,98			6,39				
Średnia (rodzaj roztworu) Average (kind of solution)		10,74			10,55			10,76	
					NIR, LSD=10,12				

Analizując wpływ temperatury ekstruzji na właściwości mechaniczne stwierdzono, że preparaty wytworzone w średniej temperaturze ekstruzji charakteryzowały się istotnie niższymi statystycznie wartościami właściwości mechanicznych w porównaniu z preparatami wytworzonymi podczas ekstruzji niskotemperaturowej. Jak wykazują wcześniejsze

badania, skrobia poddana ekstruzji w niskich temperaturach wykazuje się znacznie słabszą rozpuszczalnością podczas przetrzymywania w środowisku wodnym niż skrobia poddana procesowi ekstruzji w wyższych temperaturach (Drożdż i in., 2010). Struktura ekstrudatów wytworzonych w średniej temperaturze ekstruzji (wariant II) ze względu na swoją większą rozpuszczalność ulegała znacznemu osłabieniu podczas przetrzymywania w wodnym roztworze jonów metali. Świadczyło o tym nie tylko zmniejszenie odkształcenia niszczącego i wartości pracy niezbędnej do zniszczenia ekstrudatów, ale też wyraźna deformacja kształtu ekstrudatów postępująca wraz z upływem czasu.

Oslabienie struktury i właściwości mechanicznych skrobi ekstrudowanej w średniej temperaturze skutkuje koniecznością wyeliminowania tych preparatów z dalszych badań, pomimo ich niewątpliwie dużych możliwości adsorpcji metali. Możliwym do zastosowania adsorbentem, który charakteryzuje się dużą wytrzymałością mechaniczną oraz dobrymi właściwościami adsorpcji jonów miedzi, cynku i ołowiu, może być preparat wytworzony w najniższej temperaturze ekstruzji z mieszanki skrobi ziemniaczanej i acetylowanej. Tanie koszty otrzymywania ekstrudowanych preparatów skrobi z dodatkiem skrobi acetylowanej, ich efektywność w adsorpcji metali ciężkich, dobre właściwości mechaniczne oraz brak toksyczności sprawiają, że mogą być one znakomitą alternatywą dla powszechnie stosowanych adsorbentów.

WNIOSKI

1. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że ekstrudaty wytworzone w dwóch niższych wariantach temperaturowych (50°C – 60°C – 70°C i 90°C – 100°C – 120°C) charakteryzowały się dużą trwałością w początkowej fazie eksperymentu, przy czym preparaty wytworzone w średniej temperaturze (90°C – 100°C – 120°C) w trakcie przetrzymywania w roztworach uległy deformacji i częściowemu zbryleniu. Natomiast preparaty stworzone w niskotemperaturowym procesie ekstruzji zachowały swoją pierwotną formę. Nie udało się wytworzyć trwałego nośnika skrobiowego w warunkach wysokotemperaturowej ekstruzji (140°C – 150°C – 170°C).
2. Najwyższymi wartościami właściwości mechanicznych charakteryzowały się preparaty sporządzone ze skrobi naturalnej w najniższej temperaturze ekstruzji. Dodatek skrobi acetylowanej i zwiększenie temperatury procesu skutkowało obniżeniem odkształcenia i pracy niezbędnej do zniszczenia preparatów. Oslabienie struktury i właściwości mechanicznych skrobi ekstrudowanej w średniej temperaturze uniemożliwia zastosowanie tych preparatów jako adsorbentów metali.
3. Najwięcej metali kumulowały ekstrudaty z mieszanin skrobi naturalnej z 30% dodatkiem skrobi acetylowanej sporządzone w średniej temperaturze procesu ekstruzji. Zjawisko to było najbardziej wyraźne w przypadku jonów miedzi.

LITERATURA

- Biegańska M., Cierpiszewski R. 2010. Wykorzystanie celulozy i kory wierzby *Salix americana* do adsorpcji miedzi z roztworów wodnych. *Proceedings of ECOpole 4*, (2): 313 — 317.
- Blennow A., Bay-Smidt A. M., Wischmann B., Olsen C. E., Møller B. L. 1998. The degree of starch phosphorylation is related to the chain length distribution of the neutral and phosphorylated chains of amylopectin *Carbohydr. Res.* 307: 45 — 54.
- Bratskaya S. Y., Pestov A. V., Yatluk Y. G., Awramenko V. A. 2009. Heavy metals removal by flocculation/precipitation using N-(2-carboxyethyl) chitosans. *Colloid Surface A.*, 339, (1–3): 140 — 144.
- Cervera M., Carmen A. M., Guardia M. 2003. Removal of heavy metals by using adsorption on alumina or chitosan. *Anal. Bioanal. Chem.* 375: 820 — 825.
- Crini G. 2004. Recent developments in polysaccharide-based material used as adsorbents in wastewater treatment. *Prog. Polym. Sci.* 30: 38 — 70.
- Drożdż W., Boruckowski T., Tomaszewska-Ciosk E., Boruckowska H., Zdybel E. 2010. The characteristics of extruded starch capsules for yeast immobilization. *Osiągnięcia Naukowo-Techniczne w Słodownictwie i Browarnictwie*: 214 — 224.
- Ganjyal G. M., Hanna M. A. 2004. Effects of extruder die nozzle dimensions on expansion and micrographic characterization during extrusion of acetylated starch. *Starch/Stärke* 56: 108 — 117.
- Grabas K. 2009. Usuwanie jonów metali ciężkich ze ścieków przemysłowych i wód nadosadowych ze stawu „Kowary” (powiat jeleniogórski). *Ochrona Środowiska*, 31, (2): 49 — 54.
- Igura M., Okazaki M. 2012. Selective sorption of heavy metal on phosphorylated sago starch-extraction residue. *J. Appl. Polym. Sci.* 124, (1): 549 — 559.
- Kim B.-S., Lim S.-T. 1999. Removal of heavy metal ions from water by cross-linked carboxymethyl corn starch. *Carbohydr. Polym.*, 39: 217 — 223.
- Kochanowski A., Witek E., Siniarska B., Bortel E. 2003. Utylizacja ścieków pogalwanicznych z zastosowaniem materiałów polimerowych i mineralnych. *Przem. Chem.* 82: 38 — 39.
- Kweon D.-K., Choi J.-K., Kim E.-K., Lim S.-T. 2001. Adsorption of divalent metal ions by succinylated and oxidized corn starches. *Carbohydr. Polym.* 46: 171 — 177.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, zeszyt 500: 69 — 98.
- Śmigielska H., Lewandowicz G. 2007. Właściwości funkcjonalne skrobi modyfikowanych wzbogaconych jonami miedzi. *ŻNTJ*, 6, (55): 198 — 209.
- Thymi S., Krokida M. K., Pappa A., Maroulis Z. B. 2005. Structural properties of extruded corn starch. *J. Food Eng.* 68: 519 — 526.
- Tomaszewska-Ciosk E., Golachowski A., Boruckowska H. 2009. The properties of extrudates obtained from potato starch during one — and twofold extrusion process. In: *Food technology operations*. New Vistas. Ed. by Kopeć W. Korzeniowska M. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu: 189 — 196.
- Valle G. D., Vergnes B., Colonna P., Patria A. 1997. Relations between rheological properties of molten starches and their expansion behaviour in extrusion. *J. Food Eng.* 31: 277 — 296.
- Xu Y., Hanna M. A. 2005. Physical, mechanical, and morphological characteristics of extruded starch acetate foams. *J. Polym. Environ.* 13, (3): 221 — 230.
- Yin Q.-F., Ju B.-Z., Zhang S.-F., Wang X.-B., Yang J.-Z. 2008. Preparation and characteristics of novel dialdehyde aminothiazole starch and its adsorption properties for Cu (II) ions from aqueous solution, *Carbohydr. Polym.* 72: 326 — 333.

ZBIGNIEW CZERKO
KAZIMIERA ZGÓRSKA
MAGDALENA GRUDZIŃSKA

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Przechowalnictwa i Przetwórstwa Ziemniaka, Oddział Jadwisin

Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania*

Comparison of potato varieties in terms of response to inhibitors of sprouting

Badania miały na celu ograniczenie kiełkowania ziemniaków przez zastosowanie metod chemicznych i naturalnych. Badania prowadzono na 5 odmianach, Asterix, Gracja, Finezja, Oman, Wiarus. Bulwy badanych odmian przechowywano w 8°C i zaprawiano inhibitorami kiełkowania CIPC i „Talent”. Jedną kombinację przechowywano w niższej temperaturze 5°C bez zaprawiania. Ocenę przechowalniczą bulw prowadzono w 4 terminach: od stycznia do czerwca. W każdym terminie oznaczano, masę i długość kielków, ubytki naturalne i choroby przechowalnicze. Najmniejsze kielki wystąpiły na wszystkich badanych odmianach przechowywanych w temperaturze 8°C i zaprawianych CIPC. Zastosowanie inhibitora roślinnego „Talent” dało podobny efekt. Tylko u odmiany Wiarus w 4 terminie (czerwiec) pojawiły się rozbudzone kielki. Przechowywanie ziemniaków w niższej temperaturze 5°C istotnie ograniczyło kiełkowanie w stosunku do przechowywania w 8°C. Największe ograniczenie kiełkowania po zastosowaniu inhibitorów CIPC i „Talent” wystąpiło na odmianach o niższej intensywności kiełkowania (Finezja, Oman, Gracja). Przechowywanie ziemniaków w 5°C spowodowało obniżenie ubytków naturalnych w stosunku do pozostałych kombinacji. Odmiany po zaprawianiu środkiem CIPC i „Talent” miały po przechowywaniu niższe porażenie chorobami przechowalniczymi niż ziemniaki niezaprawiane.

Słowa kluczowe: inhibitory kiełkowania, przechowywanie, ziemniaki

The aim of the experiment was to assess the chemical and natural methods of potato sprout inhibition. Experiment was carried out on the table potato cultivars: Asterix, Gracja, Finezja, Oman, Wiarus. The tubers were stored at 8°C and treated CIPC and “Talent”. One combination was stored at lower temperature (5°C) with no treatment for sprout inhibition. The assessments were carried out in four periods: from January to June. Mass and length of sprouts, weight losses, diseases were determined. The sprout control of potatoes with treatments of CIPC was very good. The potatoes treated with “Talent” were suppressed like CIPC, with an exception of variety Wiarus which had small sprouts. Potatoes stored at 5°C had smaller sprouts than stored at 8°C. Storage of potatoes at a lower temperature (5°C) significantly reduced the germination in relation to storage at 8°C. After treatments with CIPC and “Talent” the greatest reduction of germination were observed on tubers with lower intensity of

* Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego jako projekt badawczy 2389/B/P01/2008/35

germination (Finezja, Oman, Gracja). Storage of potatoes at 5°C resulted in a reduction of natural losses in all combinations. Cultivars treated with CIPC and "Talent" during the storage were less infected by diseases than potatoes without treatment.

Key words: inhibition, potato, sprouting, storage

WSTĘP

Wprawdzie produkcja ziemniaków od wielu lat systematycznie spada to jednak coraz więcej ziemniaków jest przetwarzanych na produkty spożywcze: frytki, chipsy, susze. Ze względu na konieczność zachowania niskiej zawartości cukrów redukujących ziemniaki przeznaczone na przetwory spożywcze powinny być przechowywane w temperaturze na poziomie 8°C. (Burton i in., 1992; Kleinkopf, 2003; Daniels-Lake i in., 2005; Lisińska, 2006; Zgórska, Czerko, 2006, 2008). Wyższe temperatury przechowywania 8–10°C ograniczają wprawdzie akumulację cukrów redukujących w bulwach, ale pogarszają inne cechy jakości bulw. W takiej temperaturze zachodzą intensywne procesy fizjologiczne (oddychanie kielkowanie) prowadzące do zmian ilościowych i jakościowych (Sowa-Niedziałkowska, 2004 ab; Czerko, 2011). Skracany jest okres uśpienia bulw, a tym samym proces kielkowania rozpoczyna się wcześniej i wzrost kielków jest intensywniejszy. Powoduje to zwiększenie ubytków naturalnych spowodowanych oddychaniem i transpiracją, ponieważ wydzielanie wody przez kielki jest intensywniejsze niż przez perydermę bulw.

Konsekwencją wzmożonych procesów życiowych są większe straty skrobi oraz utrata turgoru (Burton i in., 1992; Cobb i in., 2000; Sowa-Niedziałkowska, Zgórska, 2005). Bulwy stają się gąbczaste, bardziej podatne na ciemnienie miększu. Ma to również skutki ekonomiczne, gdyż podczas obróbki wstępnej (obierania) zwiększają się straty masy bulw.

Duża masa kielków w przymie ziemniaków ogranicza przepływ powietrza podczas wentylacji. Przygotowanie skielkowanych ziemniaków jadalnych do sprzedaży jest poważnym utrudnieniem i dodatkowo zwiększa nakład pracy.

Badania prowadzone w IHAR Jadwisin pokazują, że termin rozpoczęcia kielkowania zależy głównie od odmiany i temperatury przechowywania. Przechowywanie ziemniaków w temperaturze 8°C powoduje przyśpieszenie kielkowania średnio o 2 miesiące w stosunku do przechowywania w temperaturze 5°C (Czerko, 2009).

Do ograniczenia kielkowania ziemniaków popularne są środki chemiczne oparte na bazie estrów izopropylowych kwasu fenylokarbaminowego (karbaminiany izopropylowe), tj. IPC-izopropyl-N-fenylokarbaminian i CIPC-izopropyl-N-3 chlorofenylokarbaminian. Środki te zostały zarejestrowane w USA już na początku lat pięćdziesiątych ubiegłego wieku i do tej pory są stosowane, chociaż corocznie komisja ds. bezpieczeństwa zdrowotnego żywności ogłasza możliwość wprowadzenia zakazu ich stosowania.

Już w chwili obecnej stosowanie CIPC w przechowalniach ziemniaków jadalnych jest zabronione w Holandii, Japonii, Szwajcarii, Niemczech (cyt. za Kleinkopf, 2003; Putz, 2004; Daniels-Lake i in., 2005). Na przestrzeni ostatnich lat w Stanach Zjednoczonych zmniejszono dopuszczalną zawartość pozostałości CIPC w bulwach z 50 mg kg⁻¹ świeżej

masy (50 ppm) (Kleinkopf, 2003) do 30 ppm (<http://www.epa.gov>). Podobne regulacje dotyczą Kanady i Australii.

W krajach UE maksymalny poziom pozostałości jest jeszcze niższy i wynosi do $10 \text{ ppm} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Ostatnie badania nad stosowaniem CIPC do zapobiegania kiełkowaniu skupiają się nad techniką dawkowania w celu lepszego rozprowadzenia środka w przechowalni i zmniejszenia pozostałości środka w ziemniakach (Briddon i in., 2007; Saunders i in., 2007; McGowan i in., 2011).

Poszukiwane są sposoby ograniczenia intensywności kiełkowania przez stosowanie naturalnych inhibitorów wzrostu kiełków w formie ekstraktów jako olejki głównie z kopru (Hartmans i in., 1995), kminku, (Jariene. i in., 2006; Danilchenko i in., 2008) oraz mięty, pieprzu i goździków (Kleinkopf i in., 2003)). Wyciągi olejowe niektórych ziół i przypraw nie działają jak typowe inhibitory zapobiegając wzrostowi kiełków lecz przez wnikanie do komórek uszkadzają je fizycznie.

Dużą popularność uzyskał środek pod nazwą „Talent” zarejestrowany w 1994 i produkowany w Holandii. Na podstawie wielu doświadczeń najlepsze efekty ograniczające kiełkowanie uzyskano kiedy stosowano ten preparat z częstotliwością od 1 do 6 tygodni w całkowitej dawce 100 ml na 1000 kg ziemniaków (Hartmans, 1995).

Alternatywne metody zastępujące inhibitory chemiczne wymagane są także do przechowywania ziemniaków z upraw ekologicznych.

Celem pracy była ocena możliwości ograniczenia kiełkowania bulw po zastosowaniu inhibitora chemicznego (chloroprofamu) i naturalnego (S-carvonu) podczas przechowywania oraz ich wpływ na straty przechowalnicze.

MATERIAŁ I METODY

Badania składały się z 2 części: w pierwszej części do badań wykorzystano 2 odmiany ziemniaków Asterix, Gracja, które badano przez 3 sezony przechowalnicze (2008/2009, 2009/2010, 2010/2011) przechowując ziemniaki do kwietnia, a w części drugiej badania przeprowadzono w sezonie (2010/2011) z 5 odmianami Asterix, Gracja, Finezja, Oman, Wiarus o zróżnicowanej intensywności kiełkowania i przedłużonym okresie przechowywania do czerwca. Ziemniaki wykorzystane do doświadczenia uprawiano w systemie zrównoważonym. Zbiór dokonano w 3 dekadzie września. W okresie przygotowawczym przez pierwsze dwa tygodnie po zbiorach utrzymywano temperaturę na poziomie 15°C , przy wilgotności względnej powietrza 90–95%. W ciągu następnych dwóch tygodni temperaturę stopniowo obniżano do wymaganej dla założonego doświadczenia.

Zastosowano następujące kombinacje:

- próby bez zaprawiania przechowywane w temperaturze 8°C ,
- próby przechowywane w temperaturze w 8°C i zaprawiane CIPC,
- próby przechowywane w temperaturze w 8°C i zaprawiane Talent-R,
- próby bez zaprawiania przechowywane w temperaturze 5°C .

Do każdej kombinacji przygotowano próby po 5 kg w 2 powtórzeniach i w 4 terminach przechowywania. Ocenę przechowalniczą dokonywano dla części 1 co miesiąc od stycznia do kwietnia, a w części 2 co 1,5 miesiąca od stycznia do czerwca. Ziemniaki zaprawiano

inhibitorem chemicznym CIPC (Luxan Gro Stop 01 DP) w dawce 2 kg/1000 kg ziemniaków oraz inhibitorem roślinnym Talent-R w dawce 3,5 ml/100 kg w terminach co 7 dni od momentu rozbudzenia bulw. Całkowita dawka tego preparatu wyniosła 56 ml/100 kg ziemniaków. W każdym terminie przechowywania i po przechowywaniu oceniano ziemniaki pod względem okresu uśpienia, intensywności kiełkowania, ubytków naturalnych i chorób przechowalniczych. Istotność zróżnicowania wpływu badanych czynników określano przy zastosowaniu dwuczynnikowej analizy wariancji test F-Senedecora dla modelu stałego w układzie całkowicie losowym. Przy obliczaniu najmniejszej istotnej różnicy (NIR) stosowano test t-Studenta.

WYNIKI I DYSKUSJA

Kiełkowanie

Część 1

Odmiany: Asterix, i Gracja badane przez 3 lata różniły się między sobą terminem rozpoczęcia kiełkowania jak i masą kiełków po przechowywaniu. Średnia długość kiełków (4 terminy, 2 odmiany) po przechowywaniu w 8°C bez zaprawiania wynosiła 40,9 mm, po przechowywaniu w 5°C wynosiła 16,0 mm, a na ziemniakach przechowywanych w 8°C i zaprawianych CIPC i Talentem kiełki były w fazie rozbudzenia 2–3 mm (tab. 1).

Tabela 1

Straty przechowalnicze w zależności od warunków przechowywania ziemniaków w poszczególnych latach badań (średnia z 4 terminów)

The storage losses depending on storage conditions in different of years (mean for 4 dates)

Odmiana Cultivars	Warunki przechowywania Storage conditions	Lata Years	Ubytki Natural losses (w %)	Kiełki Sprouts (w mm)	Suma chorób Diseases (w %)
1	2	3	4	5	6
Asterix	8°C	2008/09	16,1	47,4	0
		2009/10	11,5	80,0	0
		2010/11	15,1	35,0	0,15
		x	14,2	54,1	0,05
	8°C + CIPC	2008/09	15,5	12,0	0
		2009/10	13,8	0	0
		2010/11	13,4	0	0
		x	14,2	4,0	0
	8°C + Talent	2008/09	13,0	6,0	0
		2009/10	13,2	9,0	0
		2010/11	13,7	0	0
		x	13,3	5,0	0
	5°C	2008/09	9,2	14,0	0
		2009/10	12,0	40,0	0
		2010/11	11,9	16,0	0,65
		x	11,0	23,3	0,22

c. d. Tabela 1

1	2	3	4	5	6
Gracja	8°C	2008/09	10,8	23,4	0
		2009/10	10,4	45,0	1,45
		2010/11	14,7	15,0	0,30
		x	12,0	27,8	0,58
	8°C + CIPC	2008/09	10,6	0	0
		2009/10	10,4	0	0
		2010/11	14,6	0	0
		x	11,9	0,0	0
	8°C + Talent	2008/09	10,2	5,0	0
		2009/10	10,4	0	0
		2010/11	12,9	0	0
		x	11,2	1,7	0
	5°C	2008/09	7,3	4,4	0
		2009/10	9,8	11,0	0,95
		2010/11	11,9	11,0	0
		x	9,7	8,8	0,32
Średnio dla warunków Mean for condition	8°C		13,1	40,9	0,31
	8°C + CIPC		13,0	2,0	0
	8°C + Talent		12,2	3,3	0
	5°C		10,3	16,0	0,27
	NIR, LSD		2,1	13,4	0,47
Średnio dla odmian Mean for cultivars	Asterix		13,2	21,6	0,07
	Gracja		11,2	9,6	0,22
	NIR, LSD		1,5	9,4	0,33
Średnio dla lat Mean for years	2008/09		11,6	14,0	0
	2009/10		11,4	23,1	0,30
	2010/11		13,5	9,6	0,14
	NIR, LSD		1,8	11,6	0,4

Duży wpływ na intensywność kiełkowania miały warunki wegetacji w badanych latach. Najmniejsze kiełki, średnio 9,7 mm wystąpiły na ziemniakach w sezonie 2010/11, a największe (23,1 mm) w sezonie 2009/10. Ziemniaki zaprawiane inhibitorami CIPC i Talent w sezonie 2010/11 nie rozpoczęły kiełkowania aż do kwietnia, natomiast w dwóch poprzednich sezonach pojawiały się rozbudzone kiełki (tab. 1).

Warunki pogodowe podczas wegetacji ziemniaków w 3 badanych latach 2008, 2009 i 2010 różniły się między sobą. Szczególnie rok 2010 wyróżniał się dużymi opadami we wszystkich miesiącach wegetacji. Średnie opady za 5 miesięcy (maj-wrzesień) w roku 2010 wynosiły 506,1 mm wobec 304,9 mm w roku 2008 i 340,7 mm w roku 2009. Także w pracy publikowanej przez Czerko, 2011 wykazano, że w roku o największych opadach w okresie wegetacji (maj-wrzesień) nastąpiło późniejsze kiełkowanie badanych odmian (współczynnik korelacji $r = 0,85$).

Część 2

W sezonie 2010/11 badane odmiany Asterix, Gracja, Finezja, Oman, Wiarus różniły się intensywnością kiełkowania. Najbardziej intensywnie kiełkowała odmiana Wiarus i Asterix a najmniej Finezja. Ziemniaki odmian Wiarus i Asterix przechowywane w 8°C bez zaprawiania miały już kiełki w pierwszym terminie pomiarów (styczeń) (tab. 2).

Tabela 2

Długość kielków (mm) w zależności od warunków przechowywania ziemniaków i terminów pomiarów
The length of potato sprouts (mm) depending on storage conditions and dates of measurement

Odmiany Cultivars	Warunki przechowywania Storage condition	Terminy Dates				Średnio Mean	NIR LSD
		18.01.11	08.03.11	24.04.11	07.06.11		
Asterix	8°C	5	18	35	30	22,0	6,5
	8°C + CIPC-	0	0	0	1	0,25	
	8°C + Talent	0	0	0	1	0,25	
	5°C	0	15	16	23	11,0	
Gracja	8°C	0	5	15	24	11,0	5,0
	8°C + CIPC	0	0	0	1	0,25	
	8°C + Talent	0	0	0	0	0,0	
	5°C	0	0	11	15	6,50	
Finezja	8°C	0	3	14	10	6,75	2,9
	8°C + CIPC	0	0	0	0	0,0	
	8°C + Talent	0	0	0	0	0,0	
	5°C	0	0	0	1,5	0,37	
Oman	8°C	0	10	20	24	13,50	5,0
	8°C + CIPC	0	0	0	2	0,50	
	8°C + Talent	0	0	0	0	0,0	
	5°C	0	3	7	17	6,75	
Wiarus	8°C	13	25	65	135	59,50	23,5
	8°C + CIPC	0	0	0	2	0,50	
	8°C + Talent	0	0	0	10	2,50	
	5°C	0	15	26	30	17,75	

W niższej temperaturze (5°C) te odmiany rozpoczęły kiełkowanie dopiero w drugim terminie badań — w lutym. Odmiana Finezja w 8°C rozpoczęła kiełkowanie w drugim terminie obserwacji w lutym, a przechowywana w 5°C rozpoczęła kiełkowanie w czwartym terminie w czerwcu. Wszystkie badane odmiany zaprawiane inhibitorami kiełkowania CIPC i „Talent” charakteryzowały się minimalnym wzrostem kielków pojawiającym się tylko w czwartym terminie badań (czerwiec). Wystąpiły różnice między odmianami. U odmiany Finezja do końca przechowywania na bulwach zaprawianych nie pojawiły się kielki. Odmiany: Asterix, Gracja, Oman miały pod koniec przechowywania kielki w fazie rozbudzenia. U odmiany najintensywniej kiełkującej Wiarus po przechowaniu wystąpiły większe kielki na bulwach zaprawianych inhibitorem naturalnym Talent (10 mm) niż po zastosowaniu CIPC (2 mm). Należy liczyć się z tym, że odmiany intensywnie kiełkujące będą wymagały zwiększonych dawek środka naturalnego, lub powinny być krócej przechowywane.

Ubytki naturalne

Część I

Poziom ubytków naturalnych w przechowywanych ziemniakach zależał od odmiany. Mniejsze ubytki miała odmiana Gracja (średnio 11,2%) niż Asterix (średnio 13,2%). Ubytki naturalne ziemniaków przechowywanych w 8°C we wszystkich kombinacjach (bez zaprawiania, zaprawiane CIPC, zaprawiane Talentem) nie różniły się istotnie między sobą (tab. 1). Najniższe ubytki wystąpiły w ziemniakach przechowywanych w 5°C. Wieloletnie badania przechowalnicze pokazują, że niższa temperatura przechowywania przyczynia się do obniżenia transpiracji. Przyczyną mniejszego odparowania wody z bulw

przechowywanych w niższej temperaturze jest mniejszy niedosyt wilgotności występujący w atmosferze przechowalni mimo utrzymywania tej samej wilgotności względnej jak w 8°C. Rozpatrując poziom ubytków naturalnych w poszczególnych latach zauważa się, że najniższe ubytki były w sezonie przechowalniczym 2010/2011, po mokrym okresie wegetacji w roku 2010.

Takie zależności były zauważane przez wielu praktyków zajmujących się przechowalnictwem ziemniaka, a także przez osoby zajmujące się doświadczalnictwem rolniczym (Sowa-Niedziałkowska, 2000; Czerko, 2011).

Część 2

Wśród 5 badanych odmian najmniejsze ubytki naturalne miała odmiana Oman (średnio 11,2%) i Gracja (13,2%). Największe ubytki naturalne wystąpiły u odmiany Finezja (17,8%). Podobnie jak w 1 części badań średnie ubytki naturalne ziemniaków przechowywanych w 8°C we wszystkich kombinacjach nie różniły się między sobą istotnie (tab. 3). Najniższe ubytki wystąpiły podczas przechowywania w 5°C. Rozpatrując poszczególne odmiany można zauważyć duże różnice w ubytkach między badanymi kombinacjami w niektórych odmianach. Na przykład odmiana Finezja podczas przechowywania była intensywniej porażona chorobami przechowalniczymi co miało duży wpływ na nadmierny poziom ubytków naturalnych.

Tabela 3

Ubytki naturalne w zależności od warunków przechowywania i terminów pomiarów (2010/11) Natural losses depending on storage condition and dates of measurement (2010/11)

Odmiany Cultivars	Warunki przechowywania Storage condition	Terminy Dates				Średnio Mean	NIR . LSD P _{0,05}
		18.01.11	08.03.11	24.04.11	07.06.11		
Asterix	8°C	15,4	15,9	15,1	21,4	16,95	0,9
	8°C + CIPC	10,1	13,9	13,4	19,2	14,15	
	8°C + Talent	11,3	13,2	13,7	17,7	13,97	
	5°C	9,5	10,1	11,9	18,4	12,47	
Gracja	8°C	9,1	12,9	14,7	18,3	13,75	0,9
	8°C + CIPC	10,5	13,5	14,6	17,7	14,07	
	8°C + Talent	11,7	12,6	12,9	16,8	13,50	
	5°C	8,9	9,2	11,9	15,4	11,35	
Finezja	8°C	13,2	16,4	15,9	29,7	18,80	2,6
	8°C + CIPC	13,0	16,4	18,3	22,6	17,57	
	8°C + Talent	13,1	17,0	23,7	26,6	20,10	
	5°C	12,8	14,1	12,3	19,1	14,57	
Oman	8°C	7,6	10,0	12,8	18,2	12,15	1,1
	8°C + CIPC	8,2	11,5	12,5	15,1	11,83	
	8°C + Talent	7,9	11,6	10,3	14,1	10,97	
	5°C	7,4	9,2	9,5	14,0	10,03	
Wiarus	8°C	11,8	16,2	18,2	25,6	17,95	1,7
	8°C + CIPC	11,9	16,3	16,8	22,2	16,80	
	8°C + Talent	9,9	10,6	12,0	19,9	13,10	
	5°C	10,7	11,0	13,0	15,1	12,45	

Choroby przechowalnicze**Część 1**

Badane odmiany charakteryzowały się niskim poziomem porażenia chorobami. Wystąpiła różnica w porażeniu chorobami przechowalniczymi między kombinacjami. Najniższe porażenie chorobami przechowalniczymi obu odmian Asterix i Gracja wystąpiło w ziemniakach zaprawianych inhibitorem CIPC i Talent po przechowywaniu w 8°C (tab. 4).

Tabela 4

Porażenie chorobami (%) w zależności od warunków przechowywania i terminów pomiarów (2010/11)
Total number of diseases (%) depending on storage condition and dates of measurement (2010/11)

Odmiany Cultivars	Warunki przechowywania Storage condition	Terminy Dates				Średnio Mean	NIR LSD P _{0,05}
		18.01.11	08.03.11	24.04.11	07.06.11		
Asterix	8°C	0,35	0,4	0,15	0,3	0,30	0,2
	8°C + CIPC	0	0	0	0	0	
	8°C + Talent	0	0	0	0	0	
	5°C	0	0	0,65	0,65	0,32	
Gracja	8°C	0	0	0,3	0	0,07	0,1
	8°C + CIPC	0	0	0	0	0	
	8°C + Talent	0	0	0	0	0	
	5°C	0,3	0	0	0	0,07	
Finezja	8°C	0,4	1,8	3,25	5,65	2,77	2,0
	8°C + CIPC	0,5	0	0	0	0,12	
	8°C + Talent	0	0,7	5,0	4,35	2,51	
	5°C	2,15	5,6	6,0	0	3,44	
Oman	8°C	0	0,4	1,55	7,75	2,42	1,5
	8°C + CIPC	0	0	0	0,45	0,11	
	8°C + Talent	0	1,15	0,45	2,35	0,99	
	5°C	0	2,5	0,95	2,75	1,55	
Wiarus	8°C	0	0	0	0	0	0,5
	8°C + CIPC	0	0	0	0,4	0,10	
	8°C + Talent	0	0	0,75	1,25	0,50	
	5°C	0	1,15	1,5	2,65	1,32	

Część 2

Wśród 5 badanych odmian przechowywanych w 2011 roku do czerwca niskim porażeniem chorobami charakteryzowały się również odmiany Gracja i Asterix (do 0,2%). U odmian Finezja, Oman, Wiarus wystąpiły choroby przechowalnicze na poziomie średnio 0,5–2,2%. Ziemniaki niezaprawiane inhibitorami kiełkowania charakteryzowały się średnio większym porażeniem chorobami przechowalniczymi podczas przechowywania w 8°C jak i w 5°C.

Najniższe porażenie chorobami wystąpiło w ziemniakach zaprawianych inhibitorem chemicznym (CIPC). W badanym sezonie przechowalniczym odmiana Finezja charakteryzowała się największym porażeniem chorobami. Odmiana ta po zastosowaniu CIPC najbardziej zareagowała obniżką porażenia. Wpływ naturalnego inhibitora kiełkowania „Talent” na porażenie chorobami w przechowalni nie był jednoznaczny: odmiany Asterix i Gracja nie były porażone podobnie jak po zastosowaniu CIPC, a

pozostałe odmiany Oman, Wiarus, Finezja były bardziej porażone chorobami niż po zaprawianiu CIPC.

Działanie S-carvone, składnika środka „Talent” w kierunku obniżenia rozwoju szczególnie chorób grzybowych podczas przechowywania było przedstawione przez wielu autorów (Hartmans i in., 1995). Należy jednak zauważyć, że istotne oddziaływanie S-carvone na obniżenie porażenia chorobami grzybowymi było dopiero przy dawce kilkukrotnie wyższej niż jest zalecana do ograniczenia kiełkowania ziemniaków (Barbier, Peters, 2007). W wykonywanym doświadczeniu w okresie przechowywania dominowały choroby bakteryjne i w tym przypadku nie stwierdzono wpływu S-carvone na obniżenie porażenia tymi chorobami.

WNIOSKI

1. Zaprawianie ziemniaków inhibitorem naturalnym „Talent” hamuje kiełkowanie ziemniaków na zbliżonym poziomie jak zaprawianie inhibitorem chemicznym CIPC.
2. Największe ograniczenie kiełkowania po zastosowaniu inhibitorów CIPC i „Talent” wystąpiło na bulwach odmian o niższej intensywności kiełkowania (Finezja, Oman, Gracja)
3. Zastosowanie inhibitora naturalnego na bulwach odmiany intensywnie kiełkującej (Wiarus) nie zahamowało wzrostu kiełków w końcowym okresie przechowywania (w czerwcu).
4. Bulwy odmian ziemniaków zaprawianych środkiem CIPC po przechowywaniu były mniej porażone chorobami przechowalniczymi niż ziemniaki niezaprawiane.

LITERATURA

- Barbier N, Peters J. 2007. Fungicidal effects of carvone. 4th EAPR, Potato Processing Conf. Abstracts of papers and posters, Grantham, 17.01–18.01. 2007, UK: 26 — 27.
- Briddon A., McGoran G., Jina A., Saunders S., Cunnington A., Duncan H. 2007. Improving CIPC management in bulk-stored potatoes. 4th EAPR, Potato Processing Conf. Abstracts of papers and posters, Grantham, 17.01–18.01. 2007, UK: 28 — 29.
- Burton W. G., Van Es A., Hartmans K. J. 1992. The physic and physiology of storage In: PM Harris (ed.) The potato crop. The Scientific Basis for Improvement. Ed 2 Chapman and Hall, London, UK: 608 — 727.
- Cobb L. J., Blenkisop R. W., Yada R. Y., Marangoni A. Q. 2000. The relationship between respiration and chip colour during long term storage of potato tubers. Amer. J. Potato Res. 279 – 287.
- Czerko Z. 2009. Wpływ odmiany i temperatury przechowywania ziemniaków na wielkość strat masy bulw. Biul. IHAR 254: 159 — 168.
- Czerko Z. 2011. Przechowywalność sześciu odmian ziemniaka uprawianych w latach 2007–2009. Biul. IHAR 262: 127 — 139.
- Daniels-Lake B. J., Prange R. K., Nowak J., Asiedu S. K., Walsh J. R. 2005. Sprout development and processing quality changes in potato tubers stored under ethylene: 1. Effects of ethylene concentration. Am. J. of Potato Res. 82: 389 — 397.
- Danilchenko H., Pranaitiene R., Taraseviciene Z., Venskutoniene E. 2008. The effect of inhibitors on the amino acid content in the stored potato tubers. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. z. 530: 301 — 316.
- Hartmans K. J., Diepenhorst P., Bakker W., Gorris L. G. M. 1995. The use of carvone in agriculture: sprout suppression of potatoes and antifungal activity against potato tuber and other plant diseases. Industrial Crops and Products. 4: 3 — 13.

- Jariene E., Pranaitiene R., Viskelis P., Gołubowska G. 2006. The ecological aspects in the potato tuber storage. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 511: 523 — 529.
- Kleimnkopf G. E., Oberg N. A., Olsen N. L. 2003. Sprout Inhibition in Storage: current status, new chemistries and natural compounds. *Amer. J of Potato Res.* 80: 317 — 327.
- McGowan G., Duncan H., Briddon A., Saunders S., Cunnington A. 2007. Chlorprophanm is more active when applied at warmer temperatures. 18th Triennial Conference of the EAPR. Abstracts Oulu, 24.07–29.07. 2011, Finland: 244.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 81 — 94.
- Putz B. 2004. Reduzierende Zucker in Kartoffeln. *Kartoffelbau* 5: 188 — 192.
- Saunders S., Cunnington A., Briddon A G., Duncan H., Mc Goran 2007. Sprout control by application of CIPC as a vapour. 4th EAPR Potato Processing Conf. Abstracts of papers and posters, Grantham, 17.01–18.01. 2007, UK: 30 — 31.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004 a. Wpływ odmiany ziemniaka i warunków przechowywania bulw na długość okresu uśpienia i intensywność kiełkowania. *Biul. IHAR* 232: 23 — 36.
- Sowa-Niedziałkowska G. 2004 b. Wskaźniki procesów życiowych zachodzących w sadzeniakach ziemniaka podczas długotrwałego przechowywania. Część I. Okres uśpienia i intensywność wzrostu kiełków. *Biul. IHAR* 233: 219 — 236.
- Sowa-Niedziałkowski G., Zgórska K. 2005. Wpływ czynnika termicznego i odmianowego na zmiany ilościowe w czasie długotrwałego przechowywania bulw ziemniaka. *Pamiętnik Puławski* 139: 233 — 245.
- Zgórska K., Czerko Z. 2006. Rekondycjonowanie bulw przechowywanych w niskiej temperaturze — metoda ograniczająca zawartość cukrów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 547 — 556.
- Zgórska K., Czerko Z. 2008. Reakcja odmian ziemniaka na rekondycjonowanie bulw po przechowywaniu w temperaturach 3–5°C. W: *Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie*. Szklarska Poręba. 12–15 maja. *Materiały*: 123 — 124.

BARBARA LUTOMIRSKA**JOANNA JANKOWSKA**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Agronomii Ziemniaka, Oddział Jadwisin

Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany

The occurrence of misshaped tubers and tubers with cracks on the surface depending on meteorological factors and cultivars

Celem badań było określenie oddziaływania czynników meteorologicznych w okresie wegetacji na występowanie bulw spękanych i zdeformowanych w warunkach uprawy ziemniaka na glebie lekkiej oraz ocena zmienności odmian poszczególnych wczesności pod względem występowania bulw z wymienionymi defektami w plonie. W badaniach wykorzystano dane dotyczące udziału bulw spękanych i zdeformowanych w plonach, zebrane w trakcie realizacji doświadczeń odmianowych prowadzonych w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR, w latach 2001–2011. Doświadczenia polowe, z których pobierano odpowiednie próby zakładane były corocznie na glebie wytworzonej z piasków słabo gliniastych i gliniastych lekkich. We wszystkich latach realizacji eksperymentów stosowano standardową agrotechnikę uprawy ziemniaka, zachowując bardzo zbliżony poziom zabiegów. Takie zasady realizacji badań pozwoliły na przyjęcie założenia, że źródłem zmienności występowania bulw z defektami kształtu są różnicowane warunki meteorologiczne lat badań. Wykonane analizy zależności pomiędzy poziomem podstawowych czynników meteorologicznych w kolejnych fazach rozwoju roślin i występowaniem każdej z wad bulw w plonach odmian poszczególnych wczesności wykazały, że okresem, w którym stan pogody w najwyższym stopniu wpływa na występowanie w plonie bulw z deformacjami jest czas od pełni kwitnienia roślin do końca tej fazy, tj. okres początkowego, intensywnego rozwoju bulw. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy temperaturą gleby oraz wartością współczynnika Sielanianowa w w/w okresie a udziałem bulw zdeformowanych w plonie wszystkich grup wczesności. Natomiast występowanie bulw spękanych istotnie determinowały warunki zaopatrzenia roślin w wodę w końcowej fazie ich wzrostu. Odnotowano istotne zależności pomiędzy sumami opadów oraz wartością współczynnika Sielanianowa w okresie zasychania roślin a udziałem bulw ze spękaniem. Badania wykazały, że odmiany tej samej wczesności istotnie różnią się, co do stopnia reakcji na warunki środowiska wyrażające się występowaniem w plonie bulw o wadliwym kształcie.

Słowa kluczowe: odmiany, wady kształtu bulw, warunki meteorologiczne, ziemniak

The aim of the study was to describe the influence of meteorological factors during the vegetation period on the occurrence of tuber growth cracks and tuber deformations in the potato yield cultivated in light sandy soil. We conducted an evaluation of the potato cultivars with regard to occurrence of the

tubers with these defects. In this study we used data on the share of tubers with growth cracks and tuber deformations in cultivars of different maturity groups. The tubers were collected during the experiments conducted in Potato Agronomy Department IHAR, in 2001–2011. Field trials were performed in light sandy-clay or clay soils. In all tested years, standardized and very similar agrotechnical treatments were applied. That way we could assume that the main source of variance in tuber deformations are the meteorological conditions in each year. The analyses of relationships between the meteorological factors in subsequent tuber growth phases and the occurrence of tuber deformations in cultivars of different maturity groups showed that the critical period for occurrence of tubers deformations was from full flowering to the end of flowering, that is during the early intensive phase of tuber growth. A strong relationship was found between the mean soil temperature and Sielianinow coefficient in this period and the occurrence of tuber deformations in all maturity groups of potato cultivars. Moreover, the relationship was found between total rainfall and the occurrence of tuber growth cracks in the final phase of plants' growth. There was a significant relationship between the total rainfall and Sielianinow coefficient in the period of plants' senescence and the occurrence of tuber growth cracks. The analyses showed that the cultivars of the same maturity are significantly different in response to environmental conditions expressed by the presence of potato tubers with defects.

Key words: cultivars, defects of tubers shape, meteorological factors, potato

WSTĘP

Obecność bulw z defektami kształtu wśród ziemniaków przeznaczonych do bezpośredniej konsumpcji utrudnia obróbkę i zwiększa ubytki w trakcie przygotowywania do spożycia. Natomiast w partiach ziemniaków przetwarzanych na cele spożywcze bulwy wadliwe ograniczają możliwość uzyskania produktu finalnego wysokiej jakości oraz pogarszają wykorzystanie surowca. Jest, zatem oczywiste, że ziemniaki na wymienione cele muszą spełniać określone wymagania dotyczące nie tylko kształtu i wielkości bulw, ale też dopuszczalnego udziału w dostarczanej partii bulw zdeformowanych i spękanych (Noordam i in., 2000; Zgórska i Frydecka-Mazurczyk, 2002; Dziennik Ustaw nr 194, 2003).

Deformacje i spękania należą do wad abiotycznych tzn. powstałych w wyniku oddziaływania czynników środowiskowych, nie mających charakteru pasożytniczego czy chorobotwórczego. Dokładne przyczyny ich powstawania wciąż jednak pozostają nieznane. Autorzy prac dotyczących fizjologii plonowania i rozwoju bulw wykazali, że procesy prowadzące do powstawania deformacji i spękań mają miejsce w okresie nagromadzania plonu. Najczęściej wskazywaną przyczyną jest niewłaściwe zaopatrzenie roślin w wodę (Van Loon, 1981) oraz występowanie stresu wysokiej temperatury (Gawrońska, 1998). Natomiast w świetle wyników badań agrotechnicznych czynnikiem oddziałującym na kształtowanie się morfologii bulw jest sposób przygotowania gleby (Essah i Honeycutt, 2004; Krzysztofik, 2010), oraz stosowana technologia uprawy (Nowacki, 2006).

Zdaniem wielu autorów, min. Wernera i Trętowskiego (1985) wstępowanie w plonie bulw z wadami kształtu stanowi cechę odmianową. Właściwość ta podlega jednak wyraźnej zmienności środowiskowej (Leavy i in., 1986; Jefferies i MacKerron, 1987; Lutomirska, 2003). Nie mniej genetyczna determinacja występowania wad kształtu bulw jest uwzględniana w toku prac hodowlanych, a poziom frekwencji bulw spękanych

i zdeformowanych w plonie znajduje się wśród kryteriów uwzględnionych w wymaganiach rejestracyjnych odmian ziemniaka (Metodyka COBORU, 1998).

Celem prezentowanych badań była ocena wpływu poziomu czynników meteorologicznych w okresie wegetacji na występowanie bulw spękanych i zdeformowanych w plonach ziemniaka, w warunkach uprawy na glebie lekkiej. Przeprowadzono także ocenę zróżnicowania odmian poszczególnych wczesności pod względem występowania bulw z wymienionymi defektami w plonie.

MATERIAŁ I METODY

W badaniach wykorzystano dane dotyczące udziału bulw spękanych i zdeformowanych w plonach odmian różnej wczesności zebrane w trakcie realizacji doświadczeń odmianowych prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Zakład Agronomii Ziemniaka w Jadwisinie, w 11-letnim okresie badań (lata 2001–2011). Doświadczenia polowe, z których pobierano próby do oceny wymienionych cech plonu zakładane były corocznie w obrębie tego samego kompleksu pól, na glebie bielcowej wytworzonej z piasków słabo gliniastych i gliniastych lekkich. Według kryteriów agronomicznych gleba ta należy do kompleksu żytniego dobrego. Uprawę ziemniaków prowadzono stosując standardową agrotechnikę, z zachowywaniem bardzo zbliżonego poziomu stosowanych zabiegów w kolejnych latach realizacji doświadczeń. Sadzenie ziemniaków miało miejsce w III dekadzie kwietnia, zawsze w tym samym dniu dla odmian wszystkich wczesności. Zbiory, w czasie których z każdego powtórzenia polowego pobierano próby bulw o masie ok. 8 kg przeznaczone do oceny struktury plonu oraz cech jakości bulw, przeprowadzano w pełni dojrzałości roślin danej wczesności. W ocenie występowania bulw z defektami kształtu nie uwzględniano bulw najdrobniejszych, tj. o średnicy poniżej 35 mm.

Uzyskane wyniki procentowego udziału bulw z wadą przeliczono na stopnie kątowe Bliss'a i w tej postaci poddano analizie statystycznej.

Dla realizacji pierwszego z celów badań uwzględniono dane zebrane dla 163 odmian hodowli krajowej i hodowli innych krajów europejskich. Natomiast ocenę zróżnicowania odmian poszczególnych wczesności pod względem występowania bulw z wymienionymi defektami w plonie przeprowadzono dla 88 genotypów, uwzględniono w niej, bowiem tylko te odmiany, które uczestniczyły w doświadczeniach nie mniej niż przez 3 lata. Szczegółowe dane, co do ilości materiału zebranego w kolejnych latach zawiera tabela 1.

Wartości średnie dla poszczególnych grup wczesności i lat badań wykorzystane zostały w przeprowadzonych analizach regresji z poszczególnymi czynnikami meteorologicznymi w wybranych okresach sezonu wegetacyjnego.

Dane odnośnie: opadów, średniej dobowej temperatury powietrza oraz średniej dobowej temperatury gleby na głębokości 10 cm wykorzystane w badaniach pochodziły z miejscowego punktu meteorologicznego oddalonego od pola doświadczalnego o ok. 1,5 km, w linii prostej. W oparciu o wyniki pomiaru temperatury powietrza oraz opady wyliczono wskaźnik hydrotermiczny Sieliana (K = $P \times 10 / \Sigma t$) dla odpowiednich

okresów sezonu wegetacyjnego (Molga, 1986). Wartość współczynnika Sielanianowa (K) 0,5 oznacza suszę, od 0,6 do 1,0 — posuchę, ok. 1,5 — warunki optymalne, ok. 2 — warunki wilgotne, zaś powyżej 3 — warunki skrajnie wilgotne.

Tabela 1

Zestawienie liczby odmian poszczególnych grup wczesności w latach badań
Number of cultivars of different maturity groups in the years of research

Rok badań Year of research	Bardzo wczesne Very early		Wczesne Early		Średnio wczesne Middle early		Średnio późne i późne Middle late and late		Razem odmian według miejsca wyhodowania Total cultivars depending on place of breeding		Łącznie Total
	miejsce wyhodowania place of breeding		miejsce wyhodowania place of breeding		miejsce wyhodowania place of breeding		miejsce wyhodowania place of breeding				
	p	z	p	z	p	z	p	z	p	z	
2001	8	3	4	2	27	3	24	0	63	8	71
2002	6	3	4	3	20	3	18	0	48	9	57
2003	5	5	7	4	22	3	18	0	52	12	64
2004	4	4	7	4	15	4	17	0	43	12	55
2005	4	4	7	3	11	3	15	0	37	10	47
2006	3	4	8	4	12	5	16	0	39	13	52
2007	8	2	7	6	13	3	17	3	45	14	59
2008	7	2	5	3	13	3	19	4	44	12	56
2009	7	1	4	4	14	1	21	3	46	9	55
2010	5	2	7	3	15	2	16	2	43	9	52
2011	5	1	5	2	15	1	19	2	44	6	50

Objaśnienia:

Explanations:

p — odmiany polskie; Polish cultivars

z — odmiany zagraniczne; foreign cultivars

Analizę statystyczną wyników wykonano wykorzystując program statystyczny SAS Enterprise Guide 4.3. W pierwszym etapie wykonano analizy dwuczynnikowe lata × odmiany, dla poszczególnych grup wczesności. Następnie, w celu oceny zróżnicowania odmianowego, wykonano analizy jednoczynnikowe. Istotność zróżnicowania weryfikowano procedurą porównania średnich Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zmienność występowania wad kształtu bulw

Występowanie bulw zdeformowanych jak i bulw ze spękaniem było istotnie zróżnicowane w latach badań (tab. 2 i 3).

Odnotowano również, że lata, w jakich zbierane plony wyróżniały się szczególnie niskim jak i wysokim udziałem każdej z analizowanych wad były właściwe dla określonych grup wczesności — inne w przypadku odmian bardzo wczesnych i wczesnych, a inne dla grup od dłuższym okresie wegetacji (tab. 2 i 3).

W warunkach uprawy ziemniaków na glebie lekkiej deformacje bulw stanowiły znacznie częstszą wadę niż spękania. Średni udział bulw zdeformowanych wynosił od 8,2% — u odmian wczesnych do 10,5% u odmian średnio późnych, natomiast bulw ze spękaniem ok. 2% — niezależnie grupy wczesności (rys. 1).

Tabela 2

Występowania bulw zdeformowanych w plonach odmian różnej wczesności w latach badań
The occurrence of tuber deformations in the yield of cultivars of different maturity groups in the years of research

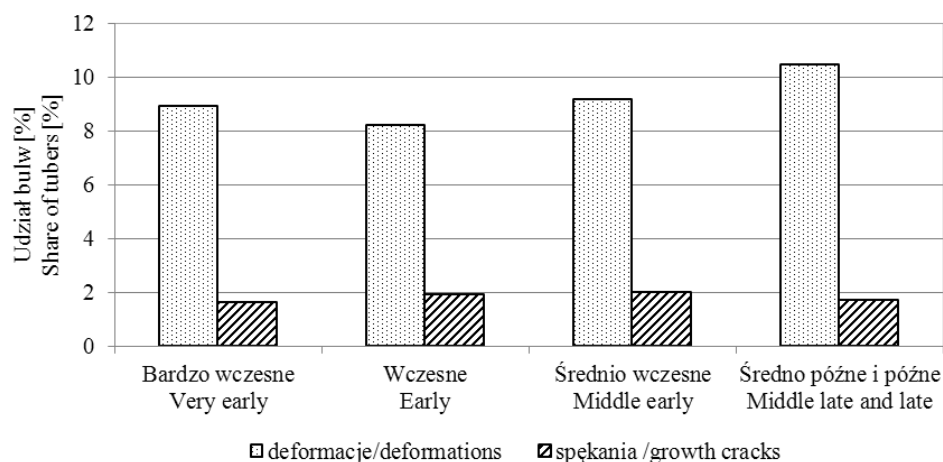
Grupa wczesności Maturity group	Rok o najniższym udziale bulw z wadą Year with the lowest share of tubers with defects	Udział bulw z wadą (% masy) Share of tubers with defects (% weight)	Rok o najwyższym udziale bulw z wadą Year with the highest share of tubers with defects	Udział bulw z wadą (% masy) Share of tubers with defects (% weight)	NIR _{0,05} dla lat (°Bliss) LSD _{0,05} for years (Bliss degree)
Bardzo wczesne Very early	2004	2,3	2009	16,0	4,6
Wczesne Early	2004	2,5	2009	15,7	0,9
Średnio wczesne Middle early	2005	4,2	2006	20,8	0,8
Średnio późne i późne Middle late and late	2005	5,4	2006	17,7	0,5

Tabela 3

Występowania bulw ze spękaniem w plonach odmian różnej wczesności w latach badań
The occurrence of tuber growth cracks in the yield of cultivars of different maturity groups in the years of research

Grupa wczesności Maturity group	Rok o najniższym udziale bulw z wadą Year with the lowest share of tubers with defects	Udział bulw z wadą (% masy) Share of tubers with defects (% weight)	Rok o najwyższym udziale bulw z wadą Year with the highest share of tubers with defects	Udział bulw z wadą (% masy) Share of tubers with defects (% weight)	NIR _{0,05} dla lat (°Bliss) LSD _{0,05} for years (Bliss degree)
Bardzo wczesne Very early	2004	0,1	2002	4,3	2,8
Wczesne Early	2004	0,0	2002	4,1	1,0
Średnio wczesne Middle early	2005	0,3	2001	5,0	0,6
Średnio późne i późne Middle late and late	2004	0,2	2011	4,7	0,5

Na częstsze występowanie deformacji niż spękań bulw wskazują też wyniki badań prowadzonych przez Nowackiego. Przedstawione przez tego autora wyniki monitoringu jakości plonu ziemniaka wskazują, że deformacje bulw stanowią znacznie większy problem niż spękania dla producentów ziemniaka w przeważającej liczbie województw (Nowacki, 2006).



Rys. 1. Udział bulw zdeformowanych i spękanych w plonie poszczególnych grup wczesności, średnia z lat 2001–2011

Fig. 1. The share of tuber deformations and tuber growth cracks in the yield of the different maturity groups, means of years 2001–2011

Wpływ warunków meteorologicznych na występowanie wad kształtu bulw

Wobec zachowania stałych warunków glebowych i agrotechnicznych we wszystkich latach realizacji doświadczeń uznano, że przyczynę zróżnicowanego udziału bulw o niewłaściwym kształcie w latach badań stanowił stan pogody w kolejnych sezonach wegetacji.

Wstępna ocena układu poszczególnych parametrów meteorologicznych w latach o skrajnie wysokim oraz najniższym poziomie notowanych wad wskazuje, że czynnikami o wyraźnym zróżnicowaniu w kolejnych miesiącach porównywanych lat były temperatura gleby i opady (tab. 4).

Tabela 4

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji w latach o największym zróżnicowaniu występowania defektów bulw

Meteorological conditions during the vegetation period in the years when the largest differentiation of tuber defects occurred

Rok badań Year of research	Suma opadów Total rainfall (mm)				Temperatura powietrza The temperature of air (°C)				Temperatura gleby The temperature of soil (°C)			
	miesiące — months				miesiące — months				miesiące — months			
	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX	VI	VII	VIII	IX
2001	68,3	103,5	33,8	74,9	14,5	20,2	18,9	11,5	18,1	23,1	23,0	15,0
2002	72,4	37,6	58,7	22,1	16,9	20,4	20,5	13,1	20,5	23,4	23,7	17,2
2004	35,1	69,3	37,0	39,8	14,9	16,8	18,5	10,2	19,6	21,3	22,7	x
2005	36,3	67,4	12,3	25,3	14,7	19,7	16,2	15,0	19,2	23,5	20,2	18,3
2006	50,9	9,2	156,1	11,5	15,9	21,9	17,0	14,9	20,9	25,4	20,9	17,9
2009	72,4	85,6	83,1	18,8	16,4	21,3	17,4	14,8	22,4	24,3	23,6	20,4
2011	44,8	278,1	57,1	18,5	17,5	17,0	17,5	13,7	21,8	19,4	19,8	16,4

Stwierdzono też, że chociaż rozkład temperatury powietrza nie wskazuje na wyraźne bezpośrednie oddziaływanie tego czynnika, to znaczną rolę mogą mieć warunki termiczno-wilgotnościowe (wyrażane współczynnikiem Sielianinowa) w istotnych dla kształtowania plonu fazach wzrostu roślin. Wykonano, zatem szereg analiz korelacji pomiędzy poziomem wymienionych czynników w kolejnych okresach rozwoju roślin (i bulw) odmian poszczególnych grup wczesności i udziałem bulw z omawianymi wadami w plonie odmian tych wczesności.

Badania te wykazały, że okresem, w którym stan warunków pogody w najwyższym stopniu wpływa na występowanie w plonie bulw z deformacjami jest czas od pełni kwitnienia roślin do jego końca, czyli faza początkowego, intensywnego rozwoju bulw. Stwierdzono istotną zależność pomiędzy temperaturą gleby w w/w okresie a udziałem bulw zdeformowanych w plonie jak i pomiędzy wartością współczynnika Sielianinowa, a występowaniem wymienionej wady. Zależność ta została udowodniona dla wszystkich grup wczesności (tab. 5).

Wykazano, że wraz ze wzrostem temperatury gleby w podanym przedziale czasu, w zakresie od 20,5°C do 25,5°C i odpowiednio współczynnika Sielianinowa od 0,3 do 3,0 zwiększał się w zbieranym plonie udział bulw o nietypowych zdeformowanych kształtach (rys. 2).

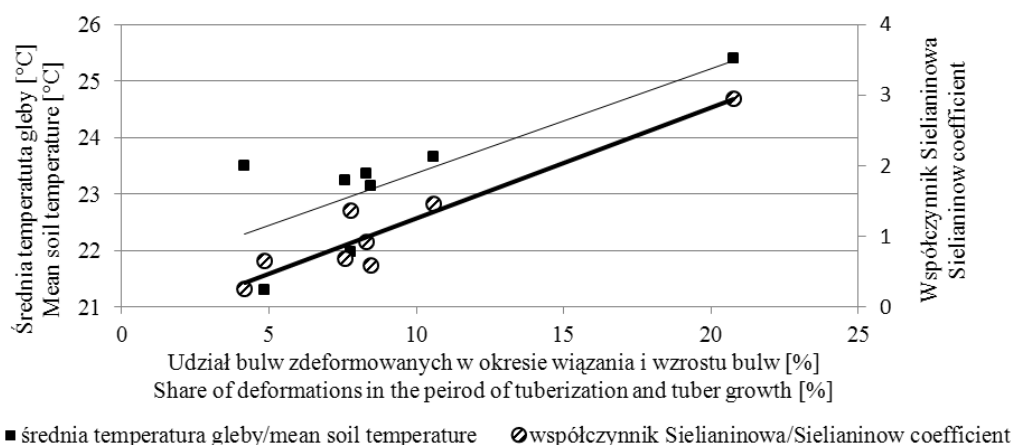
Tym samym uzyskane wyniki są zgodne z efektami prac prowadzonych w warunkach kontrolowanych, których autorzy podkreślają, że stres związany ze zbyt wysoką temperaturą powoduje u ziemniaka nie tylko ograniczenia wysokości plonu, ale także pogorszenie jego jakości, w tym cech morfologii bulw (Levy, 1986; Rykaczewska, 2004).

Tabela 5

Zależności pomiędzy poziomem czynników meteorologicznych a występowaniem bulw zdeformowanych w plonie

The relationships between the level of meteorological factors and the occurrence of tuber deformations in the yield

Faza rozwoju roślin Phase growth of plants	Czynnik meteorologiczny Meteorological factor	Zakres wartości czynnika Factor volume	Wykazane zależność Showed correlation	
			grupa wczesności maturity group	wartość współczynnika korelacji correlation coefficient
Pełnia — koniec kwitnienia Full flowering — end of flowering	Temperatura gleby (°C) Soil temperature (°C)	20,5–23,8	wczesne early	0,773
		21,3–25,4	średnio wczesne middle early	0,605
		21,3–24,8	średnio późne i późne middle late and late	0,605
	Współczynnik Sielianinowa Sielianinow coefficient	0,3–2,3	wczesne early	0,662
		0,3–3,0	średnio wczesne middle early	0,880
		0,3–3,0	średnio późne i późne middle late and late	0,662



Rys. 2. Zależność pomiędzy średnią temperaturą gleby oraz współczynnikiem Sielanianowa w początkowym okresie wzrostu bulw a występowaniem bulw zdeformowanych w plonie odmian średnio wczesnych

Fig. 2. The relationships between the mean soil temperature and Sielanianow coefficient in the period of tuberization and tuber growth on the occurrence of tuber deformations in the yield of middle early cultivars

Tabela 6

Zależności pomiędzy poziomem czynników meteorologicznych a występowaniem bulw ze spękaniem w plonie

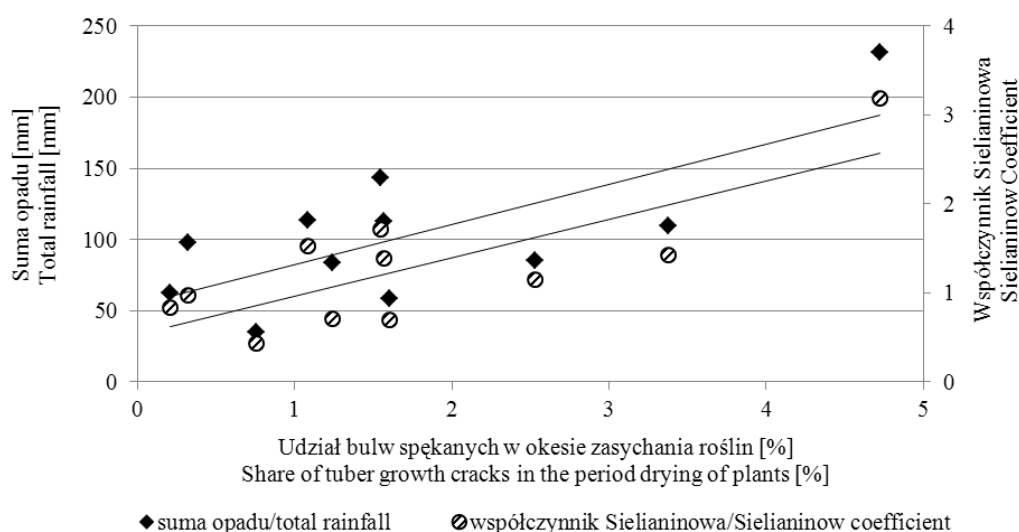
The relationships between the level of meteorological factors and the occurrence of tuber growth cracks in the yield

Faza rozwoju roślin Phase growth of plants	Czynnik meteorologiczny Meteorological factor	Zakres wartości czynnika Factor volume	Wykazana zależność Showed correlation	
			grupa wczesności maturity group	wartość współczynnika korelacji correlation coefficient
Zasychanie roślin Drying of plants	suma opadów (mm) total rainfall (mm)	8,0–116,0	wczesne early	0,558
		35,1–231,8	średnio wczesne middle early	0,504
		81,4–268,3	średnio późne i późne middle late and late	0,404
Zasychanie roślin Drying of plants	współczynnik Sielanianowa Sielanianow coefficient	0,2–3,2	wczesne early	0,524
		0,4–3,2	średnio wczesne middle early	0,554
		0,7–2,1	średnio późne i późne middle late and late	0,311

Analizy zależności pomiędzy czynnikami meteorologicznymi i występowaniem bulw spękanych wykazały natomiast, że największe znaczenie dla powstawania tego defektu bulw mają warunki związane z zaopatrzeniem roślin w wodę w końcowej fazie ich wzrostu.

Odnotowano istotne zależności pomiędzy sumami opadów w okresie zasychania roślin a udziałem bulw ze spękaniem u odmian wszystkich wczesności z wyjątkiem bardzo wczesnych (tab. 6). Czynnikiem o podobnym stopniu oddziaływania na powstawanie spękań okazał się także współczynnik Sielianinowa czyli warunki termiczno-wilgotnościowe (tab. 6).

Wykazane zostało, że w miarę wzrostu sumy opadów oraz współczynnika Sielianinowa w okresie, kiedy ma miejsce nasilenie procesów związanych z przekazywaniem do bulw substancji zgromadzonych w kończącej wegetację części nadziemnej i jednocześnie proces suberynizacji skórki przebiega bardziej intensywnie, częściej dochodzi do spękań zarówno w obrębie tworzącego się korka jak i głębiej położonych komórek miąższowych (rys. 3).



Rys. 3. Zależność pomiędzy sumą opadów oraz współczynnikiem Sielianinowa w okresie zasychania roślin a występowaniem bulw spękanych w plonie odmian średnio wczesnych

Fig. 3. The relationships between the total rainfall and the Sielianinow coefficient in the period of drying of plants on the occurrence of tuber growth cracks in yields of middle early cultivars

Powyższe zależności są, zatem w pewnym zakresie zbieżne z rezultatami doświadczeń zaprezentowanych przez badaczy ze Słowenii. Stwierdzili oni, że nasilenie spękań bulw sprzyjają krótkookresowe wahania temperatury gleby, związane z małą rozstawą redlin (Dolničar i in., 2004). W warunkach naszych badań tj. prowadzenia uprawy ziemniaka na glebie lekkiej, wzrost sum opadów powoduje na ogół większą zmienność warunków termicznych w glebie. Na wahania wilgotności gleby i związane z tym nierównomierne tempo wykorzystania wody, następujące po okresach suszy lub w okresach wysokiej temperatury, jako przyczynę zaburzeń w rozwoju bulw prowadzącą do występowania nieprawidłowości w ich kształcie wskazują też naukowcy amerykańscy (Selman i in., 2008).

Odmianowe zróżnicowanie występowania wad kształtu bulw

Przeprowadzone badania zmienności genotypowej wykazały, że odmiany każdej z grup wczesności charakteryzuje istotne zróżnicowanie, co do występowania w plonie tak bulw zdeformowanych jak i bulw ze spękaniem (tab. 7 i 8).

Tabela 7

Zróżnicowanie odmian ziemniaka pod względem występowania bulw zdeformowanych Differentiation of potato cultivars in the incidence of tuber deformations

Grupa wczesności Maturity group	Liczba ocenianych odmian Number of evaluated cultivars	Odmiany o najniższym udziale bulw z wadą Cultivars with the lowest share of tubers with defects		Odmiany o najwyższym udziale bulw z wadą Cultivars with the highest share of tubers with defects		NIR $p=0,05$ dla grupy wczesności ($^{\circ}$ Bliss) LSD $_{0,05}$ of maturity group (Bliss degree)
		odmiana cultivar	udział bulw z wadą (%) share of tubers with defects (%)	odmiana cultivar	udział bulw z wadą (%) share of tubers with defects (%)	
Bardzo wczesne Very early	13	Arielle	2,3	Flaming	15,7	1,2
		Velox	4,6	Felka Bona	14,4	
		Impala	5,5	Justa	12,1	
Wczesne Early	19	Gracja	2,4	Aksamitka	14,4	1,3
		Bila	4,7	Dorota	13,1	
		Ewelina	6,5	Owacja	11,6	
Średnio wczesne Middle early	29	Mors	2,4	Finezja	27,6	1,4
		Andromeda	3,4	Adam	18,4	
		Irga	3,8	Wiarus	18,2	
Średnio późne i późne Middle late and late	28	Salto	3,5	Ikar	18,9	1,2
		Sonda	5,0	Niagara	17,8	
		Pasja	5,5	Medea	15,0	

Najmniejsze różnice odmianowe, co do występowania bulw zdeformowanych odnotowano w grupie odmian wczesnych. Największy udział takich bulw stwierdzono u odmiany Gracja — 2,4%, najwyższy zaś u Aksamitki — 14,4% (tab. 7). Grupą, w której genotypowa zmienność udziału bulw zdeformowanych była najwyższa okazały się odmiany średnio wczesne, udział bulw z omawianą wadą u odmiany o najkorzystniejszym poziomie tej cechy wynosił również 2,4% — odmiana Mors ale u odmiany, u której ta cecha okazała się najmniej korzystna — Finezji znacznie więcej, bo 27,6% (tab. jw.). Odmiany o najwyższym i najniższym udziale bulw zdeformowanych wśród odmian bardzo wczesnych oraz charakteryzujących się najdłuższym okresem wegetacji to odpowiednio: bardzo wczesne Flaming i Arielle oraz późne: Ikar i Salto (tab. jw.).

Najwyższą skłonnością do powstawania spęknięć bulw charakteryzowała się późna odmiana Jasia — 9,7%, natomiast u odmian wczesnych — Rosalind i Gracja oraz późniejszych — Gandawa i Niagara nie zanotowano obecności takich bulw (tab. 8).

Tabela 8

Zróznicowanie odmian ziemniaka pod względem występowania bulw ze spękaniem
Differentiation of potato cultivars in the incidence of tuber growth cracks

Grupa wczesności Maturity group	Liczba ocenianych odmian Number of evaluated cultivars	Odmiany o najniższym udziale bulw z wadą Cultivars with the lowest share of tubers with defects		Odmiany o najwyższym udziale bulw z wadą Cultivars with the highest share of tubers with defects		NIR _{P=0,05} dla grupy wczesności (°Bliss) LSD _{0,05} of maturity group (Bliss degree)
		odmiana cultivar	udział bulw z wadą (%) share of tubers with defects (%)	odmiana cultivar	udział bulw z wadą (%) share of tubers with defects (%)	
Bardzo wczesne Very early	13	Lord	0,4	Milek	5,2	1,2
		Arielle	0,6	Molli	4,8	
		Denar	0,7	Flaming	2,5	
Wczesne Early	19	Rossalind	0,0	Ewelina	5,6	1,2
		Gracja	0,0	Bellarosa	4,9	
		Kuklik	0,1	Cyprian	3,6	
Średnio wczesne Middle early	29	Wiking	0,1	Pasat	4,2	0,9
		Elanda	0,1	Adam	4,1	
		Monsun	0,1	Zuzanna	2,3	
Średnio późne i późne Middle late and late	28	Gandawa	0,0	Jasia	9,7	1,2
		Niagara	0,0	Inwestor	5,0	
		Danusia	0,1	Pokusa	3,4	

WNIOSKI

1. Występowanie bulw zdeformowanych oraz bulw ze spękaniem w plonach okazało się istotnie uzależnione od roku uprawy i odmiany. W plonach ziemniaków z gleby lekkiej częstszą wadą kształtu bulw są deformacje.
2. Nasilenie występowania bulw z defektami kształtu w plonach z gleby lekkiej podlega silnej zmienności związanej z układem warunków meteorologicznych w kolejnych fazach rozwoju roślin (i bulw) odmian danej wczesności. Przeprowadzone analizy wykazały, że:
 - udział bulw zdeformowanych w plonie był silnie uwarunkowany temperaturą gleby oraz wartością współczynnika Sielianiowa w okresie od pełni do końca kwitnienia roślin, czyli w czasie intensywnego, początkowego przyrostu masy bulw,
 - wraz ze wzrostem sumy opadów oraz współczynnika Sielianiowa w końcowym okresie gromadzenia masy plonu (faza zasychania roślin) zwiększał się udział bulw spękanych w plonie odmian wczesnych, średnio wczesnych a także średnio późnych i późnych.
3. Odmiany należące do poszczególnych grup wczesności były istotnie zróżnicowane pod względem występowania bulw zdeformowanych i spękanych w plonie. Najwięcej bulw spękanych odnotowano u odmiany Jasia, natomiast odmiany Finezja, Adam i Ikar okazały się najbardziej skłonne do tworzenia bulw zdeformowanych.

LITERATURA

- Dolničar P., Vučajnk, F., Godeša T., Bernik R. 2004. The effect of stress conditions and production technologies on non-parasitic defects of potato tubers. Conf. paper: Novi izzivi v poljedelstvu. Zbornik simpozija, Ljubljana, Slovenia 13-14 decembra 2004: 227.
- Gawrońska H. 1998. Wytwarzanie i dystrybucja biomasy u ziemniaka *Solanum tuberosum* L. w zróżnicowanych warunkach środowiska. Fundacja Rozwój SGGW Warszawa: 95.
- Jefferies R. A., Mackerron D. K. L. 1987. Observations on the incidence of tuber growth cracking in relation to weather patterns. *Potato Res.* 30: 613 — 623.
- Krzysztofik B. 2010. Wpływ sposobu uprawy roli na niektóre cechy trzech odmian ziemniaka. *Zeszyty Prob. Post. Nauk Rol.* 557: 183 — 192.
- Levy D. 1986. Genotypic variation in response of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) to high ambient temperature and water deficit. *Field Crops Res.* 15: 85 — 96.
- Levy D., Livesku L., Van der Zaag. 1986. Double cropping of potatoes in a semi-arid environment: the association of ground cover with tuber yields. *Potato Res.* 29: 437 — 449.
- Lutomirska B. 2003. Rola odmiany jako czynnika warunkującego plonowanie i cechy jakości bulw. *Mat. z Konf. Nauk., Znaczenie odmiany w agrotechnice i przechowywalnictwie ziemniaka. Jadwisin:* 36.
- Loon van C. D. 1981. The effect of water-stress on potato growth, development and yield. *Am. Potato J.* 58: 51 — 69.
- Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych. *Ziemniak. Oprac. Kamasa J. COBORU. Słupia Wielka* 1998. 12.
- Molga M. 1986. Podstawy klimatologii rolniczej. *PWRL Warszawa:* 544 — 547.
- Noordam J. C., Otten G. W., Timmermans A. J. M., van Zwol B. H. 2000. High-speed potato grading and quality inspection based on a color vision system. *Machine Vision Applications in Industrial Inspection VIII*, Kenneth W. Tobin; Ed. *Proc. SPIE:* 3966: 206 — 217.
- Nowacki W. 2006. Straty plonu handlowego ziemniaków powodowane przez choroby i szkodniki w 2005 roku. *Postęp w Ochronie Roślin.* 46 (1): 195 — 201.
- Rozporządzeniu Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków (Dziennik Ustaw z dnia 29 października 2003 roku, nr 194, poz. 1899, 1900, 1901).
- Selman L., Andrews N., Stone A., Mosley A. 2008. What's Wrong with my Potato Tubers? EM 8948-E, January: <http://extension.oregonstate.edu/catalog/pdf/em/em8948-e.pdf>
- Werner E., Trętowski J. 1985. Ziemniak jadalny. *Biologia ziemniaka.* PWN Warszawa: 254 — 265.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2002. Normy i wymagania ziemniaków jadalnych oraz do przetwórstwa spożywczego. *Produkcja i rynek ziemniaków jadalnych. Pod redakcją J. Chotkowskiego.* Warszawa "Wiś Jutra": 183 — 192.

CEZARY TRAWCZYŃSKI**ANNA WIERZBICKA**Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Agronomii Ziemniaka, Oddział w Jadwisinie

Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności

Relationships between vitamin C and nitrates contents in tubers of potato cultivars belonging to different maturity groups

Celem badań polowych przeprowadzonych w latach 2006–2011 było określenie wpływu odmiany ziemniaka i warunków pogodowych w okresie wegetacji na zawartości witaminy C i azotanów w bulwach oraz relacje pomiędzy tymi składnikami. Badania przeprowadzono w warunkach gleby lekkiej na 28 jadalnych odmianach ziemniaka, podzielonych na 3 grupy: bardzo wczesne i wczesne, średnio wczesne, średnio późne i późne. Nawożenie organiczne stosowano w formie słomy i poplonu ścierniskowego z gorczycy białej. Nawożenie mineralne N:P:K stosowano odpowiednio w dawce 100:39,2: 99,6 kg·ha⁻¹. Stwierdzono istotne różnice w zawartości witaminy C i azotanów w bulwach oraz relacji pomiędzy tymi składnikami dla poszczególnych odmian i warunków pogodowych w latach badań. Większość bulw badanych odmian charakteryzowała się korzystnym stosunkiem witaminy C do azotanów (powyżej 2/1). Bulwy odmian średnio wczesnych, średnio późnych i późnych charakteryzowały się korzystniejszym stosunkiem witaminy C do azotanów w porównaniu do odmian bardzo wczesnych i wczesnych. Stwierdzono, że w latach o opadach wyższych od średniej z wielolecia, szczególnie w miesiącach lipiec-sierpień (2009, 2010, 2011), niesprzyjających nadmiernemu gromadzeniu azotanów w bulwach, stosunek witaminy C do azotanów był szerszy niż w innych latach.

Słowa kluczowe: azotany, odmiany ziemniaka, stosunek witamina C/azotany, warunki pogodowe, witamina C

In a field experiment conducted in the years 2006–2011, the influence of potato cultivars and climate conditions on the content of vitamin C and nitrates in tubers and relationships between components were determined. The investigations were carried out in the light soil conditions on 28 table potato cultivars which were divided into three groups: very early and early, mid early, mid late and late. Organic fertilization in the form of straw and aftercrop of white mustard was applied. Mineral fertilization was applied in the doses of 100 kg N·ha⁻¹; 39.2 kg P·ha⁻¹; 99.6 kg K·ha⁻¹. We found significant differences in vitamin C and nitrates content in tubers and relationship between this component for cultivars and weather conditions in years. In most of the tested cultivars, the ratios of vitamin C to nitrates in tubers were advantageous (above 2/1). More advantageous ratios of vitamin C to nitrates were found in the tubers of mid early, mid late and late cultivars in comparison to tubers of very early and early cultivars. It was stated that in the years with higher precipitation than the long-term

mean, especially in months July-August (2009, 2010, 2011) that were not favourable for nitrates accumulation in tubers, relationship between vitamin C to nitrates was wider than in other years.

Key words: nitrates, potato cultivars, ratio vitamin C/nitrates, vitamin C, weather conditions

WSTĘP

Bulwy ziemniaka są ważnym źródłem wielu witamin, ale największe znaczenie ma witamina C, której głównymi składnikami są kwas askorbinowy i kwas dehydroaskorbinowy. Zawartość witaminy C wahać się może w zależności od odmiany w granicach od 5 do 30 mg w 100 g świeżej masy bulw (Leszczyński, 2000; Sinden i in., 1978; Zimnoch-Guzowska, Flis, 2006). Z kolei azotany są naturalnymi składnikami występującymi w bulwach ziemniaka. Obecność ich w bulwach związana jest z przemianami azotu w aminokwasy i białka. Ziemniak zaliczany jest do grupy roślin w niewielkim stopniu kumulującym azotany, ale poziom ich w bulwach może być bardzo zróżnicowany. Azotany wykazywać mogą działanie szkodliwe, jeżeli ulegną redukcji do azotynów, co może zachodzić nie tylko w organizmie, ale także w środkach spożywczych podczas ich produkcji, przetwarzania czy magazynowania. Powstałe z azotanów nitrozoaminy mogą wykazywać działanie mutagenne i rakotwórcze. Inhibitorem tworzenia się nitrozoamin jest witamina C. Kwas askorbinowy redukuje azotyny do tlenku azotu eliminując reakcję ich nitrozowania, czyli zawarta w produktach, między innymi w bulwach ziemniaka witamina C skutecznie obniża szkodliwość azotanów (Hippe, 1996; Massey, 1982). Dlatego większa zawartość witaminy C w stosunku do poziomu azotanów wskazuje na lepszą wartość pokarmową bulw (Cieślik, 1994; Mazurczyk, Lis, 2004; Mazur i in., 1993). Do ważnych czynników modyfikujących zawartość azotanów i witaminy C w bulwach należy zaliczyć genotyp (właściwości odmianowe) i warunki meteorologiczne w okresie wegetacji, szczególnie opady i temperaturę powietrza (Cieślik, 1995; Lis, 1996; Roztropowicz, 1989; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 1985).

Celem badań było określenie wpływu genotypu i przebiegu warunków meteorologicznych w okresie wegetacji na zawartość witaminy C i azotanów oraz ustalenie wzajemnych relacji pomiędzy tymi składnikami w bulwach ziemniaków należących do różnych grup wczesności.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2006–2011 w Zakładzie Agronomii Ziemniaka Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB, Oddział w Jadwisinie w ścisłych doświadczeniach polowych i laboratoryjnych określono zawartość witaminy C i azotanów w bulwach 28 nowych jadalnych odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności (bardzo wczesne i wczesne — Aruba, Augusta, Bellarossa, Berber, Etola, Eugenia, Ewelina, Flaming, Impala, Justa, Miłek, Nora, Oman Velox; średnio wczesne — Almera, Ametyst, Benek, Elanda, Finezja, Jutrzenka, Marlen, Meridian, Promyk, Sagitta, Tetyda; średnio późne i późne — Medea, Roko, Zagłoba). Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków w 3

powtórzeniach. Wielkość pojedynczego poletka stanowiła powierzchnię 7,425 m² (30 krzaków).

Badania przeprowadzono na glebie lekkiej o składzie granulometrycznym piasku gliniastego lekkiego. Gleba charakteryzowała się kwaśnym odczynem, bardzo wysoką zasobnością w przyswajalny fosfor oraz średnią do wysokiej w potas i magnez. Warunki meteorologiczne okresu wegetacji oceniono na podstawie odchyień sumy opadów i średnich temperatur powietrza od średnich z wielolecia (tab. 1). W głównych miesiącach wegetacji ziemniaków oraz w okresie zbioru (czerwiec, lipiec, sierpień, wrzesień) warunki wilgotnościowe były zróżnicowane w poszczególnych latach. W czerwcu zanotowano opady poniżej średniej z wielolecia, z wyjątkiem roku 2007, natomiast w miesiącu lipcu lata 2006, 2007, 2008 były niedoborowe, zaś lata 2009, 2010, 2011 charakteryzowały się sumą opadów powyżej średniej z wielolecia. W miesiącu sierpniu we wszystkich latach badań opady utrzymywały się powyżej średniej z wielolecia, a jedynie w roku 2011 zanotowano niewielki ich niedobór. Ponadto wykazano, że miesiąc czerwiec był chłodniejszy w latach 2006 i 2007 niż w pozostałych latach, zaś lipiec chłodniejszy w latach 2007, 2008 i 2011 w porównaniu do pozostałych trzech lat. Z kolei miesiąc sierpień był generalnie chłodny, zaś we wrześniu w latach 2006, 2009 i 2011 było cieplej w porównaniu do pozostałych lat.

Tabela 1

Odchylenia miesięcznych sum opadów (mm) oraz średnich miesięcznych temperatur powietrza (°C) w latach od średniej wieloletniej
Deviations of monthly precipitation sums (mm) and of mean monthly air temperature (°C) in the years from long-term means

RokYear	Miesiące — Months					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Opady — Precipitation						
1967-2011	39	51	77	73	62	49
2006	-1,0	-0,6	-26,1	-63,8	94,1	-37,5
2007	-22,7	26,4	32,6	-18,9	12,3	52,7
2008	-8,7	10,9	-33,5	-4,2	18,9	-2,2
2009	-36,0	27,8	-3,6	12,6	25,1	-30,2
2010	-26,3	110,8	-12,0	22,7	46,3	21,3
2011	-9,2	-22,9	-30,2	200,1	-1,9	-30,5
Temperatura powietrza — Air temperature						
1967-2011	7,7	13,7	16,5	18,4	17,7	13,2
2006	0,0	-0,9	-1,3	3,6	-0,7	1,6
2007	0,1	-0,5	-0,8	-0,8	0,0	-2,3
2008	-0,3	0,0	0,6	-0,3	-0,1	-1,5
2009	1,9	-1,3	0,9	2,9	-0,5	1,1
2010	0,3	-1,2	0,0	1,5	0,4	-2,0
2011	1,9	-0,4	1,0	-1,5	-2,4	0,6

Nawożenie organiczne pod ziemniaki stanowiła słoma z dodatkiem azotu mineralnego (około 1 kg N na 100 kg słomy) przyorywana podorywką oraz poplon ścierniskowy z gorczycy białej przyorywany jesienią orką przedzimową. Nawożenie mineralne N : P : K stosowano odpowiednio w dawce 100 : 39,2 : 99,6 kg·ha⁻¹. Bulwy sadzano ręcznie w III dekadzie kwietnia w rozstawie 75×33 cm, a zbierano w okresie od III dekady sierpnia

(odmiany wczesne) do I dekady października (odmiany późniejsze). Podczas zbioru pobierano 5-kilogramowe próby w celu oznaczenia zawartości witaminy C i azotanów w bulwach. Zawartość witaminy C określono jako sumę kwasu L-askorbinowego i dehydroaskorbinowego metodą Tillmansa za pomocą miareczkowania roztworem 2,6-dwuchlorofenolindofenolu (Rutkowska, 1981). Azotany oznaczono metodą kolorymetryczną w oparciu o reakcję Griessa z wykorzystaniem mieszaniny cynku i manganu przy redukcji azotanów do azotynów (Zalewski, 1971).

Wyniki doświadczeń opracowano posługując się programem statystycznym SAS Enterprise Guide. Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu zakresu studentyzowanego Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Zawartość witaminy C w bulwach analizowanych odmian wynosiła średnio $187,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy i była zbieżna z wykazaną przez innych badaczy (Kraska, 2002; Mazurczyk, 1988; Roztropowicz, 1989; Sawicka, Mikos-Bielak, 1998). Największą zawartość witaminy C w grupie bardzo wczesnych i wczesnych stwierdzono w bulwach odmiany Ewelina ($248,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy), w grupie odmian średnio wczesnych w ziemniakach odmiany Meridian ($223,9 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy), a spośród średnio późnych i późnych największym poziomem witaminy C w bulwach charakteryzowała się odmiana Roko ($192,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy) — (tab. 2). Różnica zawartości witaminy C w bulwach pomiędzy odmianami wahała się od 123,6 do $248,1 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy. Wraz z wydłużeniem okresu wegetacji ziemniaków, od wczesnych do późniejszych stwierdzono zmniejszenie poziomu witaminy C w bulwach, odpowiednio od 204,9 do $163,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy (tab. 3). Udowodnione statystycznie różnice dotyczyły tylko grupy odmian bardzo wczesnych i wczesnych w porównaniu do pozostałych grup. Generalnie bulwy odmian bardzo wczesnych i wczesnych charakteryzowały się o około 18% większą zawartością witaminy C, niż bulwy odmian średnio późnych i późnych. Wielu badaczy (Gąsiorowska, Zarzecka, 2002; Kraska, 2002; Machnacki, Kołpak 1999; Rogozińska, 1983; Roztropowicz, 1989; Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 1985) potwierdziło, że zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka jest cechą odmianową, ale w znacznym stopniu zależną od przebiegu pogody w okresie wegetacji, głównie temperatury powietrza i opadów. Z reguły nierównomierny rozkład lub niedobór opadów oraz zbyt wysoka temperatura powietrza, szczególnie w końcowym okresie wegetacji odbijają się niekorzystnie na ilości tego składnika w bulwach, co potwierdzono w niniejszych badaniach. W trzech latach badań (2006, 2009, 2011), w których układ warunków pogodowych, opadów i temperatury powietrza w okresie wegetacji był najbardziej zróżnicowany, kiedy po okresie opadów następował ich niedobór lub po okresie chłodniejszym notowano wzrost temperatury powietrza, szczególnie w miesiącach sierpień — wrzesień, stwierdzono istotnie mniejszą zawartość witaminy C w bulwach, niż w pozostałych latach badań (2007, 2008 i 2010) — (tab. 4).

Tabela 2

Zawartość oraz relacje witaminy C do azotanów w bulwach badanych odmian ziemniaka
The content and relationships of vitamin C to nitrates in tubers of tested potato cultivars

Odmiana Cultivar	Witamina C mg·kg ⁻¹ św. masy Vitamin C mg·kg ⁻¹ of fresh mass	Azotany (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ św. masy Nitrates (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ of fresh mass	Stosunek witamina C/azotany Ratio vitamin C/nitrates
Bardzo wczesne i wczesne — Very early and early			
Aruba	183,5	82,2	2,2/1
Augusta	201,8	74,6	2,7/1
Bellarossa	187,3	100,6	1,8/1
Berber	191,7	137,0	1,3/1
Etola	236,5	19,1	12,3/1
Eugenia	207,4	103,4	2,0/1
Ewelina	248,1	123,3	2,0/1
Flaming	217,0	65,0	3,3/1
Impala	217,9	252,0	0,8/1
Justa	193,1	95,9	2,0/1
Milek	216,0	143,8	1,5/1
Nora	184,3	119,1	1,5/1
Oman	180,4	76,0	2,3/1
Velox	203,4	206,8	0,9/1
Średnio wczesne — Medium early			
Almera	202,3	69,8	2,8/1
Ametyst	129,0	17,8	7,2/1
Benek	155,6	70,5	2,2/1
Elanda	157,4	78,7	2,0/1
Finezja	151,9	50,6	3,0/1
Jutrzenka	155,0	55,4	2,7/1
Marlen	200,8	67,8	2,9/1
Meridian	223,9	157,5	1,4/1
Promyk	174,6	49,3	3,5/1
Sagitta	180,0	26,0	6,9/1
Tetyda	171,0	57,5	2,9/1
Średnio późne i późne — Medium late and late			
Medea	174,1	76,7	2,2/1
Roko	192,8	53,4	3,6/1
Zagłoba	123,6	53,4	2,3/1
NIR _{0,05} /LSD _{0,05}	12,1	26,0	0,5/1

Tabela 3

Zawartość i relacje witaminy C do azotanów dla poszczególnych grup odmian ziemniaków
The content and relationships of vitamin C to nitrates for maturity groups of potato cultivars

Grupa odmian Group of cultivars	Witamina C mg·kg ⁻¹ św. masy Vitamin C mg·kg ⁻¹ of fresh mass	Azotany (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ św. masy Nitrates (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ of fresh mass	WitaminaC/Azotany Vitamin C/Nitrates
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	204,9	114,2	1,7/1
Średnio wczesne Medium early	172,8	63,7	2,7/1
Średnio późne i późne Medium late and late	163,5	61,2	2,7/1
NIR _{0,05} LSD _{0,05}	10,5	28,0	0,6/1

Tabela 4

Wpływ lat badań na zawartość i relacje witaminy C do azotanów w bulwach ziemniaka
Influence of year of testing on the content and relationships of vitamin C to nitrates in potato tubers

Lata Years	Witamina C mg·kg ⁻¹ św. masy Vitamin C mg·kg ⁻¹ of fresh mass	Azotany (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ św. masy Nitrates (NaNO ₃) mg·kg ⁻¹ of fresh mass	WitaminaC/Azotany Vitamin C/Nitrates
2006	170,8	129,8	1,3/1
2007	212,9	119,7	1,7/1
2008	245,7	165,0	1,4/1
2009	149,3	63,0	2,3/1
2010	205,2	85,1	2,4/1
2011	150,0	20,1	7,4/1
NIR _{0,05}	15,0	25,0	0,7/1
LSD _{0,05}			

Zawartość azotanów w ziemniakach badanych odmian, była bardziej zróżnicowana niż zawartość witaminy C i wahała się od 17,8 do 206,8 mg·kg⁻¹ świeżej masy bulw. Z grupy odmian bardzo wczesnych i wczesnych największą zawartością azotanów (252 mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy) charakteryzowały się ziemniaki odmiany Impala, spośród średnio wczesnych odmiana Meridian (157,5 mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy), natomiast wśród średnio późnych i późnych odmiana Medea (76,7 mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy) — (tab. 2). Generalnie w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych stwierdzono istotnie większą zawartość azotanów, niż w bulwach odmian późniejszych (tab. 3). Zbieżność odnośnie zróżnicowania odmian pod względem zawartości azotanów, na podstawie wieloletnich badań, potwierdzili Mazurczyk i Lis (2000) wykazując, że poziom tego składnika w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych, średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych stanowił odpowiednio: 224, 108 i 44 mg NaNO₃·kg⁻¹ świeżej masy. Oprócz nawożenia, głównie azotem, czynnikiem w istotny sposób kształtującym zawartość azotanów w bulwach, może być układ warunków pogodowych w okresie wegetacji ziemniaków, co potwierdziły niniejsze badania oraz innych badaczy (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska 1996; Lis 1996; Międzybrodzka i in. 1992). Wynika z nich, że wzrost gromadzenia azotanów w bulwach zbieżny jest bardziej z występowaniem lat suchych, z niedoborem opadów w okresie wegetacji, niż z latami wilgotnymi. Stąd w okresach wegetacyjnych, w których zanotowano opady powyżej średniej z wielolecia, szczególnie w miesiącu lipcu (2009, 2010, 2011) poziom azotanów w bulwach był istotnie niższy w porównaniu do pozostałych lat (2006, 2007, 2008) — (tab. 4). Przyczynia się do tego przemieszczanie mineralnych form azotu do głębszych warstw gleby w warunkach nadmiaru opadów, co decyduje o niskim pobieraniu tego składnika przez korzenie roślin, a tym samym mniejszym poziomie azotanów w bulwach oraz obniżonym wykorzystaniu azotu z zastosowanego nawozu (Fotyma i in., 2010; Trawczyński, 2010; Wierzbicka, Trawczyński, 2011).

W bulwach ziemniaków dostępnych w handlu stwierdza się zróżnicowaną, w dość szerokim zakresie zawartość azotanów (Frydecka-Mazurczyk, Zgórska, 2000; Lis, 1996), co zważywszy na wysokie ich spożycie może stanowić dużą ilość tego składnika w diecie. Udowodniono, że wysoka zawartość witaminy C w bulwach ziemniaka skutecznie obniża

szkodliwość azotanów, gdyż redukuje azotyny do tlenku azotu eliminując w ten sposób prekursorzy reakcji nitrozowania azotynów (Massey i in., 1982). Cieślik (1994) oraz Mazurczyk i Lis (2004) wykazali istotną ujemną korelację między zawartością witaminy C a zawartością azotanów w bulwach, która wyrażała się tym, że zwiększeniu zawartości witaminy C o jednostkę ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy) towarzyszył spadek zawartości azotanów z 25 do 5 jednostek ($\text{mg NaNO}_3 \cdot \text{kg}^{-1}$ świeżej masy). Istnienie takiej zależności jest korzystne dla konsumentów i podkreśla wysoką wartość żywieniową produktu, bowiem stwierdzono, że nitrozoaminy nie powstają w żywności, jeżeli dwie części (jednostki) kwasu askorbinowego przypadają na jedną część azotanów (Mazur i in., 1993). W badaniach własnych wykazano, że takim korzystnym stosunkiem witaminy C do azotanów, stanowiącym co najmniej dwie jednostki charakteryzowała się większość z przebadanych odmian (tab. 2). Stwierdzono również, że odmiany średnio wczesne oraz średnio późne i późne charakteryzowały się korzystniejszym stosunkiem zawartości witaminy C do azotanów, niż odmiany bardzo wczesne i wczesne (tab. 3). Z badań Mazurczyka i Lis (2004) wynika, że spośród przebadanych odmian ziemniaków większym od dwa stosunkiem witaminy C do azotanów charakteryzowały się tylko odmiany należące do grupy średnio wczesnych i późnych. Odmiany wczesne w ich badaniach (Mazurczyk i Lis, 2004) charakteryzowały się zwiększoną kumulacją azotanów w bulwach przy niewielkich zmianach zawartości witaminy C, co zawężało stosunek pomiędzy tymi składnikami. W niniejszych badaniach zawężony stosunek pomiędzy zawartością witaminy C i azotanów w bulwach, spowodowany był prawdopodobnie tym, że lata 2006, 2007 i 2008 sprzyjały gromadzeniu azotanów w bulwach (tab. 4), co wynikało z niedoboru opadów w lipcu.

WNIOSKI

1. Najkorzystniejszym stosunkiem witaminy C do azotanów z grupy bardzo wczesnych i wczesnych charakteryzowały się ziemniaki odmiany Etola (12,3/1), z grupy średnio wczesnych odmiany Ametyst (7,2/1), a z grupy średnio późnych i późnych odmiany Roko (3,6/1).
2. Stwierdzono korzystniejsze relacje pomiędzy zawartością witaminy C do azotanów w bulwach odmian średnio wczesnych oraz średnio późnych i późnych, niż w bulwach odmian bardzo wczesnych i wczesnych.
3. Rozszerzony stosunek witaminy C do azotanów stwierdzono w latach 2009, 2010, 2011 niż w pozostałych latach, co związane było przede wszystkim z wyższymi od średniej z wielolecia opadami, głównie w miesiącach lipiec i sierpień, a tym samym niską kumulacją azotanów w bulwach.

LITERATURA

- Cieślik E. 1994. The effect of naturally occurring vitamin C in potato tubers on the level of nitrates and nitrites. *Food Chem.* 49: 233 — 235.
- Cieślik E. 1995. Czynniki kształtujące zawartość azotanów i azotynów w ziemniakach. *Pos. Nauk Roln.* 6: 69 — 73.

- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 1996. Czynniki wpływające na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 47: 111 — 125.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 2000. Zawartość azotanów (V) w bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, miejsca uprawy i terminu zbioru. *Żywność 4 (25), Suplement*: 46 — 52.
- Gąsiorowska B., Zarzecka K. 2002. Wpływ terminu zbioru na plon i cechy jakościowe bulw ziemniaka uprawianego w rejonie Siedlec. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, z. 489: 319 — 325.
- Hippe J. 1996. Potato and nitrate: a short review. 13th Trienn. Conf. of EAPR. Veldhoven, The Netherlands 1996: 89 — 90.
- Kraska P. 2002. Wpływ sposobów uprawy, poziomów nawożenia i ochrony na wybrane cechy jakości ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 489: 229 — 237.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywność 4 (25), Suplement*: 5 — 27.
- Lis B. 1996. Wpływ długości okresu wegetacji odmian i nawożenia azotowego na zawartość azotanów w bulwach ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 440: 217 — 222.
- Machnacki M., Kołpak R. 1999. Czynniki agrotechniczne a wartość spożywcza ziemniaków. *Mat. konf. nauk. nt. „Ziemniak jadalny i dla przetwórstwa spożywczego-czynniki agrotechniczne i przechowalnicze warunkujące jakość”*. Radzików, 23-25 II 1999: 65 — 67.
- Massey R. C., Forsythe L., McWenny D. J. 1982. The effects of ascorbic acid and sorbic acid on N-nitrosamine formation in a heterogenous model system. *J. Sci. Food Agric.* 32: 294 — 298.
- Mazur T., Mineev M. V., Debreczeni B. 1993. Nawożenie w rolnictwie biologicznym. Wydaw. ART. Olsztyn: 52 — 57.
- Mazurczyk W. 1988. Skład chemiczny dojrzałych bulw 43 odmian ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 37: 11 — 20.
- Mazurczyk W., Lis B. 2000. Zawartość azotanów i glikoalkaloidów w dojrzałych bulwach ziemniaka jadalnego. *Roczn. PZH* 51: 37 — 41.
- Mazurczyk W., Lis B. 2004. Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach różnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 47 — 52.
- Międzybrodzka A., Cieślik E., Sikora E., Leszczyńska T. 1992. The effect of environment conditions on the level of nitrates and nitrites in various varieties of potato. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 1/42 (4): 45 — 56.
- Rogozińska I. 1983. Wpływ nawożenia azotem i warunków przechowywania na kształtowanie się zawartości witaminy C w ziemniakach jadalnych. *Biul. Inst. Ziemniaka*, 30: 61 — 71.
- Roztropowicz S. 1989. Środowiskowe, odmianowe i nawozowe źródła zmienności składu chemicznego bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 1: 33 — 76.
- Rutkowska U. 1981. Wybrane metody badania składu i wartości odżywczej żywności. *PZWL, Warszawa*: 294 — 295.
- Sawicka B., Mikos-Bielak. 1998. The influence of Cultivations under Poly-ethylene Sheeting and Nitrogen Fertilization on the Content of Vitamin C, Sugars and Phenols in the Early Varieties of Potato Tubers. *The Post-Harvest Treatment of Fruit and Vegetables, Current Status and Future Prospects*, Oosterbeek, 1998, The Netherlands: 419 — 425.
- Sinden S. L., Webb R. E., Sandford L. L. 1978. Genetic potential for increasing ascorbic acid content in potatoes. *Am. Potato J.* 55: 394 — 395.
- Trawczyński C. 2010. Wykorzystanie azotu z nawozów przez odmiany ziemniaka o zróżnicowanych wymaganiach w stosunku do tego składnika. *Biul. IHAR* nr 256: 133 — 140.
- Wierzbicka A., Trawczyński C. 2011. Czynniki wpływające na pobranie i wykorzystanie azotu przez jadalne i skrobiowe odmiany ziemniaka. *Biul. IHAR-PIB* nr 259/2011: 203 — 210.
- Zalewski W. 1971. Zagadnienia występowania różnych form azotu w warzywach i w związku z nawożeniem azotowym. Cz. III. Warzywa o małej zawartości N-NO₃ — wczesne ziemniaki, kalafior i cebula. *Bromat. Chem. Toksykol.* 4: 399 — 404.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 1985. Warunki agrotechniczne i przechowalnicze a cechy użytkowe bulw ziemniaka. *Biul. Inst. Ziemn.* 33: 109 — 119.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* z. 511: 23 — 36.

LUCYNA SŁOMIŃSKA^{1,2}**ROMAN ZIELONKA**¹**LESZEK JAROSŁAWSKI**¹**MAREK BUSZKA**¹¹ Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego, Oddział Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Poznań² Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Nauk Biologicznych, Zielona Góra

Hydroliza nieskleikowanej skrobi ziemniaczanej preparatami enzymów amylolitycznych

Hydrolysis of non-gelatinized potato starch by using amylolytic enzymes

Prowadzono badania celem określenia wpływu upłynniających i scukrzających preparatów enzymatycznych na wydajność procesu hydrolizy skrobi ziemniaczanej w temperaturze poniżej jej temperatury kleikowania. Hydrolizę skrobi prowadzono w wodnej zawieszynie o różnych stężeniach, tj. 5, 10, 20 i 30%, na którą działano preparatami enzymatycznymi (Liquozyme Supra — enzym upłynniający oraz Maltogenase 4000 L i AMG 300 L — enzymy scukrzające) użytymi pojedynczo lub w kombinacjach podczas 24 h, w temperaturach 30, 35, 40 i 45°C. W próbach określano wydajność procesu hydrolizy skrobi przez oznaczenie masy i stężenia hydrolizatu, cukrów redukujących oraz obliczenie wskaźnika uzysku. Badania wykazały, że podwyższenie temperatury reakcji z 30 do 45°C, podczas hydrolizy prowadzonej z zastosowaniem preparatu Liquozyme Supra, powoduje prawie sześciokrotne zwiększenie wskaźnika uzysku składników rozpuszczalnych, tj. od 2,9 do 17,1%. Ten najwyższy wskaźnik uzysku otrzymano, stosując zawiesinę skrobi o stężeniu 20%. Uwzględniając wszystkie zastosowane kombinacje enzymów, najwyższy wynik uzysku osiągnięto podczas hydrolizy prowadzonej w kombinacji preparatów Liquozyme Supra + AMG 300 L — 20,6%. Przedstawiona metoda niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej, wykorzystująca handlowe preparaty enzymów amylolitycznych w typowych dawkach przemysłowych, może być z powodzeniem stosowana do otrzymywania różnych rodzajów hydrolizatów skrobiowych o składzie cukrów charakterystycznym dla użytych rodzajów enzymów.

Słowa kluczowe: enzymy amylolityczne, hydroliza, skrobia ziemniaczana nieskleikowana

Study on the determination of the effect of liquefying and saccharifying enzyme preparations on the efficiency of the hydrolysis of potato starch at a temperature below the gelatinization temperature. Hydrolysis of starch was carried out using different concentrations of an aqueous suspension of starch, i.e. 5, 10, 20 and 30%, subjected to the enzyme preparations (Liquozyme Supra — liquefying enzyme or Maltogenase 4000 L and AMG 300 L — saccharifying enzymes) that were used individually or in combination during the 24 h of reaction at temperatures of 30, 35, 40 and 45°C. Mass and concentration of the extract, reducing sugars content and yield indicator of hydrolysate were determined in the samples. Studies have shown that raising the reaction temperature from 30 to 45°C during hydrolysis carried out with use of Liquozyme Supra caused almost six-fold increase in the yield indicator of soluble

component, i.e. from 2.9 to 17.1%. The highest yields were obtained using a suspension of starch at a concentration of 20%. Taking into account all used combinations of enzymes the highest yield indicator was obtained during the hydrolysis carried out in combination of preparations Liquozyme Supra + AMG 300 L — 20.6%. The presented method of low-temperature hydrolysis of starch, using commercial preparations of amylolytic enzymes in typical industrial dosages can be successfully applied to obtain of various types of starch hydrolysates with sugar compositions typical for the applied enzymes.

Key words: amylolytic enzymes, hydrolysis, non-gelatinized potato starch

WSTĘP

Konwencjonalna hydroliza skrobi polega na upłynnieniu i scukrzeniu wstępnie skleikowanej skrobi w wysokiej temperaturze. Proces kleikowania skrobi jest wysoce energetyczny, co wpływa na koszt produktu gotowego. Zmniejszenie zużycia energii i redukcję kosztu produkcji można uzyskać stosując nowe technologie, polegające na bezpośrednim działaniu enzymami amylolitycznymi na surowe ziarna skrobiowe w temperaturze poniżej jej temperatury kleikowania. Literatura opisuje badania enzymatycznej, niskotemperaturowej hydrolizy skrobi surowej, prowadzonej przy zastosowaniu różnych preparatów enzymatycznych lub enzymów uzyskanych laboratoryjnie. Vikso-Nielsen i in. (2006) prowadzili hydrolizę skrobi pszennej w temperaturze 60°C mieszaniną enzymów: alfa-amylazy (*Anoxybacillus contaminans*) i glukoamylazy (*Aspergillus niger*). Shariff i in. (2009) stosowali enzymatyczną hydrolizę skrobi tapiokowej i ziemniaczanej mieszaniną alfa-amylazy (*Aspergillus kawachii*) i glukoamylazy (*Aspergillus niger*) w temperaturze 35°C. Kim i in. (2008) prowadzili hydrolizę różnych skrobi (kukurydzianej, ziemniaczanej, ryżowej), stosując następujące enzymy: alfa-amylazę (*Bacillus subtilis*), glukoamylazę (*Aspergillus niger*) i beta-amylazę (ze słodkich ziemniaków) w temperaturach 37, 25 i 40°C. Puspasari i in. (2011) skrobię różnego pochodzenia botanicznego (kukurydza, kasawa, sago, ziemniak, ryż) poddawali hydrolizie w temperaturze 50°C przy zastosowaniu alfa-amylazy (*Bacillus aquimaris* MKSC 6.2). Liakopoulou-Kyriakides i in. (2001) prowadzili hydrolizę skrobi kukurydzianej w temperaturach 40, 50 i 60°C, stosując bakteryjną alfa-amylazę (*B. licheniformis*) i pleśniową glukoamylazę (*Rhizopus*). Vidal i in. (2009) prowadzili hydrolizę skrobi kukurydzianej w temperaturze 60°C, wykorzystując handlowy preparat enzymatyczny GSHE (mieszanina alfa-amylazy i glukoamylazy f-my Novozyme, Franklinton, NC, USA). Tawil i in. (2012) hydrolizowali skrobię kukurydzianą w temperaturze 61°C, stosując alfa-amylazę (*Anoxybacillus flavothermus*). Liakopoulou-Kyriakides i in. (2001) prowadzili hydrolizę skrobi kukurydzianej w temperaturach 40, 50 i 60°C, stosując alfa-amylazę (*B. licheniformis*) i pleśniową glukoamylazę (*Rhizopus*). Sirakarya i in. (2000) działali na skrobię naturalną, uzyskaną z różnych roślin, enzymami alfa-amylazą (*Bacillus amyloliquefaciens*) i beta-amylazą (*Bacillus cereus*) w temperaturze 45°C. O'Brien i Wang (2008) działali alfa-amylazą (*Bacillus amyloliquefaciens*) i glukoamylazą (*Aspergillus niger*) w temperaturze 50°C. Sarian i in. (2012) działali na skrobie różnego pochodzenia botanicznego (pszena, tapiokowa, ziemniaczana), stosując enzym wyizolowany ze szczepu *Microbacterium aurum* B8.A w temperaturze 37°C.

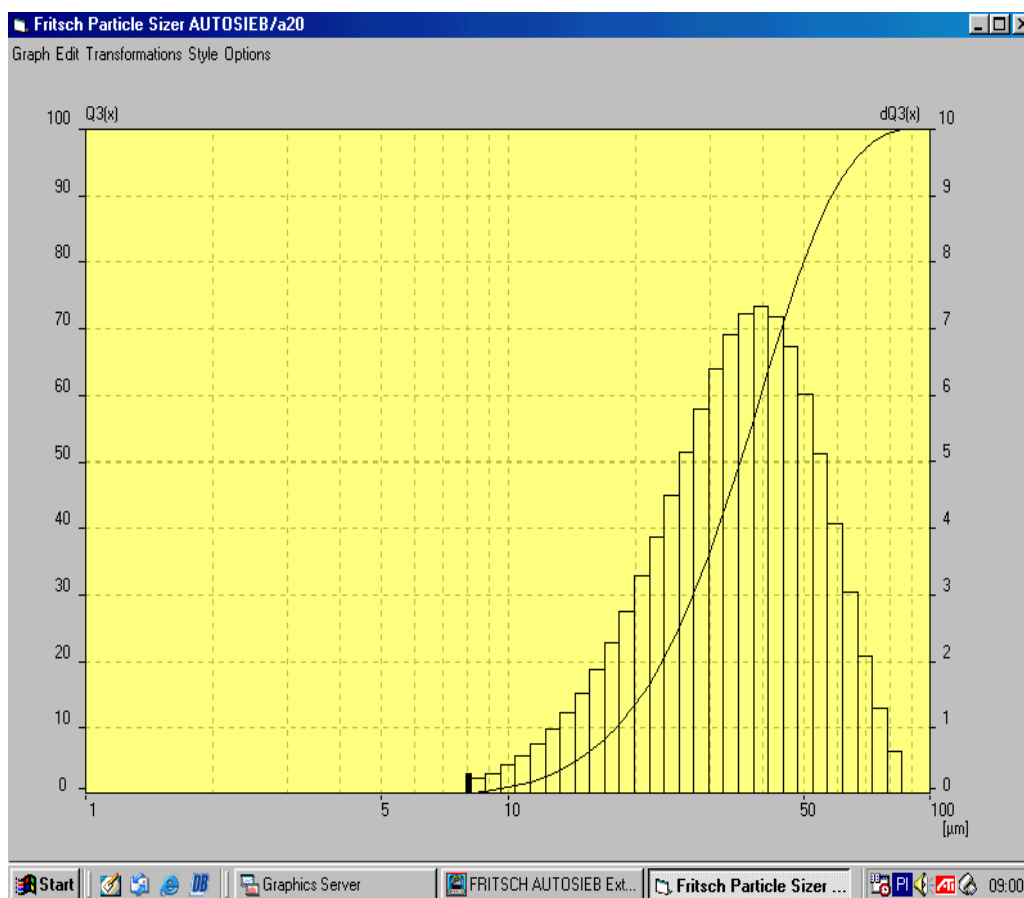
Niżej opisane badania dotyczyły enzymatycznej hydrolizy skrobi ziemniaczanej w formie wodnej zawiesiny przy zastosowaniu powszechnie dostępnych w handlu preparatów enzymów amylolitycznych.

Celem pracy było określenie wpływu upłynniających i scukrzających preparatów enzymatycznych na wydajność procesu hydrolizy skrobi ziemniaczanej, w temperaturze poniżej temperatury kleikowania.

MATERIAŁ I METODY

Surowiec

Jako surowiec stosowano skrobię ziemniaczaną o granulacji podanej na rysunku 1., wyprodukowaną przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego w Niechlowie.



Rys.1. Granulacja skrobi ziemniaczanej (fotosedymetograf Analysette 20 — f-ma Fritsch)

Fig. 1. Particle size of potato starch (Fritsch photo-sedimentograph, model Analysette 20)

Preparaty enzymatyczne

W pracy stosowano następujące preparaty enzymatyczne f-my Novozymes:

- enzym upłynniający — alfa-amylaza (Liquozyme Supra) w dawce 62 KNU/g s.s. skrobi,
- enzym maltogenowy — alfa-amylaza maltogenowa (Maltogenase 4000 L) w dawce 2400 MANU/g s.s. skrobi,
- enzym glukogenowy — glukoamylaza (AMG 300 L) w dawce 180 AGU/g s.s. skrobi.

Hydroliza

Enzymatyczną hydrolizę skrobi ziemniaczanej w formie wodnej zawiesiny o pH 5,3 i różnych stężeniach (5, 10, 20 i 30% s.s.), w warunkach laboratoryjnych, prowadzono stosując enzymy pojedynczo lub w kombinacjach, w temperaturach 30, 35, 40 i 45°C przez okres 24 h. Reakcję kończono, stosując kwasową inaktywację enzymu, a następnie uzupełniano próbkę do masy początkowej przez dodatek wody destylowanej. Próbkę przetrzymywano w kolbce w temperaturze pokojowej (20°C) przez 10 minut, a następnie wytrząsano przez 1 minutę i rozdzielano pod próżnią na lejku Büchnera. Na sączku oddzielano składniki rozpuszczalne (*hydrolizat I*) od nierozpuszczalnych (*osad I*). W *hydrolizacie I* oznaczano masę L_1 (g) oraz stężenie suchej substancji M_1 (%), następnie *osad I* ekstrahowano dziewięciokrotnie — w stosunku do osadu — ilością wody destylowanej (20°C) i ponownie rozdzielano na lejku Büchnera, gdzie oddzielano kolejne składniki rozpuszczalne (*hydrolizat II*) od nierozpuszczalnych (*osad II*). Z kolei, w *hydrolizacie II* oznaczano masę L_2 (g) oraz stężenie suchej substancji M_2 (%). Określano wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolizy skrobi poprzez oznaczenie masy (g) i stężenia hydrolizatu (%) wg PN-78/A-74701, cukrów redukujących (%) wg PN-78/A-74701 oraz obliczenie wskaźnika uzysku (%). Wskaźnik uzysku, dla danej masy próby (125 g), obliczano wg wzoru (Zielonka i in. 2010) :

$$w_u = \frac{M_1 L_1 + 0,1(125 - L_1) M_2 L_2}{S} [\%],$$

na podstawie rozpuszczalnej części hydrolizatu, po oddzieleniu nierozpuszczalnej części „pozostałej” skrobi.

gdzie: w_u — wskaźnik uzysku (%),

L_1, L_2 — masa hydrolizatu (g),

M_1, M_2 — stężenie suchej substancji hydrolizatu (%),

125 — masa próby (g),

0,1 — mnożnik (wynikający z rozcieńczenia),

S — masa suchej substancji skrobi (g),

Uzyskane wyniki stanowią średnią z trzech powtórzeń.

Ponadto, posługując się mikroskopem elektronowym (SEM) określono zmiany morfologii ziarenek skrobi poddanych działaniu enzymu alfa-amylazy (45°C, 24 h, 20% skrobi w zawieszynie). Skład węglowodanowy uzyskanych hydrolizatów określano metodą wysokosprawnej chromatografii cieczowej przy zastosowaniu kolumny f-my Bio-Rad - Aminex HPX-42A o wymiarach 300×7,8 mm oraz detektora refraktometrycznego, stosując wodę jako eluat (0,6 ml/min., 85°C).

Badanie mikroskopowe

Wysuszone ziarenka skrobiowe nakładano na dwustronną naklejkę węglową przymocowaną do stolika SEM, następnie próbę napyłano złotem w napyłarce jonowej (napięcie 250 V, czas napyłania 240 s). Tak przygotowane próby obserwowano w elektro-nowym mikroskopie skaningowym ZEISS EVO 40 XVP przy napięciu 16 kV.

WYNIKI

Wyniki działania preparatu alfa-amylazy Liquozyme Supra na skrobię ziemniaczaną w formie wodnej zawiesiny o stężeniu 20% s.s., przy stosowaniu temperatur hydrolyzy — 30, 35, 40 i 45°C przez okres 24 h, przedstawia tabela 1. Zwiększenie temperatury hydrolyzy z 30 do 45°C powoduje ponad siedmiokrotne zwiększenie ekstraktu (od 0,4 do 2,92%), niemal siedmiokrotnie zwiększenie zawartości cukrów redukujących (od 0,07 do 0,47%) oraz prawie sześciokrotne zwiększenie wskaźnika uzysku (od 2,9 do 17,9%). Wpływ działania alfa-amylazy Liquozyme Supra na skrobię porównano z procesem jej termostatowania w formie wodnej zawiesiny (bez udziału enzymu). Wyniki wskazują na to, że stosowanie enzymu w temperaturze 45°C wpływa na prawie trzydziestokrotny wzrost ilości uzyskanego ekstraktu oraz blisko dziewiętnastokrotny wzrost wskaźnika uzysku w stosunku do skrobi termostatowanej w tej temperaturze. Wpływ termostatowania na wzrost zawartości ekstraktu i wskaźnika uzysku jest nieznaczny.

Tabela 1

Wpływ temperatury na wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolyzy skrobi ziemniaczanej Effect of temperature on the performance of low-temperature process of starch hydrolysis

Parametr Parameter		Temperatura (°C) Temperature (°C)			
		30	35	40	45
Termostatowanie (bez enzymu) Termostating procedure (without enzyme)					
Ekstrakt Extract	(%s.s.) (%d.s.)	0,08	0,08	0,08	0,10
Wskaźnik uzysku Yield indicator	(%)	0,72	0,73	0,73	0,91
Hydrolizowanie (z enzymem) Hydrolysis procedure (with enzyme)					
Ekstrakt Extract	(%s.s.) (%d.s.)	0,4	0,5	1,13	2,92
Cukry redukujące Reducing sugars	(%)	0,07	0,10	0,20	0,47
Wskaźnik uzysku Yield indicator	(%)	2,9	3,4	9,6	17,1

Parametry procesu :

substrat – zawiesina skrobi ziemniaczanej (20% s.s.)

pH — 5,3, czas — 24 h

dawka enzymu Liquozyme Supra — 62 KNU/g s.s. skrobi

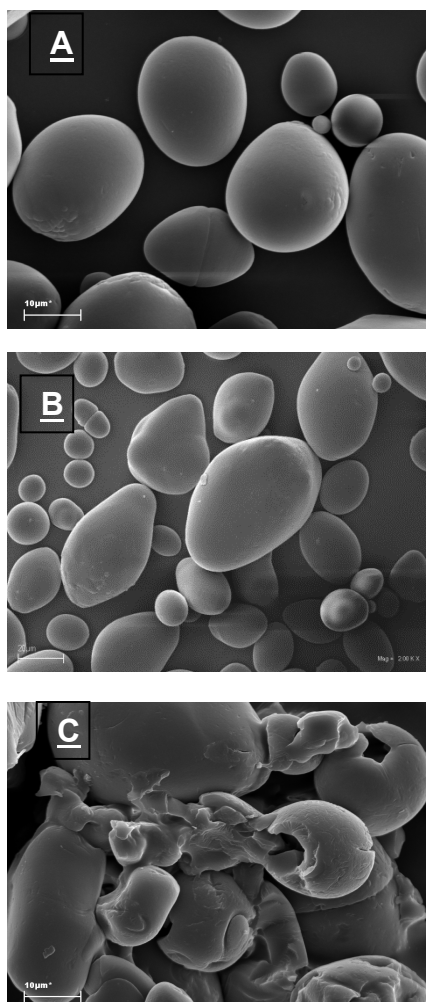
Process parameters :

substrate - suspension of potato starch (20% d.s.)

pH — 5.3, time 24 h

enzyme dosage Liquozyme Supra — 62 KNU/ g d.s. starch

Wpływ alfa-amylazy na morfologię ziarna skrobi przedstawiają zdjęcia mikroskopowe (rys. 2). Zauważalna jest różnica między skrobią naturalną „A”, termostatowaną „B” a poddaną działaniu enzymu przy zachowaniu tych samych parametrów (45°C, 24 h, 20% skrobi w zawieszynie). Powierzchnia ziarna skrobi, poddanej działaniu alfa-amylazy, jest naruszona, widoczne są znaczne ubytki ziarna. Podobne wyniki uzyskiwali inni badacze (Brien i Wang, 2008; Shariff i in., 2009; Puspasari i in., 2011).



Rys. 2. Fotografie mikroskopowe (SEM) skrobi naturalnej (A), termostatowanej (B) i skrobi poddanej działaniu alfa-amylazy (C) w temperaturze 45°C

Fig. 2. Microscopic photography of native starch (A), starch treated after thermostating procedure (B), starch treated with alpha-amylase (C) at temperature 45°C

Wpływ stężenia skrobi na wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolizy skrobi przedstawia tabela 2. Badania prowadzono w wybranej temperaturze — 45°C, tj.

w najwyższej możliwej temperaturze poniżej kleikowania, a nawet pęcznienia ziarenek skrobi ziemniaczanej (Nowotny, 1972), stosując różne koncentracje skrobi (5,10, 20 i 30% s.s.) z dodatkiem enzymu, jak i bez jego dodatku (tylko termostatowanie). Wzrost stężenia skrobi z 5 do 30% s.s. wpływa na ok. pięciokrotny wzrost suchej substancji ekstraktu zarówno w próbach bez dodatku enzymu, jak i z dodatkiem enzymu. Tendencję wzrostową, w miarę wzrostu stężenia skrobi w zawiesinie wodnej, można zauważyć także w odniesieniu do zawartości cukrów redukujących w próbach poddanych działaniu alfa-amylazy. Wskaźniki uzysku w próbach o stężeniu skrobi od 5 do 30% s.s. są zbliżone (od 15,7 do 17,1), jednak najwyższą wartość uzyskano w przypadku hydrolizy skrobi prowadzonej w stężeniu 20%.

Tabela 2

Wpływ stężenia skrobi na wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej
Effect of starch concentration on the performance of low-temperature process of starch hydrolysis

Parametr Parameter	Stężenie skrobi (%) Starch concentration (%)			
	5	10	20	30
Termostatowanie (bez enzymu) Termostating procedure (without enzyme)				
Ekstrakt (%s.s.) Extract (%d.s.)	0,03	0,05	0,1	0,14
Wskaźnik uzysku (%) Yield indicator (%)	0,3	0,5	0,9	1,1
Hydrolizowanie (z enzymem) Hydrolysis procedure (with enzyme)				
Ekstrakt (%s.s.) Extract (%d.s.)	0,78	1,68	2,92	4,14
Cukry redukujące (%) Reducing sugars (%)	0,1	0,25	0,47	1,03
Wskaźnik uzysku (%) Yield indicator (%)	15,7	14,3	17,1	15,4

Parametry procesu:

substrat — zawiesina skrobi ziemniaczanej

pH — 5,3, czas — 24 h, temperatura — 45°C

dawka enzymu Liquozyme Supra — 62 KNU/g s.s. skrobi

Process parameters:

substrate - suspension of potato starch

pH — 5.3, time — 24 h, temperature — 45°C

enzyme dosage Liquozyme Supra — 62 KNU/ g d.s. starch

Dalsze badania kontynuowano przy stosowaniu stężenia skrobi 20% s.s., w temperaturze reakcji 45°C, przy użyciu różnych enzymów stosowanych pojedynczo lub w kombinacjach. Tabela 3 przedstawia wpływ rodzaju preparatu enzymatycznego na wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej. Zastosowanie pojedynczych enzymów jest nieco mniej efektywne niż stosowanie ich w kombinacji.

Podczas hydrolizy pojedynczymi enzymami otrzymano najwyższy wskaźnik uzysku przy zastosowaniu alfa-amylazy (Liquozyme Supra). Wynik ten był o kilkanaście punktów procentowych wyższy, tj. prawie czterokrotnie wyższy niż w przypadku zastosowania amylazy maltogennej (Maltogenase 4000 L) i prawie sześciokrotnie wyższy niż w

przypadku zastosowania glukoamylazy (AMG 300 L). Hydroliza skrobi pod wpływem kombinacji enzymów: alfa-amylaza + amylaza maltogenna lub alfa-amylaza + glukoamylaza — prowadziła do uzyskania nieco wyższego wskaźnika uzysku (o kilka punktów procentowych) niż w przypadku stosowania jedynie alfa-amylazy.

Tabela 3

Wpływ rodzaju preparatu enzymatycznego na wydajność procesu niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej
Influence of the type of enzyme preparation on performance of low-temperature process of starch hydrolysis

Preparat enzymatyczny Enzyme preparation	Ekstrakt Extract (%)	Cukry redukujące Reducing sugar (%)	Wskaźnik uzysku Yield indicator (%)
Liquozyme Supra	2,92	0,75	17,1
Maltogenase4000L	1,10	0,50	4,3
AMG 300 L	0,61	0,53	2,8
Liquozyme Supra + Maltogenase 4000 L	3,55	1,67	18,2
Liquozyme Supra + AMG 300 L	3,28	3,26	20,6

Parametry procesu :

substrat — zawiesina skrobi ziemniaczanej (20% s.s.)

pH — 5,3, czas — 24 h, temperatura — 45°C

dawka enzymu: Liquozyme Supra — 62 KNU/g s.s. skrobi Maltogenase 4000 L — 2400 MANU/g s.s. skrobi

AMG 300 L — 180 AGU/g s.s. skrobi

Process parameters :

substrate - a suspension of potato starch (20% d.s.)

pH — 5.3, time — 24 h, temperature — 45°C

enzyme dosage : Liquozyme Supra — 62 KNU / g d.s. starch Maltogenase 4000 L — 2400 MANU / g d.s. starch

AMG 300 L — 180 AGU / g d.s. starch

Skład węglowodanowy uzyskanych hydrolizatów skrobi ziemniaczanej, przedstawia tabela 4. Skład ten jest typowy i charakterystyczny dla stosowanych rodzajów enzymów.

Tabela 4

Skład węglowodanowy uzyskanych hydrolizatów
Carbohydrate composition of the obtained hydrolysates

Preparat enzymatyczny Enzyme preparation	Węglowodany — Carbohydrates						
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G _n
Liquozyme Supra	8,2	16,5	16,4	4,5	36,9	6,2	11,3
Maltogenase4000L	4,4	78,2			1,9		15,6
AMG300L	100						
Liquozyme Supra + Maltogenase 4000 L	14,0	63,0	1,7	1,5	2,7	2,4	14,7
Liquozyme Supra + AMG300L	100						

Parametry procesu:

substrat — zawiesina skrobi ziemniaczanej (20% s.s.)

pH — 5,3, czas — 24 h, temperatura — 45°C

dawka enzymu: Liquozyme Supra — 62 KNU/g s.s. skrobi Maltogenase 4000 L — 2400 MANU/g s.s. skrobi

300 L — 180 AGU/g s.s. skrobi

Process parameters:

substrate — a suspension of potato starch (20% d.s.)

pH — 5.3, time — 24 h, temperature — 45°C

enzyme dosage: Liquozyme Supra — 62 KNU / g d.s. starch Maltogenase 4000 L — 2400 MANU / g d.s. starch

AMG 300 L — 180 AGU / g d.s. starch

DYSKUSJA

Literatura wskazuje na możliwość rozkładu hydrolitycznego skrobi w wyniku działania enzymów amylolitycznych w temperaturze poniżej temperatury kleikowania.

Shariff i in. (2009) sugerują, że łagodna obróbka cieplna skrobi (tapioka) pozwala na spęcznienie i otworzenie małych porów lub szczelin na powierzchni ziarenek, które ułatwiają dostęp enzymu do ich wnętrza. Utrzymywanie skrobi w temperaturze 60°C przez 30 min. powoduje częściowo nieodwracalne rozszerzenie części amorficznej ziarenek skrobi, czego wynikiem jest łatwiejszy dostęp enzymu do skrobi. Występujące w tym czasie lekkie spęcznienie ziarenek wywołuje powiększenie naturalnie obecnych otworów i wewnętrznych ubytków w ziarnach skrobi, które pozwalają łatwiej przenikać enzymom do wnętrza. Taki mechanizm rozkładu hydrolitycznego skrobi poniżej temperatury kleikowania potwierdzają również badania Juszczak i in. (2003). Badania Haska i Ohta (1992) wykazują, że działanie enzymu na skrobię (sago) poniżej temperatury kleikowania jest korzystniejsze w niższych wartościach pH. Wielu autorów stwierdza, że szybkość amylolizy skrobi naturalnej jest odwrotnie proporcjonalna do wielkości ziarenek skrobi (Franco i in., 1992; Guraya i in., 2001; Kong i in., 2003).

Ziarenka skrobi posiadają stosunkowo sztywną strukturę, a dodatkowo kilka czynników, takich jak struktura krystaliczna, obecność pęknięć i porów, a także wielkość może przyczynić się do względnej oporności ziarenka na degradację enzymatyczną (Heitmann i in., 1997; Kong i in., 2003; Tester i in., 2004). Duże ziarenka skrobi mają mniejszą względną powierzchnię niż małe, co zmniejsza możliwość absorpcji enzymów, zmniejszając możliwość ulegania degradacji (Noda i in., 2005; MacGregor i Balance, 1980; Al-Rabadi, 2009).

Degradacja ziarenka skrobi enzymami zależy od pochodzenia botanicznego skrobi. Ziarenka skrobi ziemniaczanej są znacznie trudniej degradowane enzymatycznie niż ziarenka skrobi pszennej czy tapiokowej (Sarian i in., 2012). Przyczyną jest ich struktura krystaliczna (typ B), duża zawartość wody, grubsze i większe pierścienie wzrostu (krystaliczno-amorficznych części), a także znaczna średnia długość łańcuchów amylopektyny (Gerard i in., 2001).

Jak wynika z literatury, badacze zajmują się podatnością różnych rodzajów skrobi na działanie enzymów amylolitycznych w temperaturze poniżej oraz w obrębie temperatury kleikowania. W badaniach tych, jak dotąd, nie uwzględniano wpływu enzymów na uzysk rozpuszczalnych produktów hydrolizy skrobi.

W przedstawionych badaniach przyjęto stały czas hydrolizy — 24 h, który jest wystarczający dla wszystkich rodzajów enzymów, chociaż w przypadku stosowania alfa-amylazy, szczególnie w produkcji maltodekstryn — jest nadmierny. Stosowane w praktyce przemysłowej czasy hydrolizy są różne w zależności od użytych rodzajów enzymów i ich kombinacji, a więc rodzaju hydrolizatu, jaki pragnie się uzyskać. Dlatego wykorzystanie wyników niniejszej pracy, dla danego przypadku hydrolizy (rodzaju zastosowanego enzymu lub ich kombinacji) wymaga przeprowadzenia optymalizacji czasu hydrolizy.

W badaniach maksymalny wskaźnik uzysku wyniósł 20,6%. Prezentowana metoda niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej, charakteryzująca się wydajnością

procesu na poziomie ok. 20%, wykorzystująca handlowe preparaty enzymów amylolitycznych w typowych dawkach przemysłowych, nadaje się do otrzymywania różnych rodzajów hydrolizatów skrobiowych o składzie cukrów charakterystycznym dla stosowanych rodzajów enzymów. Pozostałe, częściowo przemienione ziarenka skrobi ziemniaczanej, które nie uległy hydrolizie, mogą być w niektórych przypadkach wykorzystane tak samo jak skrobia naturalna, chociaż wymaga to przeprowadzenia badań aplikacyjnych.

WNIOSKI

1. Istnieje możliwość wytwarzania hydrolizatów skrobiowych z wykorzystaniem działania powszechnie dostępnych handlowych preparatów enzymatycznych na nieskleikowaną skrobię ziemniaczaną.
2. Skład cukrowy uzyskanych hydrolizatów, w temperaturze poniżej temperatury kleikowania, kwalifikuje je do produkcji różnych rodzajów hydrolizatów o składzie cukrów charakterystycznym dla stosowanych enzymów.
3. Działanie enzymów na skrobię ziemniaczaną zmienia jej morfologię.
4. Przedstawiona metoda niskotemperaturowej hydrolizy skrobi ziemniaczanej, wykorzystująca handlowe preparaty enzymatyczne w typowych dawkach przemysłowych, charakteryzuje się wydajnością procesu na poziomie ok. 20%.

LITERATURA

- Al. Rabadi G. J. S., Gilbert R. G., Gidley M. J. 2009. Effect of particle size on kinetics of starch digestion in milled barley and sorghum grains by porcine alpha-amylase. *Journal of Cereal Science* 50: 198 — 204.
- Franco C. M. L., Preto S. J. R., Ciacco C. F. 1992. Factors that affect the enzymatic degradation of natural starch granules — effect of the size of the granules. *Starch/Stärke* 44: 422 — 426.
- Gerard C., Colonna P., Buléon A., Planchot V. 2001. Amylolysis of maize mutant starches. *Journal of Science and Food Agriculture* 81: 1281 — 1287.
- Guraya H.S., James C., Champagne E.T. 2001. Effect of cooling, and freezing on the digestibility of debranched rice starch and physical properties of the resulting material. *Starch/Stärke*, 53: 64 — 74
- Haska N., Ohta Y. 1992. Mechanism of hydrolysis of treated sago starch granules by starch digesting amylase from *Penicillium brunneum*. *Starch/Stärke* 44: 25 — 28.
- Heitmann T., Wenzig E., Mersmann A. 1997. Characterization of three different potato starches and kinetics of their enzymatic hydrolysis by an alpha -amylases. *Enzyme and Microbial Technology* 20: 259 — 267.
- Juszczak L., Fortuna T., Krok F. 2003 Non - contact atomic force microscopy of starch granules surface: Part I. Potato and tapioca starches. *Starch/Stärke* 55: 1 — 7.
- Kong B. W., Kim J. I., Kim M. J., Kim J. C. 2003. Porcine pancreatic α -amylase hydrolysis of native starch granules as function of granule surface area. *Biotechnol. Prog* 19:1162 — 1166.
- Kim J.C., Kong B.W., Kim M.J., Lee S.H. 2008. Amylolytic hydrolysis of native starch granules by granule surface area. *Journal of Food Science* 73, 9: 621 — 624.
- Liakopoulou — Kyriakides M., Karakatsanis A., Stamatoudes M., Psomas S. 2001. Synergistic hydrolysis of crude corn starch by α -amylases and glucoamylases of various origins. *Cereal Chemistry* 78, 5: 603 — 607.
- MacGregor A.W., Balance D. L. 1980. Hydrolysis of large and small starch granules from normal and waxy barley cultivars by alpha- amylase from barley malt. *Cereal Chemistry* 57: 397 — 402.

- Noda T., Takigawa S., Matsuura-Edo C., Kim S. J., Hashimoto N., Takeda Y. 2005. Physicochemical properties and amylopectin structures of large, small and extremely small potato starch granules. *Carbohydrate Polymers* 60: 245 — 252.
- Nowotny F. 1972. *Technologia Przetwórstwa Ziemniaczanego*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa.
- O'Brien S., Wang Y. J. 2008. Susceptibility of annealed starches to hydrolysis by α -amylase and glucoamylase. *Carbohydrate Polymers* 72: 597 — 607.
- Puspasari F., Nurachman Z., Noer A., S., Radjasa O.K., van der Maarel M. J. E. C., Dessy N. 2011. Characteristics of raw starch degrading α -amylase from *Bacillus aquimaris* MKSC 6.2 associated with soft coral *Simularia* sp. *Starch/Stärke* 63, 8: 461 — 467.
- Shariff Y. N., Karim A. A., Fazilah A., Zaidull S. M. 2009. Enzymatic hydrolysis of granular native and mildly heat — treated tapioca and sweet potato starches at sub- gelatinization temperature. *Food Hydrocolloids* 23: 434 — 440.
- Sarykaya E., Higasa T., Adachi M., Mikami B. 2000. Comparison of degradability abilities of α - and β - amylases on starch granules. *Process Biochemistry* 35: 711 — 715.
- Sarian F. D., van der Kaaij R. M., Kralj S., Wijbenga D. J., Binnema D. J., van der Maarel M. J. E. C., Dijkhuizen L. 2012. Enzymatic degradation of granular potato starch by *Microbacterium aurum* strain B8.A. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 93: 645 — 654.
- Sarbatly R. 2007. The simultaneous enzymatic hydrolysis of tapioca starch for instant formation of glucose. *Journal of Applied Sciences* 7, 15: 2057 — 206.
- Tawil G., Vikso-Nielsen A., Rolland-Sabate A., Colonna P., Buleon A. 2012. Hydrolysis of concentrated raw starch: A new very efficient α -amylase from *Anoxybacillus flavothermus*. *Carbohydrate Polymers*. 87: 46 — 52.
- Tester R. F., Karkalas J., Qi X. 2004. Starch structure and digestibility enzyme — substrate relationship. *World's Poultry Science Journal* 60: 186 — 195.
- Vikso-Nielsen A., Andersen C., Hoff T., Petersen S. 2006. Development of new α -amylases for raw starch hydrolysis. *Biocatalysis and Biotransformation*. 24, 1/ 2: 121 — 127.
- Vidal Jr. B. C., Rausch K. D., Tumbleson M. E., Singh V. 2009. Kinetics of granular starch hydrolysis in corn dry grind process. *Starch/Stärke* 61: 448 — 456.
- Zielonka R., Jarosławski L., Słomińska L. 2010. Opracowanie i porównanie metod oznaczania wydajności hydrolizy skrobi. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 423 — 433.

AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK**ELŻBIETA RYTEL****AGNIESZKA NEMŚ**

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Zawartość akrylamidu w wybranych produktach ziemniaczanych w zależności od użytego surowca

The acrylamide content in some potato products depending on the raw material

Celem pracy było określenie wpływu dwóch odmian ziemniaka użytych do sporządzenia frytek, kostki ziemniaczanej i suszu z ziemniaka gotowanego (puree) na zawartość akrylamidu w gotowych produktach. Stwierdzono, że ziemniaki badanych odmian charakteryzowały się odpowiednim składem chemicznym bulw, wymagany przy produkcji frytek oraz kostki ziemniaczanej i suszu przeznaczonego na puree. Zawartość akrylamidu w przetworach ziemniaczanych zależała od użytej odmiany ziemniaka i związanej z nią zawartością cukrów redukujących w bulwie. Z ziemniaków odmiany Innovator o niższej zawartości cukrów redukujących w bulwie, otrzymano puree o około 36% niższym poziomie akrylamidu, kostkę ziemniaczaną o około 29% i frytki o około 15% mniejszej ilości tego związku, w porównaniu z produktami otrzymanymi z ziemniaków odmiany Santana. Niezależnie od zastosowanej w badaniach odmiany ziemniaka, najniższą zawartością akrylamidu charakteryzowały się frytki ($349\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), a najwyższą susz z ziemniaka gotowanego — puree ($1156\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Słowa kluczowe: akrylamid, frytki, kostka ziemniaczana, susz z ziemniaka gotowanego (puree), odmiana ziemniaka

The aim of this study was to determine the effect of two potato varieties used in the preparation of French fries, dehydrated potato dice and dehydrated potato (puree) on the acrylamide content in ready product. It was stated that potato tubers of two varieties were of suitable chemical composition, which is required for the production of French fries, dehydrated potato dice and puree. The acrylamide content in processed potato products depended on the used potato variety and the related reducing sugars content in its tubers. Puree prepared from tubers of potato variety Innovator with a lower content of reducing sugars contained 36% lower levels of acrylamide, dehydrated potato — 29% and French fries — 15% less of this compound in comparison with products obtained from potato of variety Santana. Regardless of the potato variety which was used in the study, the lowest acrylamide content was in French fries ($349\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) and the highest in puree ($1156\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

Key words: acrylamide, French fries, dehydrated dice potato, dehydrated potato (puree), potato variety

WSTĘP

Badania związane z powstawaniem akrylamidu (AA) w żywności wysoko-węglowodanowej, ogrzewanej w temperaturach powyżej 120°C prowadzone są intensywnie dopiero od 2002 roku, kiedy szwedzcy naukowcy ogłosili wyniki dotyczące zawartości tego związku i jego szkodliwości (grupa 2A) dla organizmu człowieka (IARC, 1994; Rosèn i Hellenäs, 2002; Friedman i Levin, 2008).

Do żywności wysokowęglowodanowej zaliczane są produkty ziemniaczane, tj. frytki i chipsy czy susze w postaci kostki, grysu, płatków, itp., w trakcie produkcji, których może tworzyć się akrylamid (AA) (Friedman, 2003; Weissnar i in., 2004; Rytel i in., 2012).

Szczególnie duże ilości tego związku stwierdzono w przetworach uzyskanych po usmażeniu ziemniaka w oleju, tj.: frytki i chipsy (Friedman, 2003; Friedman i Levin, 2008). Zawartość akrylamidu we frytkach może wahać się w szerokich granicach od 63 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Mojska i in., 2008) do 3240 $\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (Bekas i in., 2009). Niepokojący jest fakt, że przekąski te cieszą się ciągle rosnącą popularnością, zwłaszcza wśród dzieci i młodzieży (EFSA, 2011). Generalnie produkty sporządzane z ziemniaka, w ostatnich latach zyskały coraz większe zainteresowanie ze strony konsumentów, ze względu na możliwość łatwego i szybkiego przygotowania z nich potraw w domu. Ponieważ w literaturze naukowej, nadal jest niewiele informacji na temat zawartości akrylamidu w suszu ziemniaczanym, (brak jest informacji na temat zawartości tego związku w kostce ziemniaczanej), tym bardziej powinna być określona ilość powstającego AA w tych produktach.

Ze względu na stwierdzoną szkodliwość akrylamidu, istnieje potrzeba ciągłej kontroli ilości tego związku w przetworach ziemniaczanych, tym bardziej, że w trakcie ich produkcji stosowana jest obróbka termiczna w wysokiej temperaturze, w czasie smażenia frytek, suszenia kostki ziemniaczanej, czy puree (suszu z ziemniaków gotowanych).

Zastosowanie odpowiednich parametrów w procesie technologicznym produkcji frytek i suszu ziemniaczanego ma wpływ na kształtowanie zawartości AA w gotowym produkcie. W pierwszej kolejności należy jednak zwrócić uwagę na dobór surowca przeznaczonego do przerobu. Wybór odpowiedniej odmiany ziemniaka, charakteryzującej się niską zawartością cukrów redukujących (glukozy i fruktozy) w bulwie jest istotnym czynnikiem limitującym ilość powstającego akrylamidu w gotowym produkcie (Amrein i in., 2003). Ponieważ zawartość cukrów w bulwach jest mało stabilną cechą ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa spożywczego, dlatego ich poziom musi być w sposób ciągły kontrolowany (Lisińska i in., 2009). Ziemniaki przeznaczone do przetwórstwa spożywczego powinny charakteryzować się niską zawartością cukrów w bulwie bezpośrednio po ich spręczeniu z pola, jak również po długotrwałym okresie przechowywania (Zgórska, 2005; Zgórska i Grudzińska, 2010). Intensywność gromadzenia cukrów w bulwie w czasie ich przechowywania jest w dużym stopniu uzależniona od odmiany ziemniaka (Mozolewski 2000; Mozolewski, 2003; Zgórska, 2005). Możliwość wykorzystania do przerobu odmian typu „cold storage”, które charakteryzują się niską zawartością cukrów w bulwie bezpośrednio po spręczeniu z pola, jak i niskim ich nagromadzeniem w czasie przechowywania (Grudzińska, 2007), prowadzi do otrzymania

produktów ziemniaczanych charakteryzujących się niższą zawartością akrylamidu, w porównaniu do typowych odmian ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa.

Uwzględnienie przede wszystkim czynników surowcowych, jak i technologicznych w procesie otrzymywania frytek, kostki ziemniaczanej i puree, może prowadzić do obniżenia ilości AA w gotowym produkcie. Powinny być stale prowadzone badania nad sposobem, który skutecznie wyeliminuje lub zmniejszy zawartość akrylamidu, powstającego w produktach ziemniaczanych, bez pogorszenia jakości gotowego produktu.

Celem pracy było określenie wpływu dwóch odmian ziemniaka użytych do sporządzenia frytek, kostki ziemniaczanej i suszu z ziemniaka gotowanego (puree) na zawartość akrylamidu w gotowych produktach.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były bulwy dwóch wczesnych odmian ziemniaka: Innovator i Santana, pochodzące z zakładu produkującego frytki, z sezonu wegetacyjnego 2010 roku. Ziemniaki do czasu rozpoczęcia analiz przechowywano w temperaturze 15°C. Próby ziemniaków każdej odmiany podzielono na cztery części: z przeznaczeniem do oznaczeń w surowcu, do sporządzenia frytek, do przygotowania suszonej kostki ziemniaczanej oraz suszu z ziemniaka gotowanego (puree).

W bulwach ziemniaka oznaczono suchą masę — metodą suszarkową w temperaturze 105°C do stałej masy (AOAC, 1995), zawartość skrobi metodą Eversa-Grossfelda w modyfikacji Hadorna-Bifera (Leszczyński, 1975) oraz cukrów ogółem i redukujących — metodą redukcyjną Nizowkina-Jemielianowej (Jarosz in., 1955).

Frytki sporządzono z ziemniaków metodą jednostopniowego smażenia. Bulwy pokrojono, przy użyciu mechanicznej krawalnicy, na słupki o wymiarach 10×10mm, które opłukano wodą, a następnie blanszowano w wodzie o temperaturze 75°C przez 10minut. Po osuszeniu frytki smażyono w oleju rzepakowym w temperaturze 170°C w czasie 7,5 minuty.

Kostkę ziemniaczaną sporządzono z obranych bulw ziemniaka, które po pokrojeniu (10×10×10 mm), przy użyciu mechanicznej krawalnicy, blanszowano w wodzie (75°C/5min.) i suszono w temperaturze 160°C przez 1 godzinę, a następnie dosuszano w temperaturze 50°C przez 8–10 godzin, do wilgotności 10–12%.

Susz z ziemniaka gotowanego (puree) sporządzono z obranych ziemniaków, po pokrojeniu, blanszowano w wodzie (75°C/20min.), następnie schłodzono (20°C) oraz parowano (100°C/20–30 min.). Uparowane ziemniaki suszono w temperaturze 160°C, przez 2 godziny i dosuszano w temperaturze 50°C przez 12–14 godzin, do wilgotności 8–10%.

We frytkach, w kostce ziemniaczanej oraz w puree oznaczono zawartość akrylamidu metodą chromatograficzną przy użyciu aparatu pomiarowego typu HPLC/MS/MS. Oznaczenie ilości akrylamidu w produktach ziemniaczanych wykonano zgodnie z metodą opracowaną przez Rosén i Hellenäs (2002), a zmodyfikowaną w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu (Tajner-Czopek i in., 2009; Tajner-Czopek, 2011). Całość doświadczenia prowadzono w trzech powtórzeniach technologicznych.

Uzyskane wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym przy użyciu programu Statistica 10.0. Przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Duncana (na poziomie istotności $p \leq 0,05$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Zastosowane w doświadczeniu odmiany ziemniaka: Innovator i Santana są powszechnie stosowane w przetwórstwie spożywczym do produkcji frytek w krajach Unii Europejskiej (Zgórska, 2003; Zgórska, 2010; Zgórska i Grudzińska, 2010), ze względu na odpowiedni skład chemiczny bulw. Tym samym mogą one być przeznaczone również do sporządzenia suszu ziemniaczanego różnego rodzaju.

Stwierdzono, że badane odmiany ziemniaka charakteryzowały się zbliżoną suchą masą (21,97% — odmiana Innovator i 21,07% — odmiana Santana) i zawartością skrobi 16,60% i 16,21% oraz istotnie różną zawartością cukrów redukujących i ogółem. Ziemniaki odmiany Innovator zawierały w bulwie mniejszą ilość cukrów ogółem — 0,38% i redukujących — 0,12%, w porównaniu z ziemniakami odmiany Santana — 0,47% i 0,20% (tab. 1). Sucha masa ziemniaków przeznaczonych do produkcji frytek powinna mieścić się w zakresie 20–23%, skrobi 15–17%, cukrów redukujących poniżej 0,3%, a nawet 0,25% (Lisińska i in., 2009; Zgórska i Grudzińska, 2010). Natomiast ziemniaki przeznaczone do sporządzenia suszu, powinny charakteryzować się suchą masą kształtującą się w zakresie 20–25%, zawartością skrobi 15–19%, zawartością sumy cukrów poniżej 1% oraz redukujących — poniżej 0,5%, a nawet 0,25% (Zgórska i Grudzińska, 2010). Ziemniaki odmiany Innovator i Santana charakteryzowały się składem chemicznym bulw zgodnym z wymaganiami stawianymi surowcowi przeznaczonemu do produkcji frytek oraz suszu.

Tabela 1

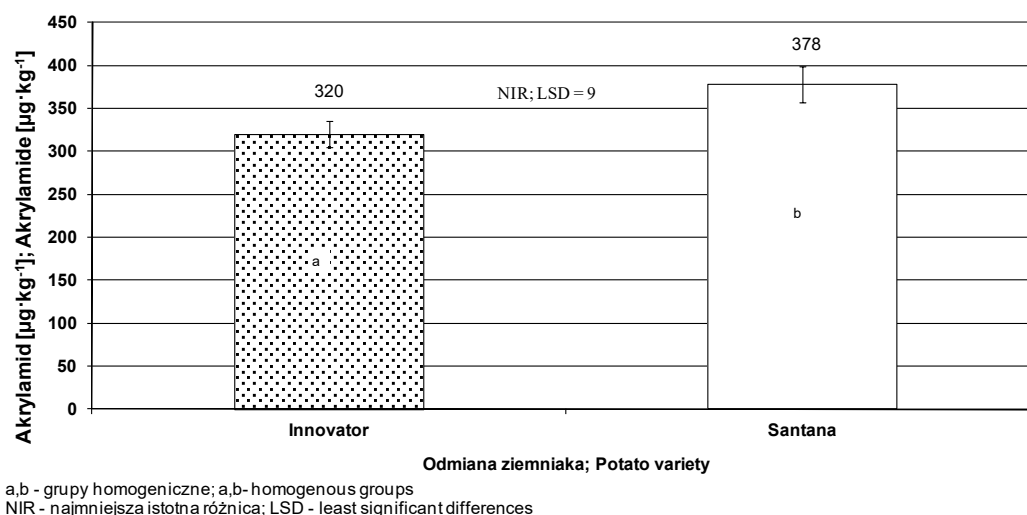
Skład chemiczny bulw ziemniaka dwóch odmian
Chemical composition of potato tubers of two varieties

Odmiana ziemniaka Potato variety	Sucha masa Dry matter	Zawartość skrobi Starch content (%)	Zawartość cukrów ogółem Total sugar content	Zawartość cukrów redukujących Reducing sugar content
Innovator	21,97a	16,60a	0,38a	0,12a
Santana	21,07a	16,21a	0,47b	0,20b
NIR; LSD	1,0	0,41	0,05	0,03

a,b — grupy homogeniczne; a,b — homogenous groups

NIR — najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant difference

Wyniki zawartości akrylamidu we frytkach sporządzonych z bulw ziemniaka dwóch odmian zamieszczono na (rys. 1). Frytki sporządzone z ziemniaków odmiany Innovator (typ „cold storage”), które zawierały niższą ilość cukrów redukujących w bulwie, w porównaniu z odmianą Santana, charakteryzowały się stosunkowo niską zawartością akrylamidu ($320 \mu\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Gotowy produkt sporządzony z ziemniaków odmiany Innovator zawierał o około 15% mniej akrylamidu, w porównaniu z frytkami sporządzonymi z ziemniaków odmiany Santana.



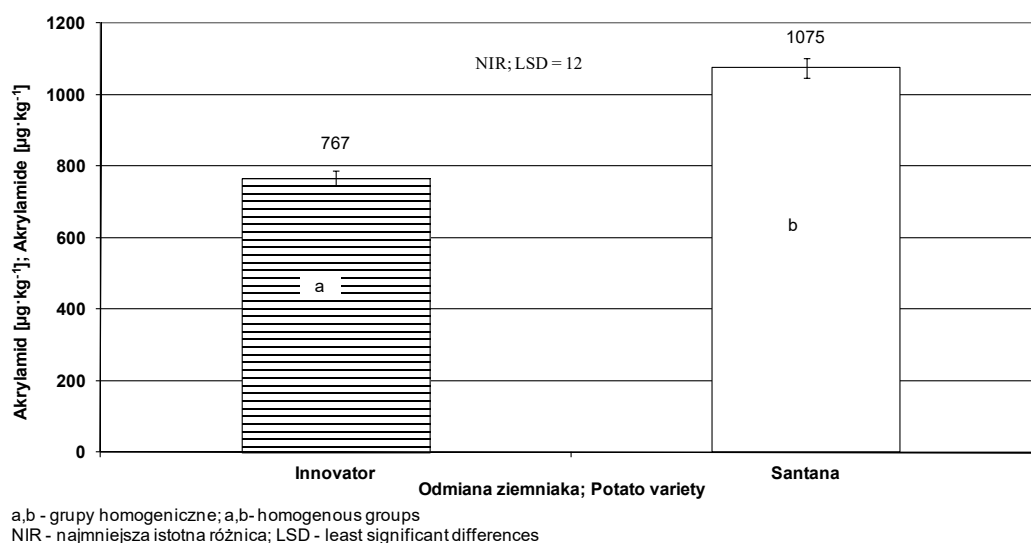
Rys. 1. Zawartość akrylamidu we frytkach sporządzonych z bulw ziemniaka dwóch odmian
Fig. 1. The acrylamide content in French fries prepared from potato tubers of two varieties

Tajner-Czopek i in. (2010) podają, że zawartość akrylamidu we frytkach sporządzonych z ziemniaków odmiany Innovator kształtowała się na poziomie $284 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ i była ona istotnie niższa (średnio o około 27%) w porównaniu z próbami sporządzonymi z ziemniaków odmiany Agnes i Felsina. Tajner-Czopek (2011) podaje, że zastosowanie do przerobu na frytki ziemniaków odmiany Innovator (typ „cold storage”), pozwala na uzyskanie gotowego produktu o stosunkowo niskiej zawartości akrylamidu.

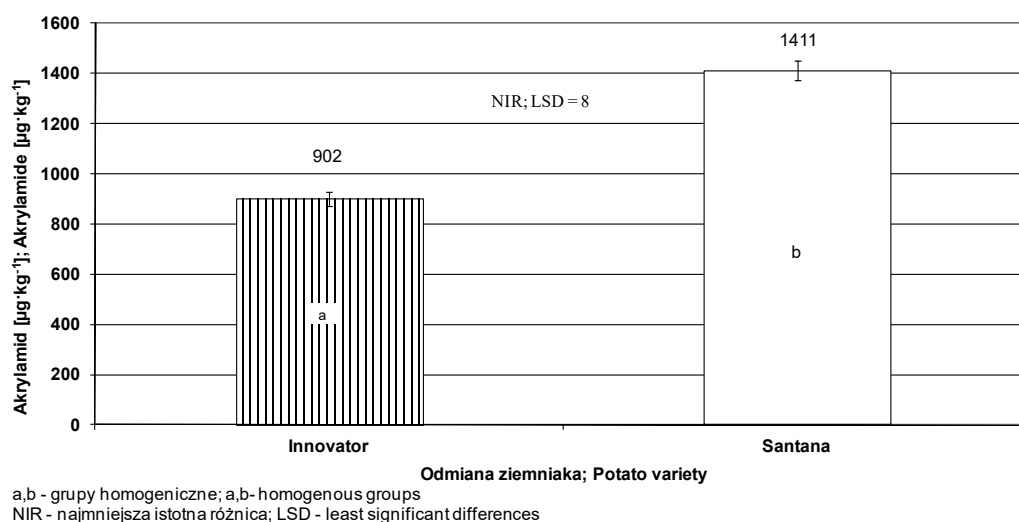
Zawartość cukrów redukujących w bulwie ziemniaka odgrywa istotną rolę w kształtowaniu zawartości akrylamidu w gotowym produkcie (Friedman, 2003; Friedman i Levin, 2008; De Wilde, 2006). Podwyższona ilość tych związków w bulwie wpływa na zintensyfikowanie przebiegu reakcji Maillarda, a tym samym na podwyższenie ilości AA w gotowym produkcie (De Wilde, 2006), który poddany został obróbce termicznej w czasie jego sporządzania (Gókmén i Palazoglu, 2008).

Użyta do produkcji suszonych przetworów ziemniaczanych odmiana ziemniaka miała wpływ na ilość wytworzonego akrylamidu.

Kostka ziemniaczana sporządzona z ziemniaków odmiany Innovator, zawierających niższą ilość cukrów redukujących w bulwie, charakteryzowała się niższą o około 29% zawartością akrylamidu, w porównaniu z gotowym produktem otrzymanym z ziemniaków odmiany Santana (rys. 2). Zawartość tego związku w kostce ziemniaczanej kształtowała się w zakresie od $767 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (odmiana Innovator) do $1075 \mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (odmiana Santana). W literaturze naukowej brak jest informacji na temat zawartości akrylamidu w suszonej kostce ziemniaczanej.



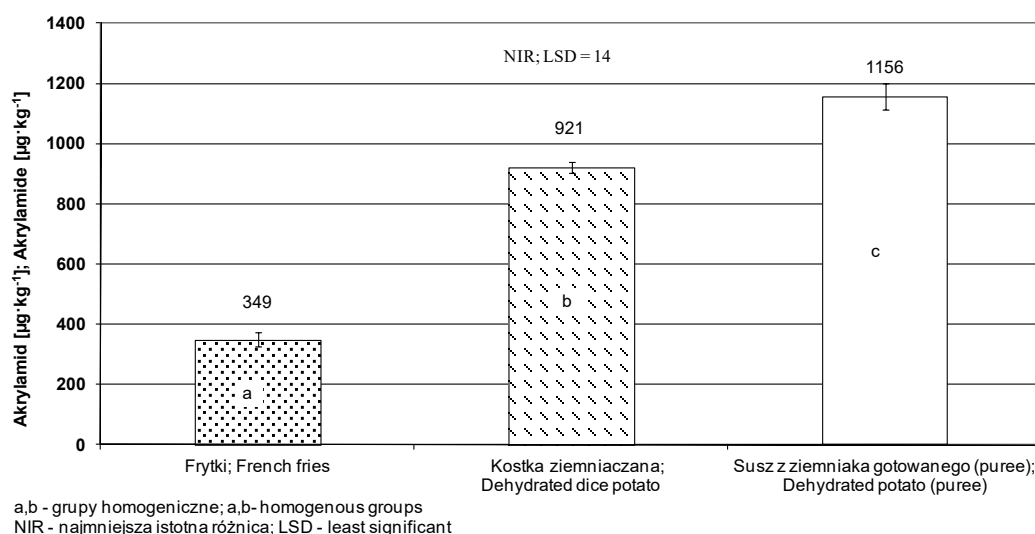
Rys. 2. Zawartość akrylamidu w kostce ziemniaczanej sporządzonej z bulw ziemniaka dwóch odmian
Fig. 2. The acrylamide content in dehydrated potato dice prepared from potato tubers of two varieties



Rys. 3. Zawartość akrylamidu w suszu z ziemniaka gotowanego (puree) sporządzonym z bulw ziemniaka dwóch odmian
Fig. 3. The acrylamide content in dehydrated potato (puree) prepared from potato tubers of two varieties

Susz z ziemniaka ugotowanego (puree) sporządzony z bulw odmiany kumulującej niższą ilość cukrów, zawierał o około 36% mniej szkodliwego związku w porównaniu do suszu otrzymanego z ziemniaków odmiany Santana (rys. 3). Zawartość akrylamidu w badanym suszu wahała się w granicach od $902\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $1411\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ w zależności od użytej odmiany. Z danych FDA (2011) wynika, że zawartość akrylamidu w suszu ziemniaczanym, stanowiącym dodatek do zupy cebulowej wynosiła $1184\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Natomiast Weisshaar (2004) podaje, że ilość akrylamidu w suszu ziemniaczanym waha się w zakresie od $2000\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ do $12000\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

Na rysunku 4 przedstawiono wyniki zawartości akrylamidu w przetworach ziemniaczanych (średnia odmian). Stwierdzono, że niezależnie od zastosowanej w badaniach odmiany ziemniaka, najniższą zawartością akrylamidu charakteryzowały się frytki ($349\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).



Rys. 4 Zawartość akrylamidu w produktach ziemniaczanych (średnia odmian)

Fig. 4. The acrylamide content in potato products (mean for potato varieties)

W kostce ziemniaczanej ilość tego związku kształtowała się na poziomie $921\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, natomiast w puree wynosiła $1156\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Produkty ziemniaczane tj. frytki, kostka ziemniaczana i susz z ziemniaków gotowanych zróżnicowane są pod względem wielkości i kształtu, a także obróbki termicznej stosowanej w czasie ich sporządzania (smażenie frytek, czy suszenie ziemniaków), co może mieć wpływ na kształtowanie zawartości AA. Stwierdzono, że im badany produkt był mniejszego rozmiaru, tym charakteryzował się większą ilością akrylamidu. Taubert i in. (2004) podają, że zawartość akrylamidu związana jest z rozmiarem produktu. Wraz z większym jego rozmiarem, zmniejsza się stosunek powierzchni produktu do jego objętości, w związku z czym, relatywnie mniejsza powierzchnia próby jest bezpośrednio ogrzewana i powstaje mniejsza ilość akrylamidu. W

związku z tym, prawdopodobnie dlatego frytki zawierały mniejszą ilość akrylamidu, niż bardziej rozdrobniona kostka ziemniaczana i jeszcze drobniejsze puree.

WNIOSKI

1. Ziemniaki badanych odmian charakteryzowały się odpowiednim składem chemicznym bulw, wymagany przy produkcji frytek oraz kostki ziemniaczanej i suszu przeznaczonego na puree.
2. Zawartość akrylamidu w przetworach ziemniaczanych zależała od użytej odmiany ziemniaka i związanej z nią zawartością cukrów redukujących w bulwie.
3. Z ziemniaków odmiany Innovator o niższej zawartości cukrów redukujących w bulwie, otrzymano susz na puree o około 36% niższym poziomie akrylamidu, kostkę ziemniaczaną o około 29% i frytki o około 15% mniejszej ilości tego związku, w porównaniu z produktami otrzymanymi z ziemniaków odmiany Santana.
4. Niezależnie od zastosowanej w badaniach odmiany ziemniaka, najniższą zawartością akrylamidu charakteryzowały się frytki ($349\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$), a najwyższą susz z ziemniaka gotowanego na puree ($1156\mu\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

LITERATURA

- Amrein T. M., Bachman S., Noti A., Biedermann M., Ferraz Bardosa M., Biedermann Brem S., Grob K., Keiser A., Realini P., Escher F., Amado R. 2003. Potential of acrylamide formation, sugars, and free asparagine in potatoes: a comparison of cultivars and farming system. *J. Agric. Food Chem.* 51: 5556 — 5560.
- AOAC. 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Bekas W., Kowalska D., Łobacz M., Kowalski B. 2009. Pobór akryloamidu w diecie przez przedstawicieli wybranej grupy pracowników umysłowych. *Bromat. Chem. Toksykol.* XLII, 3: 491 — 497.
- De Wilde T., De Meulenaer B., Mestdagh F., Govaert Y., Ooghe W., Fraselle S., Demeulemeester K., Van Peteghem C., Calus A., Degroodt J.-M., Verhé R. 2006. Selection criteria for potato tubers to minimize acrylamide formation during frying. *J. Agric. Food Chem.* 54: 2199 — 2205.
- EFSA Scientific Report. 2011. Result on acrylamide levels in food from monitoring years 2007-2009 and exposure assessment. Parma, Italy. 9 (4):1 — 48.
- FDA (Food and Drug Administration). 2011. Survey data on acrylamide in food: individual food products. <http://www.fda.gov/Food/FoodSafety>.
- Friedman M. 2003. Chemistry, biochemistry, and safety of acrylamide. A review. *J. Agric. Food Chem.* 51: 4504 — 4526.
- Friedman M., Levin C. E. 2008. Review of methods for the reduction of dietary content and toxicity of acrylamide. *J. Agric. Food Chem.* 56, (15): 6113 — 6140.
- Gökmen V., Palazoğlu T. K. 2008. Acrylamide formation in foods during thermal processing with a focus on frying. *Food Bioprocess Technol.* 1: 35 — 42.
- Grudzińska M. 2007. Stabilność cech technologicznych i konsumpcyjnych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. Praca doktorska., Koszalin.
- IARC — International Agency for Research on Cancer., 1994. Acrylamide. IARC Monographs on the Evaluation of the Carcinogenic Risk of Chemical to Humans. Lyon, France. IARC 60: 389 — 433.
- Jarosz K., Muszkat T., Skibniewski C., Suchodolski J., Urbański M. 1955. Kontrola produkcji w przemyśle spirytusowym. WPLiS, Warszawa.
- Leszczyński W. 1975. Krytyczna ocena metod oznaczania zawartości skrobi w bulwach ziemniaka. *Przem. Fern. Rol.* 19, (11): 22 — 24.
- Lisińska G., Pęksa A., Kita A., Rytel A., Tajner-Czopek A. 2009. The quality of potato for processing and consumption. *Food. Potato IV.* 3, Special Issue 2: 99 — 104.

- Mojska H., Gielecińska I., Marecka D., Szponar L., Świdarska K. 2008. Ogólnopolskie badania zawartości akryloamidu w żywności. *Bromat. Chem. Toksykol.* XXXXI. 3: 848 — 853.
- Mozolewski W. 2000. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa w zależności od czasu przechowywania. Cz II. Wpływ czasu przechowywania ziemniaków na ich przydatność do wyrobu frytek. *Biul. IHAR.* 213: 269 — 274.
- Mozolewski W. 2003. Badania związków między jakością odmian ziemniaka a jakością czipsów i frytek. *Rozprawy i monografie.* Wyd. UWM Olsztyn.: 1 — 64.
- Rosén J., Hellenäs K.E. 2002. Analysis of acrylamide in cooked foods by liquid chromatography tandem mass spectrometry. *Analyst.* 127: 880 — 882.
- Rytel E., Kułakowska K., Nemš A. The effect of chips processing on the content of toxic compounds. *Ital. J. Food Sci.* (w druku).
- Tajner-Czopek A. 2011. Wpływ zabiegów technologicznych na właściwości frytek ziemniaczanych i zawartość akrylamidu. *Monografie CXX.* Wyd. UP we Wrocławiu. 1 — 86.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Aniołowski K., Lisińska G. 2009. Determination of acrylamide content in fried potato products. *New Concepts in Food Evaluation. Nutraceuticals, Analyses, Consumer.* Ed. by T. Trziszka & M. Oziembłowski. 281 — 289.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G., Pęksa A., Rytel E. 2010. Zawartość akrylamidu we frytkach sporządzonych z różnych odmian ziemniaka. *Biul. IHAR.* 257/258: 237 — 244.
- Taubert D., Harlfinger S., Henkes L., Berkels R., Schoming E. 2004. Influence of processing parameters on acrylamide formation during frying of potatoes. *J. Agric. Food Chem.*, 52, 2735 — 2739.
- Weisshaar R. 2004. Acrylamide in heated potato products-analytics and formation routes. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 106: 786 — 792.
- Zgórska K. 2003. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa na cele spożywcze. *Ziemniaki – nowe wyzwania.* 35 — 37.
- Zgórska K. 2010. Wszechstronność wykorzystania bulw ziemniaka. *Ziemn. Pol.* 2: 52 — 55.
- Zgórska K. 2005. Zmiany cech technologicznych bulw ziemniaka w czasie przechowywania. *Ziemn. Pol.* 4: 26 — 28.
- Zgórska K., Grudzińska M. 2010. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziemn. Pol.* 3: 39 — 42.

JANUSZ URBANOWICZInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — PIB w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Wpływ powschodowego stosowania metrybuzyny na nowo zarejestrowane odmiany ziemniaka

Effect of metribuzin applied post emergence on newly registered potato cultivars

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2010–2011, w którym przebadano wpływ metrybuzyny na fitotoksyczną reakcję 12 odmian ziemniaka (10 jadalnych i 2 skrobiowe). Metrybuzynę stosowano po wschodach, gdy rośliny ziemniaka osiągnęły wysokość 10–15 cm. Ocenę fitotoksycznej reakcji na roślinach ziemniaka oraz tempo jej zanikania przeprowadzono w oparciu o 9-stopniową skalę, gdzie: 1 — brak objawów, a 9 — całkowite zniszczenie roślin. Spośród 12 przebadanych odmian, 2 charakteryzowały się podwyższoną wrażliwością, 8 — średnią i 2 — niską wrażliwością na metrybuzynę. U żadnej z badanych odmian nie doszło do całkowitego zniszczenia roślin.

Słowa kluczowe: fitotoksyczność, metrybuzyna, odmiana, ziemniak

The field experiment was conducted during years 2010–2011. The phytotoxicity reaction of 12 potato cultivars (10 table and 2 starch) to metribuzin was the subject of research. Metribuzin was applied after emergence of potato plants (10 — 15 cm high). The estimation of this reaction and rate of its disappearance was made on the basis of 1-9 scale (1 — resistant plants and 9 — total destruction of plant). Among 12 tested cultivars, only 2 were highly sensitive, 8 — medium sensitive and 2 — low sensitive to metribuzin. Total destruction of plants was not observed for any cultivars.

Key words: cultivar, metribuzin, phytotoxicity, potato

WSTĘP

Stosowanie herbicydów w uprawie ziemniaka jest jedną z najbardziej skutecznych metod ograniczania zachwaszczenia. O wysokim efekcie chwastobójczym decyduje ich selektywność w stosunku do chronionej uprawy oraz termin aplikacji, który powinien być dostosowany do fazy rozwojowej zwalczanych gatunków chwastów. Selektywnie działające herbicydy powinny zwalczać chwasty, nie uszkadzając przy tym rośliny uprawnej (Praczyk, 2002; 2003).

Fitotoksyczność, według EPPO (Europejska i Śródziemnomorska Organizacja Ochrony Roślin) — jest określana jako zdolność do wywołania chwilowych lub długotrwałych uszkodzeń roślin. Substancja aktywna herbicydu musi być zaabsorbowana przez roślinę, a

następnie przemieszczona do miejsca jego oddziaływania, by wystąpiły objawy fitotoksycznej reakcji. Zjawisko to jest ściśle związane z mechanizmem działania poszczególnych herbicydów. Siła reakcji jest uzależniona od zróżnicowanej wrażliwości mechanizmów życiowych roślin na czynniki stresowe, szybkości pobierania i przemieszczania substancji aktywnej oraz zdolności roślin do jej dezaktywacji (Różański, 1998). Z kolei, reakcja roślin ziemniaka na zastosowany herbicyd uzależniona jest od współdziałania wielu czynników, między innymi: odmiany, zawartości substancji organicznej w glebie, terminu wykonania zabiegu, temperatury powietrza i ilości opadów po aplikacji herbicydu (Gruczek, 1980; Urbanowicz i in., 1999). W niekorzystnych warunkach meteorologicznych istnieje możliwość uszkodzenia roślin ziemniaka przez środki chwastobójcze, które powodować mogą wystąpienie objawów fitotoksyczności (Urbanowicz, 2002).

Objawy fitotoksycznej reakcji najczęściej są manifestowane, gdy herbicydy są aplikowane po wschodach roślin ziemniaka. Zjawisko to jest najbardziej niepożądane w produkcji nasiennej, gdyż może utrudnić lub nawet uniemożliwić wykonanie selekcji negatywnej poprzez zwiększenie trudności w identyfikacji chorób wirusowych („maskowanie” objawów porażenia wirusami). W produkcji towarowej, może natomiast doprowadzić do zdrobnienia bulw (Choroszewski, 1994). Najbardziej narażone są odmiany o najkrótszym okresie wegetacji (bardzo wczesne i wczesne), które jednocześnie mają mało czasu na regenerację zniszczonego chlorofilu, co w znacznym stopniu wpływa na wielkość i strukturę plonu.

Celem badań było określenie stopnia wrażliwości badanych odmian ziemniaka na metrybuzynę stosowaną po wschodach.

MATERIAŁ I METODY

Badania nad wrażliwością odmian ziemniaka na metrybuzynę stosowaną po wschodach są prowadzone w Pracowni Ochrony Ziemniaka w Boninie od 1993 roku. Nowo rejestrowane odmiany badane są w cyklu dwuletnim. W latach 2010–2011 przebadano 12 odmian ziemniaka z różnych grup wczesności i o różnym typie użytkowym: jadalne — Arielle, Ingrid, Justa, Miłek (bardzo wczesne), Eugenia, Gwiazda, Hubal (wczesne), Almera, Etiuda (średnio wczesne), Soplica (późna) oraz skrobiowe — Jubilat (średnio wczesna) i Bosman (średnio późna). Doświadczenia poletkowe założono w układzie losowanych bloków, w 4 powtórzeniach na glebie bielcowej wytworzonej gliny piaszczystej, klasy IVa i IVb, kompleksu żyniego dobrego. Zawartość próchnicy w 2010 roku wynosiła $19,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, a w 2011 — $21,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, pH gleby w 1 n KCl wynosiło odpowiednio: 5,2 i 5,3. Zawartość przyswajalnych składników w badanych latach wynosiła: P — 9,1 i $9,3 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, K — 8,3 i $10,8 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ oraz Mg — 3,1 i $3,5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Przebieg warunków pogodowych scharakteryzowano na podstawie danych uzyskanych ze stacji meteorologicznej zlokalizowanej w sąsiedztwie pola doświadczalnego.

Ziemniaki badanych odmian sadzono ręcznie w ostatniej dekadzie kwietnia, w rozstawie 0,75 m i gęstości sadzenia w rzędzie 0,3 m (pięć redlin po 20 roślin). Powierzchnia poletka doświadczalnego wynosiła $22,5 \text{ m}^2$. Czynnikiem badawczym były

różne odmiany chronione metrybuzyną w dawce $0,35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ (herbicyd Sencor 70 WG — $0,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), a kontrolę stanowiły poletka, na których nie stosowano herbicydu.

Herbicyd aplikowano po wschodach ziemniaka, gdy rośliny osiągnęły wysokość 10–15 cm (I dekada VI). Na poletkach kontrolnych prowadzono ręczne odchwaszczanie, by wyeliminować wpływ zachwaszczenia na plon, zgodnie z wytycznymi zawartymi w metodyce EPPO — PP 1/135 (2) (Anonim, 2007). Ocenę wpływu metrybuzyny na rośliny ziemniaka prowadzono w oparciu o 9-stopniową skalę, według EWRC (European Weed Research Council), w której 1 — oznacza brak uszkodzeń, a 9 — całkowite zniszczenie roślin (tab. 1). Obserwacje fitotoksycznej reakcji na roślinach prowadzono w odstępach siedmiodniowych, od wykonania zabiegu do momentu całkowitego zaniku jej objawów i porównywano z roślinami poszczególnych odmian nie traktowanymi herbicydem (rośliny kontrolne).

Tabela 1

Skala do oceny wpływu herbicydu na rośliny ziemniaka
Evaluation of herbicide phytotoxicity to potato plants

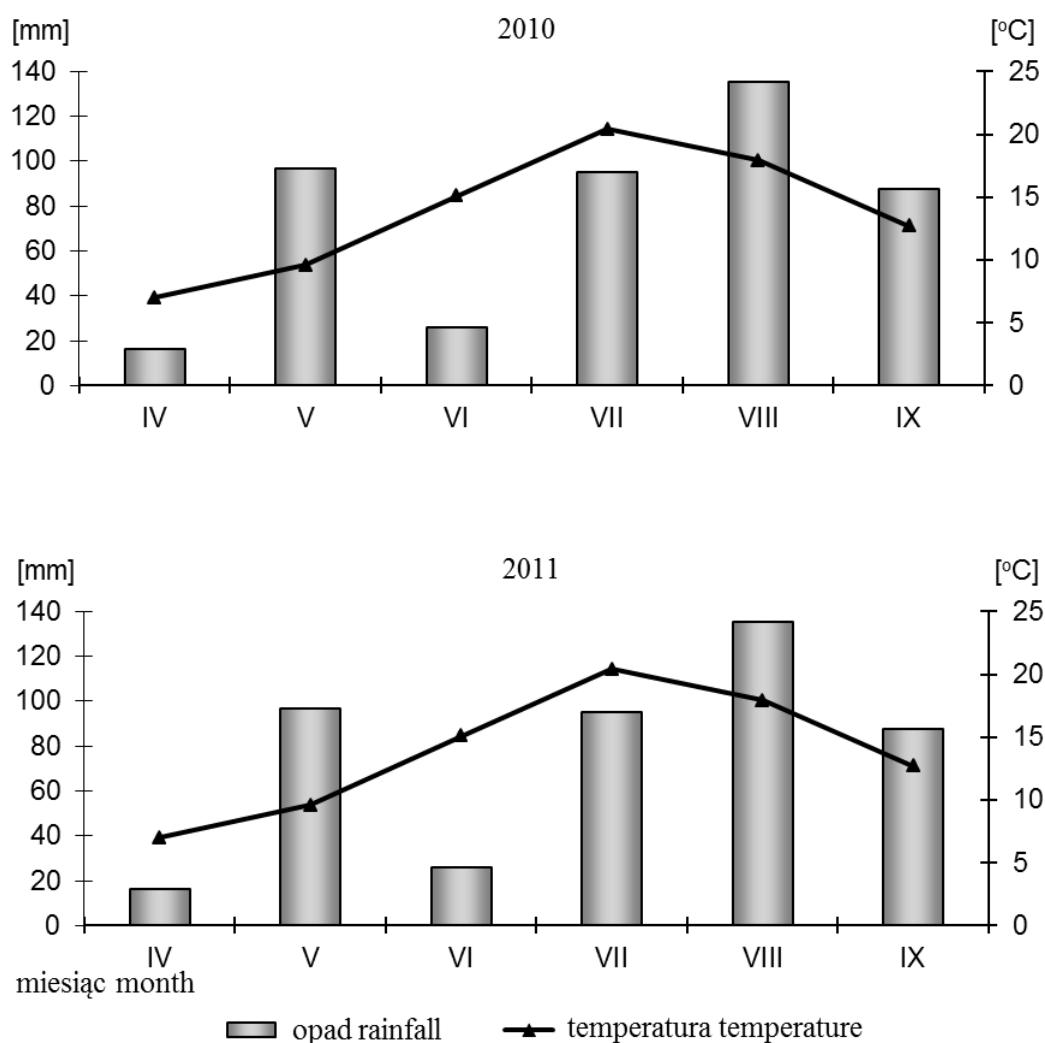
Skala Scale	Określenie uszkodzeń Phytotoxicity symptoms
1	brak uszkodzeń — no symptoms/healthy plants
2	bardzo lekkie symptomy — very mild symptoms, slight stunting
3	lekkie symptomy — przebarwienia — mild but clearly recognizable symptoms
4	silne symptomy — nie zawsze oddziałujące na plon more severe symptoms (e. g. chlorosis) with not necessarily negative effect on yield
5	uszkodzenia lekkie — mild damage
6	wyraźne uszkodzenia
7	silne uszkodzenia
8	bardzo silne uszkodzenia
9	całkowite zniszczenie roślin

heavy damage
to total kill

W celu określenia wpływu fitotoksycznej reakcji roślin na wielkość i strukturę plonu, po zbiorze bulw dokonano jego rozdzielenia na frakcje: poniżej 3 cm, od 3 do 6 cm oraz powyżej 6 cm. Uzyskane wyniki poddano analizie wariancji (ANOVA), przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$, a wartości średnie testowano w celu stwierdzenia istotności różnic pomiędzy badanymi obiektami doświadczalnymi testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Suma opadów w sezonie wegetacyjnym 2010 r. wynosiła 457,4 mm, a w 2011 r. była mniejsza o 54,4 mm i wynosiła — 403,0 mm (rys. 1). W obu latach badań największą sumę opadów odnotowano w sierpniu. Ilość opadów może wpływać na długość utrzymywania się objawów fitotoksycznej reakcji na roślinach, wraz ze zmniejszeniem ilości opadów, okres ten wydłuża się (Urbanowicz i in., 1999; Gruczek, 2004; Praczyk, 2002).



Rys. 1. Średnia temperatura powietrza i suma opadów w Boninie (lata 2010–2011)
Fig. 1. Monthly mean air temperature and total rainfall in Bonin (years 2010–2011)

Metrybuzyna jest substancją aktywną należącą do związków chemicznych z grupy triazyn, które powodują zakłócenia w prawidłowym przebiegu procesu fotosyntezy (Różański, 1998). Rośliny pobierają ją głównie przez system korzeniowy oraz częściowo przez liście. Zaburzenia w procesie fotosyntezy, powodowane są zmianą zawartości enzymu transportującego elektrony na fotosystem II (Lewosz i in., 1998).

Objawy fitotoksycznej reakcji na roślinach widoczne były w postaci chloroz występujących wzdłuż nerwów młodych liści oraz nekroz na liściach starszych. Obserwowane objawy na roślinach ziemniaka najczęściej mają charakter przemijający i utrzymują się, w zależności od stopnia wrażliwości danej odmiany, do około 14–28 dni od wykonania zabiegu (Praczyk, 2003; Urbanowicz, 2006). Na odmianach: Eugenia i Etiuda — objawy ustąpiły już po upływie 14 dni, Ingrid, Justa, Miłek, Gwiazda, Hubal, Jubilat i Bosman — po 21 dniach, a Arielle, Almera i Soplica po 28 dniach od wykonania zabiegu.

Odmiany Almera, Arielle i Soplica — zareagowały najsilniej i potrzebowały najwięcej czasu na odbudowę chlorofilu. Tylko odmiana Eugenia i Etiuda wykazały najłagodniejszą reakcję na powschodowe stosowanie metrybuzyny (tab. 2).

Tabela 2

Fitotoksyczna reakcja odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny
Phytotoxicity reaction of potato cultivars to metribuzin applied post emergence

Odmiana Cultivar	Liczba dni po zabiegu/fitotoksyczność Number of days after treatment/phytotoxicity							
	2010				2011			
	7	14	21	28	7	14	21	28
bardzo wczesne — very early								
Arielle	5,0	4,0	2,0	1,0	5,0	4,0	2,0	1,0
Ingrid	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Justa	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Miłek	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
wczesne — early								
Eugenia	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Gwiazda	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
Hubal	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
średnio wczesne — mid early								
Almera	4,0	3,0	2,0	1,0	4,0	3,0	2,0	1,0
Etiuda	2,0	1,0	1,0	1,0	2,0	1,0	1,0	1,0
Jubilat	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
średnio późna — mid late								
Bosman	3,0	2,0	1,0	1,0	3,0	2,0	1,0	1,0
późna — late								
Soplica	5,0	4,0	2,0	1,0	5,0	4,0	2,0	1,0

Przebadane w latach 2010–2011 odmiany ziemniaka charakteryzowały się zróżnicowaną reakcją na metrybuzynę stosowaną po wschodach, która jest niezależna od grupy wczesności oraz kierunku użytkowania (Gruczek, 2004; Urbanowicz, 2006; 2009; Barbaś i Sawicka, 2009). Reakcja ta, według Praczyka (2002), uzależniona jest od zróżnicowanej intensywności pobierania i mobilności substancji aktywnej w roślinie oraz zdolnością do jej dezaktywacji do związków mniej lub całkowicie nietoksycznych. Przebadane odmiany ziemniaka podzielono na stopnie wrażliwości na metrybuzynę (tab. 3).

Tabela 3

Wrażliwość badanych odmian na metrybuzynę stosowaną po wschodach
Sensitivity of tested cultivars to metribuzin applied post emergence

Skala EWRC EWRC scale	Grupa wrażliwości Group of sensitivity	Odmiana — Cultivar	
		jadalne — table	skrobiowe — starch
1,0	niewrażliwe — insensitive	—	—
1,1–2,0	niska wrażliwość — low sensitivity	Etiuda, Eugenia	—
2,1–4,0	średnia wrażliwość — medium sensitivity	Gwiazda, Hubal, Ingrid, Justa, Miłek, Almera	Bosman, Jubilat
4,1–6,0	podwyższona wrażliwość — raised sensitivity	Arielle, Soplica	
<6,1	wysoka wrażliwość — high sensitivity	—	—

Wszystkie odmiany uzyskały wyższy plon w porównaniu do plonu uzyskanego z poletek kontrolnych, co mogło być spowodowane niezbyt silną fitotoksyczną reakcją oraz stosunkowo krótkim czasem jej utrzymywania się na roślinach badanych odmian (tab. 4).

Tabela 4

Plon bulw ziemniaka (średnia z lat 2010–2011)
Potato tuber yield (mean of 2010–2011)

Odmiana Cultivar	Fitotoksyczna reakcja Phytotoxicity reaction	Plon (kontrola=100%) Yield (control =100%)	Frakcje (%) Fraction (%)		
			<3 cm	3–6 cm	>6cm
Etiuda	2	109,2 a*	0,1	65,0	34,9
Eugenia		110,1 a	0,2	37,3	62,6
Bosman	3	105,2 b	0,1	45,2	54,7
Gwiazda		104,7 b	0,2	46,3	53,7
Hubal		108,6 a	0,2	48,8	51,0
Ingrid		105,0 b	0,1	71,8	28,1
Jubilat		104,7 b	0,3	72,6	27,1
Justa		107,1 b	0,1	44,3	55,6
Miłek		106,1 b	0,2	43,8	56,0
Almera	4	102,2 b	0,7	46,2	53,1
Arielle	5	101,7 b	0,6	57,6	41,8
Soplica		101,3 b	0,7	45,1	54,2

* Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$

* Means marked by the same letters are not significantly different at $p = 0.05$

Najniższy plon uzyskano dla odmian o najsilniejszej reakcji na powschodowe stosowanie metrybuzyny — Arielle i Soplica. Może to świadczyć o zależności, którą wykazali Gójski i in. (1987), Sawicka (1993) i Gruczek (1980; 2004), że wraz ze wzrostem uszkodzeń roślin ziemniaka — zwiększają się straty w plonie. Nie odnotowano również zdrobnienia bulw (zwiększenia udziału bulw o najmniejszym kalibrze), chociaż u odmian Arielle, Almera i Soplica ich udział w strukturze plonu był największy w porównaniu z innymi odmianami i stanowił od 0,6 do 0,7% całkowitej masy plonu.

WNIOSKI

1. Badane odmiany ziemniaka charakteryzowały się zróżnicowaną wrażliwością na metrybuzynę, bez względu na grupę wczesności oraz kierunek ich użytkowania.

2. Objawy fitotoksycznej reakcji miały charakter przejściowy, a długość okresu ich utrzymywania się na roślinach ziemniaka wynosił w zależności od odmiany od 14 do 28 dni po aplikacji metrybuzyny.
3. U odmian, które zareagowały podwyższoną wrażliwością na metrybuzynę, odnotowano najniższy plon oraz największą ilość bulw o średnicy poniżej 3 cm.
4. W uprawie odmian o podwyższonej wrażliwości na metrybuzynę oraz na plantacjach nasiennych, zabieg herbicydami zawierającymi metrybuzynę powinien być wykonywany przed wschodami, w terminie od 8 do 10 dni po posadzeniu.

LITERATURA

- Anonim 2007. Metodyka EPPO PP 1/135 (3). Ocena skuteczności działania środków ochrony roślin. Ocena fitotoksyczności. OEPP/EPPO Biul., 37: 15 s. <http://www.minrol.gov.pl>.
- Barbaś P., Sawicka B. 2009. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę. W: Nasiennictwo i ochrona ziemniaka. Konf. nauk.-szkol. Darłówko, 21–22.05.2009. IHAR ZNiOZ Bonin: 128 — 129.
- Choroszewski P. 1994. Fitotoksyczne działanie herbicydów na rośliny ziemniaka. Ochr. Rośl., 7: 11 — 12.
- Gójski B., Czyż S., Skalski J. 1987. Reakcja 40 odmian ziemniaka na herbicyd Sencor w 1986 r. W: Agrotechnika ziemniaka i wybrane zagadnienia z przechowalnictwa. Sesja Nauk. Jadwisin, 4 — 5.03.1987. Inst. Ziemn. Bonin: 167 — 168.
- Gruczek T. 1980. Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na efektywność działania Afałonu w uprawie ziemniaków. Ziemniak, 1980: 79 — 112.
- Gruczek T. 2001. System pielęgnowania ziemniaka a jakość plonu. *Fragm. Agron.* 2 (70): 37 — 51.
- Gruczek T. 2004. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę. *Biul. IHAR*, 232: 193 — 199.
- Lewoski J., Hołubowska M., Urbaniak A., Treder K., Peter K. 1998. Activity of nitrate reductase in potato leaves as an indicator of tolerance to herbicides and abiotic stress. *Breeding research on potatoes. Proceedings of an international symposium, held on 23–26 June 1998, Gross Lusewitz, Rostock. Beitrage zur Zuchtungsforshung Bundesanstalt fur Zuchtungsforshung an Kulturpflanzen*, 4: 2, 109 — 116.
- Praczyk T. 2002. Diagnostyka Uszkodzeń Herbicydowych Roślin Rolniczych. *PWRiL, Poznań*: 144 ss.
- Praczyk T. 2003. Identyfikacja uszkodzeń herbicydowych na roślinach uprawnych. *Prog. Plant Prot.*, 43 (1): 331 — 336.
- Sawicka B. 1993. The response of 44 varieties of potato to metrybuzin. *Rocz. Nauk Rol., Ser. E*, 23, 1–2: 103 — 110.
- Urbanowicz J., Erlichowski T., Pawińska M. 1999. Wpływ herbicydów na rośliny ziemniaka. *Prog. Plant Prot.*, 39 (2): 718 — 720.
- Urbanowicz J. 2002. Wrażliwość odmian ziemniaka na metrybuzynę w świetle dotychczasowych badań. Konferencja. Ochrona ziemniaka 11–12.04.2002. Kołobrzeg, IHAR Oddz. Bonin: 21 — 23.
- Urbanowicz J. 2004. Zastosowanie herbicydu Sencor 70 WG w produkcji ziemniaka wczesnego. *Biul. IHAR* 233: 269 — 276.
- Urbanowicz J. 2006. Reakcja nowych odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. *Prog. Plant Prot.* 46 (2): 305 — 308.
- Urbanowicz J. 2009. Reakcja odmian ziemniaka na stosowane herbicydy. *Ziemn. Pol.* 2: 31 — 34.

ANNA WIERZBICKA
CEZARY TRAWCZYŃSKI

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Agronomii Ziemniaka, Oddział Jadwisin

Czynniki wpływające na zawartość i plon białka w bulwach ziemniaka

Factors affecting the protein content and protein yield in potato tubers

Celem badań była ocena zmian w zawartości białka ogółem (i jego plonu) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia azotem, odmiany, warunków pogodowych oraz zawartości suchej masy i skrobi w bulwach. Nawożenie azotem istotnie podwyższało zarówno zawartość jak i plon białka. W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka ($100\text{--}140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) zawartość białka kształtowała się w granicach 1,85–1,95; 1,72–1,80; 1,61–1,68 odpowiednio dla odmian wczesnych, średnio wczesnych i późniejszych oraz skrobiowych. Plon białka zależał przede wszystkim od plonu suchej masy bulw. Największy plon białka (powyżej $900\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) osiągnięty został przez odmianę jadalną Marlen i dwie skrobiowe: Kuras i Pokusa. Stwierdzono istotną odwrotnie proporcjonalną zależność liniową między zawartością: białka i skrobi, białka i suchej masy oraz wprost proporcjonalną zależność między plonem białka a plonem suchej masy bulw. Okres wegetacji o dużej ilości opadów (2010) zmniejszał zawartość białka ogółem w porównaniu do okresów bardziej suchych (lata 2006, 2008).

Słowa kluczowe: nawożenie azotem, plon białka, zawartość białka ogółem, ziemniak

The aim of this study was to assess changes in total protein content and its yield in potato tubers, depending on nitrogen fertilization, variety, weather conditions, the dry matter and starch content in tubers. Nitrogen fertilization significantly caused significant increase of the protein content and yield. In the range of recommended doses of nitrogen in potato ($100\text{--}140\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) protein content was 1,85–1,95; 1,72–1,80; 1,61–1,68, respectively for early, medium early and late as well as starch varieties. Protein yield depended mainly on the dry matter yield of the tubers. The highest protein yield (over $900\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) was achieved by edible cultivar Marlen and two starch cultivars Kuras and Pokusa. We detected a significant negative linear relationship between: protein content and starch content, protein content and dry matter content and a positive correlation between protein yield and dry matter yield of the tubers. Growing season with large amounts of rainfall (2010) reduced the total protein content in comparison with the more arid periods (2006, 2008).

Key words: nitrogen fertilization, potato, protein yield, total protein content

WSTĘP

Białko jest konieczne dla wzrostu i życia człowieka. Konsumpcja białka jest określana przez zawartość białka w żywności i ilość żywności konsumowanej. Produkty roślinne na świecie dostarczają 65,2% białka, zwierzęce 34,8% (Grigg, 1995). W krajach rozwiniętych stosunek ten wynosi 42,5:57,5, a rozwijających się 77,9:22,1%. Wysoka pozycja ziemniaków wśród roślin (pszenicy, kukurydzy i ryżu) liczących się w wyżywieniu ludności na świecie wynika z faktu, że w plonie ziemniaka może znajdować się więcej białka niż w plonie zbóż (Mazurczyk i in., 2008). Wartość odżywcza białka zawartego w ziemniaku, wynika z obecności w nim aminokwasów egzogennych, czyli takich, których organizm nie może syntetyzować samodzielnie (Leszczyński, 1994; Haase, 2007; Mazurczyk i in., 2008). Szczególnie dużo zawiera ono leucyny, lizyny, izoleucyny, fenyloalaniny i treoniny (Mazurczyk i Lis, 2000; Ahmed i in., 2010).

Celem badań była ocena zmian w zawartości białka ogółem (i jego plonu) w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia azotem, odmiany, warunków pogodowych oraz zawartości suchej masy i skrobi w bulwach.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w latach 2006–2010 w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowym Instytucie Badawczym, Oddział w Jadwisinie (52°29' N, 21°03' E). Rośliny ziemniaka uprawiano na glebie lekkiej, o odczynie kwaśnym. Gleba charakteryzowała się wysoką zawartością przyswajalnego fosforu (23,1 mg P·100 g⁻¹ gleby); średnią potasu (15,3 mg K·100 g⁻¹ gleby), wysoką magnezu (5,5 mg Mg·100 g⁻¹ gleby) i niską zawartością próchnicy 1,2%. Zawartość azotu mineralnego przed sadzeniem w warstwie 0–60 cm wynosiła 40–50 kg·ha⁻¹. Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynniki pierwsze stanowiły dawki azotu; 0, 50, 100, 150, 200 kg·ha⁻¹, drugi — odmiany. W cyklach dwuletnich (2006–2007, 2007–2008, 2008–2009, 2009–2010) badano 23 odmiany w trzech grupach:

- [W] jadalne bardzo wczesne: Berber, Impala, Justa, Krasa, Miłek i Velox oraz wczesne: Bellarosa, Eugenia i Ewelina,
- [P] jadalne średnio wczesne: Almera, Benek, Elanda, Finezja, Marlen, Meridian, Promyk i Wiarus, średnio późną odmianę Roko oraz późne: Medea i Zagłoba,
- [S] skrobiowe: Kuras, Pokusa i Sekwana.

Ziemniaki uprawiano na słomie i międzyplonie ścierniskowym z gorczycy białej przyorany jesienią przy stałym nawożeniu fosforem i potasem ustalonym na podstawie analizy gleby: P — 22 (0,44×50 P₂O₅) kg·ha⁻¹, K — 108 (0,83×130 K₂O) kg·ha⁻¹. Oznaczano plon świeżej masy bulw (t·ha⁻¹), zawartość suchej masy (%) i zawartość azotu ogółem metodą Kjeldahla z wykorzystaniem automatycznego destylatora Kjelttec 2200. Zawartość białka w świeżej i suchej masie (obliczono obie formy ze względu na porównanie z danymi literaturowymi) i plon białka obliczono według wzorów:

- białko ogółem (% w św. m.) = [(% Nog w s.m. × % s.m. × 6,25) / 100] × 1000,
- białko ogółem (% w s. m.) = (% Nog × 6,25),

— plon białka ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$) = [% zaw. białka w św. m. $\times$ plon bulw ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)] $\times$ 10.

Charakterystykę okresu wegetacji pod względem warunków wodno-termicznych oceniono na podstawie współczynnika K obliczonego według wzoru Sielanianova, który uwzględnia, sumę opadów oraz sumę temperatur powietrza rozpatrywanego okresu. Okresy wegetacji ziemniaka podzielono w oparciu o wartości współczynnika K i opady, na mokre: 2007 i 2010, sprzyjające: 2008 i 2009 i rok pośredni 2006 (tab. 1). Lata 2007 i 2010 uznano za mokre, gdyż wartość współczynnika K wynosiła 2,0 i powyżej. Sezon wegetacji lat 2008 i 2009 ze względu na wartości współczynnika K i opady zaliczono do optymalnych dla rozwoju ziemniaka, a 2006 do pośredniego. W badanym cyklu nie było sezonu, który można by uznać za suchy. Sezon wegetacji roku 2006 okazał się najmniej korzystny ze względu na najmniejszą ilość opadów.

Tabela 1

Warunki meteorologiczne w okresie wegetacji ziemniaka (maj — wrzesień)
Climatic condition during potato growing periods (May — September)

Wyszczególnienie Item	Lata — Years					Śr. w ¹
	2006	2007	2008	2009	2010	
Opady Precipitation (mm)	278,1	420,1	305	341	504	315
Średnia temperatura Average temperature (°C)	15,9	15,9	15,4	16,5	15,6	15,8
Współczynnik hydrotermiczny K ² Hydrothermic coefficient	1,3	2,0	1,3	1,4	2,3	1,4

¹Śr. w. — średnia wieloletnia — 41 lat; multiannual average — 41 years,

²K: 1,1 — 2,0 — wilgotno, warunki optymalne; moist, optimal conditions

K > 2,1 — mokro; wet conditions

Tabela 2

Wyniki analizy wariancji dla zawartości białka i jego plonu (2006–2010)
Results of variance analysis for values of protein content and yield (2006–2010)

Wyszczególnienie Description	Wczesność odmian Earliness of varieties	Istotność wpływu — Significance of the influence					
		1	2	3	1x2	1x3	2x3
Zawartość białka; Protein content (% świeżej masy; fresh matter)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	
Zawartość białka; Protein content (% suchej masy; dry matter)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	
Plon białka; Protein yield ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	W	xx	xx	xx	x	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	x	
Plon suchej masy Dry matter yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	W	xx	xx	xx		x	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	xx	xx	xx	x	xx	
Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	W	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	P	xx	xx	xx	xx	xx	xx
	S	x	xx	xx	xx	xx	

1 — dawka azotu; N rate

2 — odmiana; cultivar

3 — lata; years

Istotny przy P: 0,01 — xx; Significant at P: 0.01 — xx

W — jadalne bardzo wczesne i wczesne; table very early and Elary

P — jadalne średnio wczesne do późnych; table middle early to late late of edible

S — skrobiowe; starch

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie w programie ANOVA SAS Enterprise Guide z wykorzystaniem analizy wariancji. Do oceny porównań wartości średnich zastosowano test Tukeya (tab. 2). Zależności pomiędzy badanymi cechami oceniono na podstawie funkcji regresji liniowej i korelacji Pearsona.

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocenę wpływu badanych czynników na zawartość i plon białka oraz plon suchej masy bulw i zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka przedstawiono w tabeli 2. Wszystkie badane czynniki wpływały istotnie na zawartość tych składników w bulwach.

Zawartość białka ogółem

Wraz ze wzrostem zastosowanych dawek azotu wzrastała również zawartość białka (tab. 3).

Tabela 3

**Zawartość białka i suchej masy, plon białka i plon suchej masy bulw w zależności od dawek N
(lata badań 2006–2010)**

**Total protein and dry matter content, protein and dry matter yield depending on N rates
(results from 2006–2010)**

Parametry Parameters	Odmiany (N) Cultivars	Dawka azotu (kg·ha ⁻¹) Nitrogen rate (kg·ha ⁻¹)					Średnia Average
		0	50	100	150	200	
Zawartość białka (% św.m.) Protein content (% f.m.) ⁴	W ¹ (270) P ² (330) S ³ (90)	1,57 1,46 1,37	1,72 1,56 1,47	1,85 1,72 1,61	1,98 1,82 1,70	2,08 1,92 1,83	1,84 1,70 1,60
Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	W (270) P (330) S (90)	8,13 7,34 5,45	8,88 7,93 5,81	9,51 8,55 6,32	10,45 9,43 6,67	11,00 9,87 7,26	9,59 8,63 6,30
Plon białka (kg·ha ⁻¹) Protein yield (kg·ha ⁻¹)	W (270) P (330) S (90)	466,3 575,1 736,6	612,0 732,2 874,5	736,0 899,7 1025,1	809,2 972,0 1081,2	814,1 976,5 1124,0	687,5 831,1 968,3
Plon suchej masy (t·ha ⁻¹) Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	W (270) P (330) S (90)	5,91 8,03 13,70	7,09 9,33 15,62	7,99 10,83 16,48	7,98 10,62 16,69	7,58 10,07 15,88	7,31 9,77 15,67
Zawartość suchej masy (%) Dry matter content (%)	W (270) P (330) S (90)	19,37 20,03 25,33	19,49 19,79 25,70	19,64 20,39 25,80	19,08 19,65 25,79	18,99 19,65 25,47	19,31 19,90 25,62

N — liczba wyników; number of results

¹jadalne bardzo wczesne i wczesne; table very early and early

²jadalne średnio wczesne do późnych; table middle early to late

³skrobiowe; starchy

⁴ś.w — świeża masa; f.m. — fresh matter

s.m. — sucha masa; d.m. — dry matter

Ta zależność została zbadana również w przypadku innych roślin (Ciećko i in., 2004; Biel i in., 2010; Leszczyńska i Noworolnik, 2010). W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka, czyli 100–140 kg na hektar, zawartość białka wynosiła od 1,72 do 1,95% (wartość interpolowana dla dawki 140 kg N·ha⁻¹) u odmian jadalnych i od 1,61 do 1,68% u skrobiowych. Próby kontrolne (bez azotu) zawierały 1,57% (odmiany jadalne

wczesne) lub 1,46% (odmiany jadalne średnio wczesne i późne) i 1,37% (odmiany skrobiowe). Odmianowy charakter zróżnicowania zawartości białka, może być uwarunkowany zmianami: składu chemicznego poszczególnych części rośliny, dystrybucją azotu w jej obrębie, zróżnicowanym metabolizmem azotu na dystrybucję węglowodanów lub rozwojem systemu korzeniowego (Novoa i Loomis, 1981; Vos i Marshall, 1993; Zebarth i in., 2004). Największą zawartością białka w świeżej masie bulw ziemniaka (tab. 4) charakteryzowały się odmiany jadalne wczesne (1,59–2,24%), nieco mniejszą odmiany jadalne średnio wczesne i późne (1,27–1,95%) a najmniej odmiany skrobiowe (1,49–1,69%). Wśród odmian jadalnych dominowała w zawartości tego składnika bardzo wczesna odmiana Velox — 2,24%, a najmniej białka zawierała późna jadalna odmiana Zagłoba — 1,27%. Większe wartości białka od 2,07 do 3,51 w 100 g bulw surowych uzyskali peruwiańscy autorzy (Burgos i in., 2009).

Tabela 4

Zawartości białka i suchej masy, plon białka i plon suchej masy bulw w zależności od odmiany (2006–2010)

Protein and dry matter content, protein yield and tuber dry matter in dependence on cultivar (results from 2006–2010)

Wczesność odmian i liczba wyników Earliness of cultivars and number of results	Odmiana Cultivar	Białko (% św. m.) Protein (% f.m.)	Białko (% s.m.) Protein (% d.m.)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	Plon suchej masy Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	Sucha masa Dry matter (%)
W (30)	Bellarosa	1,69	8,81	623,8	7,18	19,20
W (30)	Berber	1,59	8,50	617,0	7,15	18,77
W (30)	Eugenia	1,77	9,33	722,9	7,84	19,08
W (30)	Ewelina	1,84	9,16	737,0	8,26	20,33
W (30)	Impala	1,88	10,88	722,3	6,69	17,36
W (30)	Justa	1,85	9,44	608,7	6,61	19,69
W (30)	Krasa	1,83	10,28	713,4	6,89	17,85
W (30)	Milek	1,87	8,56	869,8	10,09	21,81
W (30)	Velox	2,24	11,37	572,9	5,06	19,73
Średnia — Mean		1,84	9,59	687,5	7,31	19,31
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,06	0,26	75,0	0,76	0,32
P (30)	Almera	1,44	8,49	801,3	9,38	17,05
P (30)	Benek	1,95	9,36	873,6	9,21	20,79
P (30)	Elanda	1,61	9,79	852,8	8,96	16,87
P (30)	Finezja	1,70	7,54	861,0	11,84	22,79
P (30)	Marlen	2,00	9,73	951,9	9,85	20,64
P (30)	Medea	1,65	8,64	772,2	9,19	19,45
P (30)	Meridian	1,92	9,32	811,1	8,65	20,61
P (30)	Promyk	1,68	8,06	891,7	10,95	20,91
P (30)	Roko	1,78	8,80	845,4	9,56	20,27
P (30)	Wiarus	1,71	7,56	770,6	10,44	22,61
P (30)	Zagłoba	1,27	7,59	710,5	9,49	16,91
Średnia — Mean		1,70	8,63	831,10	9,77	19,90
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,05	0,30	52,8	0,55	0,43
S (30)	Kuras	1,61	5,80	1088,8	18,78	27,88
S (30)	Pokusa	1,69	7,16	961,9	13,72	23,76
S (30)	Sekwana	1,49	5,94	854,3	14,52	25,22
Średnia — Mean		1,60	6,30	968,3	15,67	25,62
NIR _{0,05} odmiana — LSD _{0,05} cultivar		0,03	0,17	34,5	0,47	0,29

U badanych odmian jadalnych i skrobiowych wykazano istotne różnice międzyodmianowe. Należy jednak pamiętać, że w grupie odmian skrobiowych badano tylko trzy odmiany, a w grupie jadalnych 20, czyli analiza statystyczna w przypadku odmian jadalnych uwzględniła większe spektrum zróżnicowania genetycznego. Zawartość białka w suchej masie wykazywała znacznie większe zróżnicowanie międzyodmianowe. U odmian jadalnych zawartość tego składnika wahała się w granicach 7,54–11,37, a skrobiowych 5,80–7,16% i średnio wynosiła — 9,59 dla odmian jadalnych wczesnych 8,63 — dla odmian średnio wczesnych i późnych oraz 6,30% — dla skrobiowych. W badaniach innych autorów (Zarzecka i Gugała, 2006) zawartość białka była podobna i mieściła się w granicach 9,15–11,69%. Większy zakres zmienności zawartości białka (4,38–12,46%) w zależności od odmiany przedstawili niemieccy autorzy (Jansen i Flamme, 2006) badający ziemniaki o różnych kolorach skórki i miąższu. Kolejnym czynnikiem modyfikującym zawartość białka były warunki klimatyczne tj. warunki termiczne i wilgotnościowe (tab. 5). Piszą o tym m.in. Sas-Piotrowska (1974), Leszczyński (1994), Mazurczyk i Lis (2001), Zarzecka i Gugała (2006). W bieżącej pracy również zauważa się, że w okresie wegetacji o nadmiernej ilości opadów (2010) zmniejszała się zawartość białka ogółem w porównaniu do okresów bardziej suchych i ciepłych (2006, 2008).

Tabela 5

Zawartość białka i suchej masy, plon białka, oraz plon suchej masy bulw w zależności od roku uprawy
Protein and dry matter content, protein yield and tuber dry matter in dependence on year

Wyszczególnienie Specification	Wczesność odmian Earliness of cultivars (N)	Lata badań — Tested years					NIR _{0,05} lata LSD _{0,05} years
		2006	2007	2008	2009	2010	
Zawartość białka (% św.m.)	W (270)	2,02	2,03	1,77	1,73	1,75	0,04
	P (330)	1,78	1,86	1,88	1,66	1,57	0,08
Protein content (% f.m.)	S (90)		1,78	1,63	1,52	1,50	0,11
Średnia ważona — Weighted mean		1,90	1,93	1,78	1,67	1,63	
Zawartość białka (% s.m.)	W (270)	11,06	10,79	8,83	8,47	9,57	0,27
	P (330)	10,49	9,09	9,03	7,85	8,38	0,64
Protein content (% d.m.)	S (90)		7,76	6,43	5,39	6,40	1,01
Średnia ważona — Weighted mean		10,78	9,72	8,30	7,73	8,63	
Plon białka	W (270)	652,0	636,5	818,3	804,0	508,8	127,7
Protein yield (kg·ha ⁻¹)	P (330)	796,5	737,4	949,5	979,1	623,1	59,1
	S (90)		795,1	1129,0	1001,9	752,7	127,1
Średnia ważona — Weighted mean		724,3	696,6	945,2	923,8	593,3	
Plon suchej masy	W (270)	5,89	5,97	9,25	9,38	5,32	0,57
Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	P (330)	7,59	8,05	10,49	12,59	7,33	0,46
	S (90)		10,28	17,53	18,55	11,61	1,02
Średnia ważona — Weighted mean		6,74	7,38	11,78	12,32	6,99	
Zawartość suchej masy	W (270)	18,36	18,84	20,26	20,44	18,26	0,48
Dry matter content (%)	P (330)	17,08	20,43	20,87	21,38	18,69	0,43
	S (90)		23,07	25,48	28,15	23,38	2,10
Średnia ważona — Weighted mean		17,72	20,08	21,79	21,97	18,96	

N — liczba wyników; number of results

Plon białka

Plon białka jest wypadkową wysokości plonu bulw i zawartości w nich białka. Na plon białka istotnie wpłynęło nawożenie azotem, odmiana oraz lata badań. Przedstawione wyniki pokazują, że przyrosty plonu białka zmniejszają się wraz ze wzrostem dawki N z 100 do 200 kg ha⁻¹ (tab. 3). Wynika to głównie z braku istotnego przyrostu plonów bulw powodowanego dawkami azotu większymi niż 100 kg·ha⁻¹. W pracy wykazano istotne różnice odmianowe w plonie białka we wszystkich badanych grupach. Duże zróżnicowanie wielkości plonu białka zaobserwowano u odmian jadalnych i skrobiowych (tab. 4). Plon białka ogółem wahał się u odmian jadalnych od 572,9 do 951,9 kg·ha⁻¹ i u odmian skrobiowych od 854,3 do 1088,8 kg·ha⁻¹. Podobnie kształtował się plon białka (509–947 kg·ha⁻¹) podany przez Mazurczyka i in. (2008) badających bulwy odmiany Triada w różnych kombinacjach nawożenia i nawadniania. Jednakże był wyższy od plonu białka wykazanego w doświadczeniu Wojnowskiej i in. (2002) mieszczącego się w granicach 307–671 kg·ha⁻¹ w bulwach ziemniaka uprawianego na oborniku przy dawkach azotu w zakresie 30–90 kg·ha⁻¹. Na plon białka z ha istotnie wpłynął rok badań. Dane dotyczące wielkości plonów bulw i białka w latach 2006–2010 przedstawiono w tab. 5. Największe plony białka uzyskano w latach: 2008 i 2009 sklasyfikowanych na podstawie współczynnika Sielianiowa (K) jako optymalne dla rozwoju ziemniaka, a najmniejsze w roku 2010 o dużej ilości opadów. Pomiędzy latami: 2006 i 2007 oraz 2008 i 2009 różnice były nieistotne, natomiast istotne różnice wystąpiły pomiędzy latami 2008–2006, 2008–2007, 2008–2010 i analogicznie pomiędzy 2009–2006, 2009–2007, 2009–2010.

Zależność między zawartością skrobi i suchej masy w bulwach ziemniaka a zawartością w nich białka oraz między plonem suchej masy i zawartością białka w bulwach a plonem białka

Tabela 6

Wyniki analizy regresji pomiędzy zawartością białka a zawartością skrobi i suchej masy oraz plonem białka i jego składowymi

Results of regression analysis between protein content and starch or dry matter content and protein yield and its components

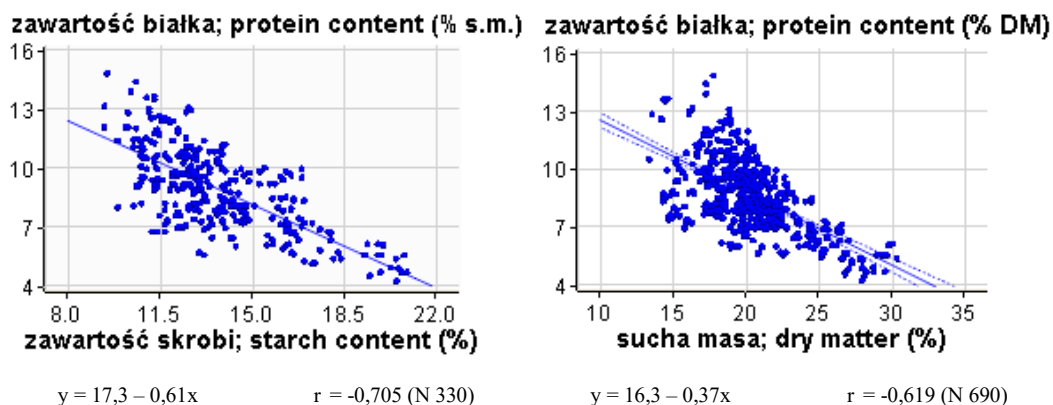
Zmienna niezależna (x) Independent variable	Zmienna zależna (y) Dependent variable	Równanie regresji Regression equation	r	R ²	Poziom istotności Significant level
Zawartość skrobi Starch content (%)	Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	$y = 17,3 - 0,61x$	-0,705	49,7	**
Zawartość suchej masy Dry matter content (%)	Zawartość białka (% s.m.) Protein content (% d.m.)	$y = 16,3 - 0,37x$	-0,619	38,3	**
Plon suchej masy Dry matter yield (t·ha ⁻¹)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	$y = 305,7 + 50,9x$	0,780	63,9	**
Zawartość białka (% św.m) Protein content (% f.m.)	Plon białka Protein yield (kg·ha ⁻¹)	$y = 300,8 + 282,5x$	0,328	10,8	**

** poziom istotności 0,01; significant at the level 0.01

r — współczynnik korelacji Pearsona; Pearson's correlation coefficient

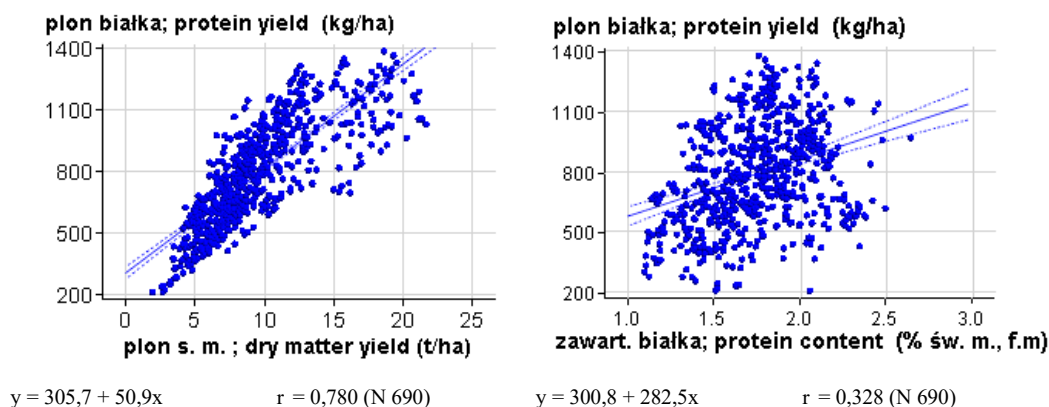
R² — współczynnik determinacji; coefficient of determination

Analizy regresji i korelacji (tab. 6) wykazały że, pomiędzy zawartością skrobi i suchej masy w bulwach, a zawartością w nich białka wystąpiła zależność liniowa: im zawartość skrobi i suchej masy w bulwach była wyższa tym zawartość białka była mniejsza (rys. 1). Natomiast plon białka był tym większy im większy był plon suchej masy i większa w niej zawartość białka (rys. 2).



Rys. 1. Zawartość białka a zawartość skrobi (2006–2009) i suchej masy (2006–2010)

Fig. 1. The protein content and starch or dry matter content



Rys. 2. Plon białka a plon suchej masy bulw i zawartość białka (2006–2010)

Fig. 2. The protein yield and the yield of dry matter or protein content

WNIOSKI

1. Nawożenie azotem istotnie podwyższało zarówno zawartość jak i plon białka. W zakresie dawek azotu zalecanych w uprawie ziemniaka (100–140 kg·ha⁻¹) zawartość

- białka wynosiła od 1,72 do 1,95% w bulwach odmian jadalnych i od 1,61 do 1,68% w bulwach odmian skrobiowych.
2. Zawartość białka ogółem w świeżej masie bulw ziemniaka badanych odmian należała do niskiej, gdyż była ona najczęściej mniejsza od 2%. Największą zawartością białka (1,84%) charakteryzowały się bulwy odmian jadalnych wczesnych, a najmniejszą (1,63%) ziemniaki odmian skrobiowych.
 3. Plon białka zależał przede wszystkim od plonu suchej masy bulw. Stwierdzono na podstawie analizy regresji i korelacji że, plon białka był tym większy im większy był plon suchej masy i większa w niej zawartość białka.
 4. Maksymalny plon białka (powyżej 900 kg·ha⁻¹) osiągnięty został przez średnio wczesną odmianę Marlen i dwie skrobiowe odmiany Kuras i Pokusa.
 5. Największe plony białka uzyskano w latach 2008 i 2009 charakteryzujących się optymalną dla rozwoju ziemniaka ilością opadów i temperaturą.
 6. Analiza regresji wykazała że, im większa zawartość skrobi (i suchej masy), tym mniejsza była zawartość białka w bulwach ziemniaka.

LITERATURA

- Ahmed E. Elfaki, Afaf. M. Abbsher. 2010. Nutritional situation of potato subjected to Sudanese cooking methods. J. Appl. Sci. Res. 6(8): 980 — 924.
- Biel W., Hury G., Maciorowski R., Kotlarz A., Jaskowska I. 2010. Wpływ zróżnicowanego nawożenia azotem na skład chemiczny ziarna dwóch odmian orkiszu (*Triticum aestivum* ssp. *spelta* L.). Acta Sci. Pol., Zootechnica 9 (4): 5 — 14.
- Ciećko Z., Krajewski W., Wyszowski M., Żołnowski A. 2004. Działanie nawożenia fosforem na zawartość i jakość białka w bulwach ziemniaka. Prace Nauk. Wrocław, 1017: 99 — 110.
- Burgos G., Haan S., Salas E., Bonierbale M. 2009. Protein, iron, zinc and calcium concentrations of potatoes following traditional processing as “chunño”. Journal of Food Composition and Analysis, 22: 617 — 619.
- Grigg D. 1995. The pattern of world protein consumption. Geoforum, vol. 26, 1, pp. 1 — 17.
- Haase N. U. 2007. The canon of potato science: The nutritional value of potatoes. Potato Res. 50: 415 — 417.
- Jansen G., Flamme W. 2006. Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) — anthocyanin content and tuber quality. Genetic Resources and Crop Evolution. 53: 1321 — 1331.
- Leszczyński W. 1994. Ziemniak jako produkt spożywczy. Post. Nauk Rol., 1994, 1: 15 — 29.
- Leszczyńska D., Noworolnik K. 2010. Wpływ nawożenia azotem i gęstości siewu na plonowanie owsa nagoziarnistego. Żywność, Nauka, Techn., Jakość, 3(70): 197 — 204.
- Mazurczyk W., Lis B. 2000. Skład chemiczny a wartość odżywcza ziemniaka. Poradnik producentów ziemniaka: 89 — 92.
- Mazurczyk W., Lis B. 2001. Variation of chemical composition of tubers of potato table cultivars grown under deficit and excess of water. Pol. J. Food Nutr. Sci. 10/51: 27 — 30.
- Mazurczyk W., Wroniak J., Wierzbicka A. 2008. Wpływ nawadniania kroplowego i fertygacji na akumulację plonu białka i suchej masy w bulwach ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 530: 177 — 186.
- Novoa R., Loomis R.S. 1981. Nitrogen and plant production. Plant and Soil, 58: 177 — 204.
- Sas-Piotrowska B., 1974. Wpływ środowiska na zawartość białka w ziemniaku. Z prac Inst. Ziemn. 7: 3 — 18.
- Vos J., Marshall B. 1993. Nitrogen and potato production strategies to reduce nitrate leaching. Proc. 12th Trienn. Conf. EAPR, 18-23 July, Paris, France: 101 — 110.
- Wojnowska T., Wróbel E., Sienkiewicz S., Mozelewski W., Krzebietke S. 2002. Plon i zawartość związków organicznych w bulwach ziemniaka w zależności od dawki azotu i techniki nawożenia. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489: 195 — 202.

- Zarzecka K., Gugala M. 2006. Zawartość białka ogólnego i właściwego w bulwach ziemniaka w zależności od sposobów uprawy roli i odchwaszczenia. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 5 (2): 107 — 115.
- Zebarth B. J., Tai G., Tarn R., de Jong H., Milburn P. H. 2004. Nitrogen use efficiency characteristics of commercial potato cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 84: 589 — 598.

TOMASZ BORUCZKOWSKI
HANNA BORUCZKOWSKA
MACIEJ BIENKIEWICZ
WIOLETTA DROŹDŹ
EWA TOMASZEWSKA-CIOSK
PIOTR REGIEC

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wybrane właściwości fizyczne niskoacetylowanej skrobi estryfikowanej kwasem oleinowym *

Chosen physical properties of low acetylated starch esterificated with oleic acid

W niniejszej pracy przeprowadzono enzymatyczną estryfikację skrobi niskoacetylowanej kwasem tłuszczowym z użyciem enzymów w środowisku rozpuszczalnika organicznego. Analizom zostały poddane zarówno substancje wyjściowe jak i produkty powstałe w reakcji estryfikacji. W wyniku reakcji estryfikacji przy zastosowaniu lipazy z drożdży *Candida antarctica* oraz dwóch wyodrębnionych na drodze przemysłowej frakcji tego enzymu (A i B) powstały 3 estry skrobi acetylowanej i kwasu oleinowego. Ich stopień podstawienia oznaczony za pomocą analizy spektrum ^1H NMR wynosił od 0,07 do 0,12 i był zależny od frakcji zastosowanego enzymu. Analiza termiczna przy użyciu różnicowego kalorymetru skaningowego wykazała, że ciepło właściwe przemiany fazowej produktów estryfikacji było wyższe niż ciepło właściwe przemiany fazowej skrobi acetylowanych. Istotny wpływ na zbadane właściwości fizyczne otrzymanych związków miał stopień acetylacji skrobi.

Słowa kluczowe: estryfikacja, kwas oleinowy, lipaza, skrobia

In this study, we conducted an enzymatic esterification of low acetylated starch by fatty acid using enzymes in an organic solvent. We analyzed both the starting materials and reaction products formed in the esterification. The reaction of esterification using lipase from *Candida antarctica* and two separate enzyme fractions (A and B) formed three acetylated starch esters of oleic acid. The degree of substitution determined by ^1H NMR spectrum analysis ranged from 0.07 to 0.12, and was dependent on the applied fraction of the enzyme. Thermal analysis using differential scanning calorimeter showed that the products' heats of phase transition were higher than the acetylated starch heat of phase transition. A degree of substitution of acetylated starch had a significant impact on the physical properties of investigated compounds.

* Praca wykonana w ramach grantu MNiSW, umowa nr 2338/B/P01/2009/36 o realizację projektu badawczego nr NN312233836

Key words: esterification, lipase, oleic acid, starch

WSTĘP

Hydrofilowy charakter skrobi jest główną przyczyną ograniczeń w wykorzystaniu jej w przemyśle (Singh i in., 2004). Problem ten jest możliwy do rozwiązania poprzez modyfikowanie skrobi natywnej (Yan i in., 2010) nadające jej pożądane właściwości fizykochemiczne i funkcjonalne (Fortuna i in., 2002).

W wyniku niektórych modyfikacji skrobi wprowadzone do niej podstawniki, np. grupy estrowe, tworzą skrobie, które zapewniają trwałość przechowalniczą produktów, szczególnie o dużej zawartości wody, dzięki stabilności żeli i kleików skrobiowych. W wyniku tego, obok występujących wiązań wodorowych, powstają dodatkowe wiązania chemiczne pomiędzy sąsiednimi łańcuchami skrobi. Taka usieciowana skrobia staje się bardziej odporna na oddziaływania chemiczne i mechaniczne (Leszczyński, 2006).

Stosunkowo nową grupą modyfikatorów skrobiowych są estry sacharydów i kwasów tłuszczowych (Ward i in., 1997). Zaliczane są one do naturalnych biosurfaktantów niejonowych (Kołakowski i in., 2005), znajdujących zastosowanie zarówno w przemyśle spożywczym, chemicznym, kosmetycznym, jak i farmaceutycznym czy biomedycznym (Degn i in., 2001). Sacharydy, należąc do związków polihydroksylowych, stwarzają możliwość estryfikacji wolnych grup hydroksylowych obecnych w ich cząsteczce. Dzięki temu możliwe jest otrzymanie kompleksów różniących się diametralnie właściwościami fizykochemicznymi (Lortie, 1997; Kołakowski i in., 2005). Estry kwasów tłuszczowych i sacharydów są związkami wykazującymi właściwości stabilizujące i emulgujące (Ye i in., 2010). Wykorzystaniem estrów sacharydów i kwasów tłuszczowych zainteresował się również przemysł kosmetyczny. Znaleźć je można w kremach do ciała, pastach do zębów, pomadkach do ust, szamponach, odżywkach do włosów a także w płynach do mycia naczyń, czy detergentach piorących. Charakteryzują się one właściwościami zmiękczającymi, niwelują problem twardej wody oraz wykazują właściwości antibakteryjne (Ye i in., 2010). Zwiększa się również wykorzystanie estrów sacharydów w przemyśle farmaceutycznym i biomedycznym. Ułatwiają one rozpuszczanie w tłuszczach witamin i antybiotyków, nie podrażniając śluzówki jamy ustnej podczas ich przyjmowania. Ponadto mogą zostać użyte jako wypełniacze ubytków w kościach a nawet jako ich całkowite zamienniki (Rajan i in., 2006, 2008).

Estry skrobi i kwasów tłuszczowych można m.in. wytwarzać metodami chemicznymi, w reakcji skrobi z kwasami tłuszczowymi. Proces ten ze względu na niewielką rozpuszczalność kwasów tłuszczowych w wodzie i sacharydów w rozpuszczalnikach hydrofobowych, musi być prowadzony w środowisku rozpuszczalników organicznych jak pirydyna, sulfotlenek dimetylu (DMSO) czy NN- dimetyloformamid (DMF). Rozpuszczalniki te są toksyczne dla zdrowia człowieka i środowiska. Poza tym proces przy użyciu katalizatorów chemicznych z reguły przebiega w sposób niekontrolowany. Alternatywnym rozwiązaniem wydaje się być prowadzenie syntezy przy udziale enzymów, w szczególności lipaz. Właściwy proces przebiega w niższej temperaturze (30–60°C) a otrzymany produkt posiada określoną budowę chemiczną, jest pozbawiony barwnych

zanieczyszczeń i co równie ważne, jest naturalny (Dubreucq i in., 2000). Obecnie znane są już mechanizmy estryfikacji sacharydów kwasami tłuszczowymi, nie ma natomiast żadnych doniesień poruszających tematykę transestryfikacji estrów sacharydów i kwasów tłuszczowych. Powstaje zatem potrzeba zbadania ewentualnych możliwości syntezy tych estrów przy zastosowaniu tego typu reakcji. Biorąc pod uwagę duże możliwości wykorzystania estrów sacharydów praktycznie we wszystkich gałęziach przemysłu, zasadnym jest przeprowadzenia badań nad nowymi możliwościami ich syntezy z zachowaniem nurtów proekologicznych.

Celem niniejszej pracy było otrzymanie estru skrobi ziemniaczanej niskoacetylowanej z kwasem oleinowym na drodze enzymatycznej estryfikacji przy użyciu różnych frakcji immobilizowanej lipazy pochodzenia mikrobiologicznego, a także porównanie właściwości uzyskanych produktów.

MATERIAŁY I METODY

Materiał badawczy stanowiły: skrobia niskoacetylowana, wyprodukowana w 2010 przez Lyckeby Culinar AB, MICROLYS 52, stopień podstawienia deklarowany przez producenta wynosił 0,01–0,2; sito molekularne 4Å firmy Sigma-Aldrich, kwas oleinowy firmy Fluka Chemika, tert-Butanol firmy Riedel-de Haën, preparaty immobilizowanej na żywicy akrylowej lipazy zewnątrzkomórkowej pochodzącej z drożdży *Candida antarctica* o nazwie handlowej Nowozym 435 oraz frakcje A i B tego enzymu, firmy Sigma-Aldrich.

Enzymatyczna estryfikacja

Przygotowano mieszaniny reakcyjne o następującym składzie: skrobia acetylowana, kwas oleinowy, tert-butanol, sito molekularne oraz enzym (lipaza A i B oraz Novozym 435). Równocześnie sporządzono próby zerowe — nie zawierające dodatku enzymu.

Skład mieszanin reakcyjnych: na 1 mol równoważnika glukozy odważono 1 mol kwasu oleinowego, tert-butanol stanowił podwójny ekwiwalent masowy kwasu oleinowego oraz skrobi niskoacetylowanej, preparaty immobilizowanej lipazy (Novozym 435 oraz jej frakcje A i B) — 1 g, sito molekularne (absorpcja powstałej, podczas reakcji, wody) — 0,2-krotny ekwiwalent masowy skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego. Mieszaniny były poddawane reakcji, która przebiegała w systemie ciągłego mieszania (350 obr./min) przez okres 10 dni w temperaturze 60°C, po czym nadmiar kwasu tłuszczowego ekstrahowano acetonem w ilości 150 ml w temperaturze 35°C przez 1 godzinę. Otrzymany osad przesączano w celu oddzielenia sita molekularnego oraz przemywano acetonem w celu usunięcia pozostałości wolnego kwasu oleinowego. Preparaty po przemyciu suszono w temperaturze pokojowej (20–25°C). Dodatkowo sprawdzono wpływ przetrzymywania skrobi acetylowanej z kwasem tłuszczowym w sposób identyczny, jak opisany powyżej, jednak bez dodatku enzymu.

Analiza wiązań chemicznych obecnych w preparatach — metoda rezonansu magnetycznego ^1H NMR

Przygotowano próby zawierające 10 mg badanych preparatów oraz 1 ml deuterowanego dimetylosulfotlenku (DMSO). Mieszaninę ogrzewano w łaźni wodnej w temperaturze 70°C przez 7 dni. Następnie pobrano 0,6 ml próby i przeniesiono do

próbówek NMR. Analiza $^1\text{HNMR}$ została przeprowadzona w temperaturze 70°C za pomocą spektrometru AVANCE AMX 300 firmy Bruker. Stopień podstawienia kwasem octowym oraz oleinowym obliczono zgodnie z metodyką przedstawioną przez Hui i in. (2008) oraz Kapuśniaka i Siemiona (2005).

Analiza grup funkcyjnych występujących w preparatach przy pomocy absorpcyjnej spektroskopii FTIR

Odważono po 0,2 g badanych prób, które sprasowano w pastylkę KBr. W celu określenia grup funkcyjnych wykonano analizę na spektrometrze Mattson FTIR-300.

Wyznaczenie charakterystyk termicznych substancji przy użyciu różnicowego kalorymetru skaningowego DSC — Mettler-Toledo model 822e.

Do aluminiowego naczynka o pojemności 100 μl naważono 5 mg badanej substancji, w przeliczeniu na suchą masę oraz uzupełniano wodą do masy 15 mg. Próbę kondycjonowano w czasie 30 minut w temperaturze $20\text{--}25^\circ\text{C}$ a następnie umieszczono w komorze różnicowego kalorymetru skaningowego. Próbę ogrzewano od temperatury 25 do 100°C z prędkością $4^\circ\text{C}/\text{minutę}$. W oparciu o otrzymane wyniki wyznaczono ciepło właściwe przemian fazowych, temperatury początkowe i końcowe przemian fazowych oraz temperatury ekstrapolowanych środków pików.

Uzyskane wyniki badań poddano interpretacji statystycznej za pomocą jednokierunkowej dwuczynnikowej analizy wariancji. Grupy jednorodne wyznaczono testem Duncana dla poziomu istotności $\alpha = 0,05$ w programie Statistica 9.1.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

W tabeli 1 przedstawiony został stopień podstawienia kwasem oleinowym oraz kwasem octowym skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych otrzymanych w trakcie reakcji trwającej dziesięć dni. W tym wypadku, najwyższą aktywnością w prowadzeniu reakcji estryfikacji wykazała się frakcja B stosowanego enzymu. Wartość stopnia podstawienia kwasem oleinowym wyniosła $\text{DS.} = 0,12$ natomiast kwasem octowym — $\text{DS.} = 0,07$. Najniższą skutecznością estryfikacji wykazała się frakcja A enzymu, pozwalając na uzyskanie stopnia podstawienia $\text{DS.} = 0,1$ — kwasem oleinowym oraz $\text{DS.} = 0,08$ — kwasem octowym.

Zastosowanie enzymu N poskutkowało jednoczesnym przyłączeniem do łańcucha skrobiowego kwasu oleinowego w ilości $\text{DS.} = 0,11$ oraz częściowym odłączeniem, obecnych w nim już, grup pochodzących od kwasu octowego (deacetylacja). Stopień podstawienia czystej skrobi niskoacetylowanej kwasem octowym wynosi $\text{DS.} = 0,11$ i potwierdza dane producenta. Na widmach $^1\text{HNMR}$ znaleźć można sygnały od protonów grupy CH_3 kwasu tłuszczowego w zakresie $0,79\text{--}0,87$ ppm, sygnały od grupy CH_3 kwasu octowego w przedziale od $2,01$ do $2,10$ ppm oraz piki pochodzące od pierścienia glukozowego w zakresie $5,0\text{--}5,5$ ppm.

Tabela 1

Stopnie podstawienia (DS) skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych, otrzymanych w reakcji prowadzonej przez 10 dni
The degrees of substitution (DS) of low acetylated starch and its derivatives, obtained by the reaction conducted for 10 days

Preparat Preparation	Stopień podstawienia (DS) The degree of substitution	
	kwasy octowe acetic acid	kwasy oleinowe oleic acid
Skrobia niskoacetylowana Low acetylated starch	0,11	-
Kompleks skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego Complex of low acetylated starch and oleic acid	0,11	0,02
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu A Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme A	0,08	0,10
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu B Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme B	0,07	0,12
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu N Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme N	0,07	0,11

Analizę grup funkcyjnych obecnych w badanych preparatach wykonano za pomocą spektroskopii FTIR. Skrobia niskoacetylowana, skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym a także produkty estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym z zastosowaniem enzymów, wykazały drgania rozciągające pochodzące od reszt kwasu octowego oraz oleinowego.

W tabeli 2 zamieszczono wartości ciepła właściwego przemiany fazowej (Qw), oznaczonego w trakcie ogrzewania do 100°C w środowisku wody. W przypadku skrobi niskoacetylowanej największym ciepłem przemiany fazowej (-8,46J/g) charakteryzowała się skrobia niskoacetylowana, która stanowi odrębną grupę jednorodną. Najmniejszym ciepłem właściwym przemiany fazowej (-3,85J/g) charakteryzuje się produkt estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstały w wyniku przeprowadzonej reakcji z użyciem enzymu N. Wartości ciepła właściwego przemiany fazowej produktów estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstałych w wyniku przeprowadzonej reakcji z użyciem enzymu A oraz B nie różnią się statystycznie.

W tabeli nr 3 przedstawiono początkowe temperatury przemian fazowych oznaczone w trakcie ogrzewania preparatów do 100°C w środowisku wody. Podobnie jak w przypadku ciepła właściwego najwyższą temperaturą początkową przemiany fazowej (46,4°C) charakteryzowała się skrobia niskoacetylowana.

Tabela 2

Ciepło właściwe przemiany fazowej (Qw) skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych oznaczone w trakcie ogrzewania w środowisku wody do 100°C

The heat of phase transition of low acetylated starch and its derivatives measured in water during heating to 100°C

Preparat Preparation	Ciepło właściwe przemiany fazowej Qw (Jg ⁻¹) The heat of phase transition			NIR LSD
	powtórzenia repetitions		średnia average	
	I	II		
Skrobia niskoacetylowana Low acetylated starch	-8,74	-8,18	-8,46	1,08
Kompleks skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego Complex of low acetylated starch and oleic acid	-4,07	-4,44	-4,26	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu A Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme A	-4,86	-5,65	-5,26	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu B Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme B	-5,36	-5,62	-5,49	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu N Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme N	-4,24	-3,45	-3,85	

Tabela 3

Temperatura początkowa przemiany fazowej skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych oznaczona w trakcie ogrzewania w środowisku wody do 100°C

Initial temperature of phase transition of low acetylated starch and its derivatives measured in water during heating to 100°C

Preparat Preparation	Temperatura początkowa przemiany fazowej (°C) Initial temperature of phase transition			NIR LSD
	powtórzenia repetitions		Średnia average	
	I	II		
Skrobia niskoacetylowana Low acetylated starch	46,1	46,6	46,4	1,79
Kompleks skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego Complex of low acetylated starch and oleic acid	41,5	39,5	40,5	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu A Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme A	42,4	42,6	42,5	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu B Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme B	42,5	43,0	42,8	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu N Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme N	40,4	40,7	40,5	

Najniższą (40,5°C) charakteryzowała się skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym, która z produktem transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstałym w wyniku przeprowadzonej reakcji z użyciem enzymu N stanowi grupę jednorodną. Drugą grupę jednorodną stanowią produkty estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstałym w wyniku przeprowadzonej reakcji z użyciem enzymu A i B.

Kolejnym parametrem opisującym charakterystykę termiczną badanych preparatów jest temperatura końcowa przemiany fazowej, której wartości zebrano w tabeli 4.

Tabela 4

Temperatura końcowa przemiany fazowej skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych oznaczona w trakcie ogrzewania w środowisku wody do 100°C
Ending temperature of phase transition of low acetylated starch and its derivatives measured in water during heating to 100°C

Preparat Preparation	Temperatura końcowa przemiany fazowej (°C) Ending temperature of phase transition			NIR LSD
	powtórzenia repetitions		średnia average	
	I	II		
Skrobia niskoacetylowana Low acetylated starch	59,4	59,6	59,5	1,54
Kompleks skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego Complex of low acetylated starch and oleic acid	54,1	52,7	53,4	
Skrobia niskoacetylowana z kwasem oleinowym i enzymem A Low acetylated starch with oleic acid and the enzyme A	55,7	55,7	55,7	
Skrobia niskoacetylowana z kwasem oleinowym i enzymem B Low acetylated starch with oleic acid and the enzyme B	55,9	56,2	56,1	
Skrobia niskoacetylowana z kwasem oleinowym i enzymem N Low acetylated starch with oleic acid and the enzyme N	55,4	54,1	54,8	

Najwyższą temperaturą końcową przemiany fazowej charakteryzowała się skrobia niskoacetylowana (59,5°C), najniższą skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym (53,4°C). Wartości temperatury końcowej przemiany fazowej produktów transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstałych w wyniku przeprowadzonej reakcji z użyciem enzymu A i B, nie różnią się statystycznie.

Temperatury ekstrapolowanego środka piku przemiany fazowej skrobi niskoacetylowanej, skrobi niskoacetylowanej przetrzymywanej z kwasem oleinowym oraz powstałych estrów przedstawiono w tabeli 5. Najwyższa temperatura ekstrapolowanego środka piku (52,6°C) została zarejestrowana w analizie termicznej skrobi niskoacetylowanej. Wartość tej temperatury stanowi osobną grupę jednorodną. Skrobię niskoacetylowaną przetrzymowaną z kwasem oleinowym cechowała najniższa wartość (46,3°C) temperatury ekstrapolowanego środka piku. Stanowi ona wraz ze skrobią niskoacetylowaną estryfikowaną z użyciem enzymu N grupę jednorodną. Spośród powstałych estrów najwyższą temperaturą ekstrapolowanego środka piku przemiany fazowej charakteryzował się produkt estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym powstały w wyniku przeprowadzonej reakcji z zastosowaniem enzymu B (48,8°C).

Tabela 5

Temperatura ekstrapolowanego środka piksu przemiany fazowej skrobi niskoacetylowanej i jej pochodnych oznaczona w trakcie ogrzewania w środowisku wody do 100°C
Temperature of extrapolated peak of phase transition of low acetylated starch and its derivatives measured in water during heating to 100°C

Preparat Preparation	Temperatura ekstrapolowanego środka piksu przemiany fazowej (°C) Temperature of extrapolated peak of phase transition			NIR LSD
	powtórzenia repetitions		średnia average	
	I	II		
Skrobia niskoacetylowana Low acetylated starch	52,5	52,7	52,6	1,57
Kompleks skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego Complex of low acetylated starch and oleic acid	47,2	45,4	46,3	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu A Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme A	47,9	48,4	48,2	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu B Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme B	48,5	49,0	48,8	
Produkt transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego otrzymany przy użyciu enzymu N Product of transesterification of low acetylated starch by oleic acid obtained with use of enzyme N	46,4	46,9	46,7	

1,57

DYSKUSJA WYNIKÓW

Skrobia stanowi niezastąpiony surowiec niemal we wszystkich gałęziach gospodarki. Uniwersalność zastosowania tego materiału jest główną przyczyną ciągłego wzrostu zapotrzebowania na ten surowiec. Głównym powodem niepełnego wykorzystania skrobi w przemyśle jest jej hydrofilowy charakter (Singh i in., 2004; Kapuśniak i in., 2007). W celu uzyskania odpowiednich właściwości, takich jak rozpuszczalność, tekstura, konsystencja czy też wysoka odporność na działanie różnych czynników zewnętrznych, poddaje się ją modyfikacjom (Fortuna i in., 2002). Skrobia jako związek polisacharydowy posiada trzy wolne grupy hydroksylowe, przy czym podstawieniu może ulegać jedna, dwie lub wszystkie z grup. Stwarza to dogodne warunki do estryfikowania sacharydów na przykład kwasami tłuszczowymi.

Obecnie większość syntetyzowanych estrów sacharydów otrzymywana jest przy użyciu katalizatorów chemicznych. Metoda ta zastała opisana już w 1956 roku przez Osipowa i in. (1956). Jej zaletą jest fakt, iż przeprowadzona w odpowiednich warunkach nie skutkuje zniszczeniem gałązek skrobiowych a zmiany w obrębie cząsteczki skrobi są niewielkie. Niestety bardzo niewielka rozpuszczalność sacharydów w rozpuszczalnikach hydrofobowych wymusza stosowanie podczas reakcji organicznych rozpuszczalników polarnych, szkodliwych dla zdrowia człowieka. Są nimi sulfotlenek dimetylu (DMSO),

toluen, pirydyna. Dodatkowo, proces ten jest egzotermiczny co skutkuje powstawaniem barwnych zanieczyszczeń (Kołakowski i in., 2005).

Reakcje estryfikacji prowadzić można z powodzeniem na drodze biotechnologicznej, wykorzystując do tego celu enzymy pochodzenia mikrobiologicznego (Saxena i in., 2003; Adamczak i in., 2004). Zastosowanie znalazły tutaj głównie lipazy, które uzyskuje się z drożdży *Candida antarctica*, *Candida cylindracea*, *Candida rugosa*, pleśni *Rhizomucor miehei* oraz bakterii *Bacillus subtilis* (Kennedy i in., 2006). Mogą być one wykorzystywane w reakcji estryfikacji, transestryfikacji i interestryfikacji (Bornscheuer, 1999), a ich podstawowym zadaniem jest katalizowanie reakcji hydrolizy tłuszczów do wolnych kwasów tłuszczowych (Debreucq i in., 2000).

Wymienione lipazy drobnoustrojowe zostały „przetestowane” przez Seino i in. (1984) pod kątem przydatności do syntezy estrów sacharydów. Prowadzili oni szereg reakcji, w których udział brały: sacharoza, glukoza, fruktoza i sorbitol oraz kwasy tłuszczowe: oleinowy, stearynowy i linolowy. Środowiskiem reakcji był bufor fosforanowy. Najwyższą aktywnością w syntezie estrów wykazał się enzym z *Candida cylindracea*.

W niniejszej pracy, jako biokatalizator reakcji estryfikacji skrobi naturalnej oraz reakcji transestryfikacji skrobi niskoacetylowanej kwasem oleinowym, wykorzystano enzym z *Candida antarctica*, a także frakcje A i B tego enzymu. Ward i in. (1997) w swoich badaniach, jako czynnik katalizujący reakcje syntezy estrów sacharydów kwasem arachidonowym, zastosowali osiem różnych enzymów, w tym również ten pochodzący z *Candida antarctica*. W wyniku przeprowadzonych doświadczeń stwierdzili, iż najlepsze rezultaty uzyskano w przypadku lipazy pochodzącej właśnie z *Candida antarctica* (Ward i in., 1997). Obserwacje te potwierdził Tsitsimpikou i in. (1997). Zastosowali oni lipazę z *Candida antarctica*, a także z *Candida rugosa* w trakcie syntezy estrów sacharydów. Przeprowadzona acylacja arabinozy, mannozy, fruktozy oraz glukozy kwasem laurynowym w środowisku heksanu pozwoliła stwierdzić, iż *Candida antarctica* wykazała się wyższą aktywnością w syntezie estrów sacharydów niż *Candida rugosa* (Tsitsimpikou i in., 1997).

W niniejszej pracy określono właściwości: produktów otrzymanych w wyniku estryfikacji, estrów sacharydów przetrzymywanych z kwasem oleinowym, a także związków wyjściowych. Razem przebadano 5 preparatów.

Pierwsza analiza jakościowa wykonana została z wykorzystaniem magnetycznego rezonansu jądrowego. Widma ¹HNMR, oprócz potwierdzenia zajścia reakcji estryfikacji kwasem oleinowym, posłużyły do obliczenia wartości stopnia podstawienia (DS). Stopień podstawienia kwasem octowym został obliczony jako stosunek powierzchni protonów metylowej reszty kwasowej estru — od 1,97 do 2,10 ppm do powierzchni sygnałów protonów pierścienia glukozy w łańcuchu skrobi w zakresie od 5,0 do 5,5 ppm. W przypadku podstawienia kwasem oleinowym szukano sygnału w zakresie od 0,80 do 0,87 ppm należącego do końcowej grupy metylowej kwasu oleinowego (w niektórych przypadkach sygnał ten przesunął się w kierunku wyższych wartości -1,09 ppm i mieścił się w granicach standardowych przesunięć), a także sygnałów protonów pierścienia glukozy w łańcuchu skrobi w zakresie od 5,0 do 5,5 ppm.

W przypadku skrobi niskoacetylowanej analiza rezonansu magnetycznego potwierdziła zgodność stopnia podstawienia kwasem octowym ($DS = 0,01-0,2$) podanym przez producenta Lyckeby Culinar AB, MICROLYS 52 — Szwecja. W literaturze można znaleźć źródła, w których określone są konkretne granice stopnia podstawienia skrobi niskoacetylowanej; według Bello-Perez i in. (2010) skrobia niskoacetylowana ma stopień podstawienia $DS < 0,1$, jest ona używana w przemyśle spożywczym do nadania produktom odpowiedniej konsystencji, stabilności oraz tekstury Natomiast Elomaa i in. (2004) podają, że zakres stopnia podstawienia tej skrobi mieści się w granicach 0,01–0,2. Wartości stopnia podstawienia produktów estryfikacji skrobi niskoacetylowanej kwasem oleinowym, uzyskanych na drodze syntezy dziesięciodniowej wynosiły odpowiednio: skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym (0,02 — kwas oleinowy, 0,11 — kwas octowy); produkt estryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego z wykorzystaniem frakcji A enzymu (0,10 — kwas oleinowy, 0,08 — kwas octowy); produkt estryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego z wykorzystaniem frakcji B enzymu (0,12 — kwas oleinowy, 0,07 — kwas octowy) oraz produkt estryfikacji skrobi niskoacetylowanej i kwasu oleinowego z wykorzystaniem enzymu N (0,11 — kwas oleinowy, 0,07 — kwas octowy). Uzyskany wynik stopnia podstawienia skrobi niskoacetylowanej kwasem oleinowym po 10 dniach przetrzymywania substratów w środowisku rozpuszczalnika organicznego bez dodatku enzymu może świadczyć o utworzeniu kompleksu skrobia — kwas tłuszczowy. Świadczy o tym też niemożność wypłukania kwasu tłuszczowego acetonem z tak powstałego kompleksu. Kapuśniak i in. (2007) prowadząc reakcję termicznej estryfikacji skrobi ziemniaczanej kwasem linolowym, uzyskali stopień podstawienia w zakresie od 0,09 do 0,68. Rajan i in. (2006) w przedstawiają stopień podstawienia skrobi z kassawy i kukurydzy, uzyskany w różnych warunkach prowadzenia reakcji. Najwyższy stopień podstawienia uzyskali w trakcie syntezy skrobi kukurydzianej kwasami tłuszczowymi pochodzącymi z oleju kokosowego przy udziale lipazy z *Thermomyces lanuginosa* w środowisku mikrofal ($DS = 1,55$). Najniższy stopień podstawienia ($DS = 0,07$) uzyskali w przypadku 36 godzinnej reakcji skrobi z kassawy z kwasem tłuszczowym. W publikacji z 2008 roku donoszą natomiast, iż możliwym jest uzyskanie estrów skrobi z kassawy z kwasem palmitynowym z udziałem lipazy AYS i dimetylosulfotlenkiem w roli środowiska reakcji. Powstały związek charakteryzował się stopniem podstawienia równym 1,05 (Rayan i in., 2006, 2008).

Boruckiowska i in. (2008) prowadząc reakcję enzymatycznej estryfikacji skrobi i jej pochodnych kwasem laurynowym, uzyskali stopnie podstawienia od 0,22 do 1,00. Wskazali oni, iż różnice w ilości przyłączonych grup kwasu tłuszczowego związane są z rodzajem produktu wyjściowego i zastosowanym rozpuszczalnikiem.

Najniższym stopniem podstawienia odznaczała się skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym ($DS 0,02$), zaś najwyższym stopniem podstawienia czynnikiem estryfikującym charakteryzował się produkt reakcji estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym przy zastosowaniu frakcji B enzymu ($DS = 0,12$). Oznacza to, że co najmniej 1 grupa hydroksylowa w co 8 cząsteczce glukozy w skrobi niskoacetylowanej została zestryfikowana kwasem oleinowym (Leszczyński, 2006). Zastosowanie enzymów w reakcji estryfikacji kwasem tłuszczowym, przeprowadzonej w

niniejszej pracy wpłynęło na wydajność uzyskanych produktów, które charakteryzowały się wyższym stopniem podstawienia kwasem oleinowym, niż skrobia niskoacetylowana przetrzymywana z kwasem oleinowym. Prawdopodobnym może być również, że większe ilości enzymu zastosowanego w reakcji estryfikacji zwiększyłyby wydajność uzyskanych produktów. Na aktywność enzymu w środowisku reakcji mogła wpłynąć również zawartość wody. Częściowo rozdrobnione sito molekularne mogło bowiem nie wiązać dostatecznie powstałej w wyniku reakcji syntezy estrów wody i równowaga reakcji mogła przesunąć się w kierunku rozpadu powstałych produktów. Zdolność szybkiego prowadzenia reakcji jest wielce pożądana ze strony przemysłu, jednak należy być świadomym tego, iż otrzymywanie enzymów na skalę przemysłową jest wciąż bardzo kosztowne.

Wszelkie modyfikacje dokonywane na skrobi i jej pochodnych bardzo często powodują zmiany w ich właściwościach fizykochemicznych. Analiza termiczna skrobi naturalnej, skrobi niskoacetylowanej i ich pochodnych, wykonana została przy użyciu różnicowego kalorymetru skaningowego (DSC). Pomimo, iż publikowane przez różnych autorów, rezultaty oznaczeń wykonanych na DSC nie zawsze się ze sobą pokrywają, postanowiono wyznaczyć temperatury: początkowe, końcowe, ekstrapolowanego środka piku i piku przemiany fazowej, a także ciepła właściwe przemian fazowych, otrzymanych preparatów.

Acetylacja skrobi a następnie poddanie jej reakcji estryfikacji z kwasem tłuszczowym, może powodować zmiany temperatury początkowej, końcowej i ekstrapolowanego środka piku przejść fazowych a także różnice w entalpii przemiany fazowej (Bello-Perez i in., 2010). W badaniach własnych prowadzonych przy użyciu kalorymetru skaningowego, podczas ogrzewania prób do 100°C w środowisku wody uzyskano wyniki, które mogą wskazywać, iż stopień podstawienia skrobi acetylowanej wpłynął na jej właściwości termiczne. Ciepło właściwe przemiany fazowej skrobi niskoacetylowanej (-8,46 J/g) w trakcie ogrzewania do 100°C było niższe od produktów reakcji jej estryfikacji z kwasem oleinowym katalizowanej przez enzymy (A, B lub N). Zaobserwowany spadek ciepła właściwego przemiany fazowej w przypadku powstałych produktów może świadczyć, iż rozerwanie powstałego wiązania estrowego (z kwasem oleinowym) wymagało mniejszego nakładu energii w porównaniu do nakładu energetycznego potrzebnego do zniszczenia struktury produktu wyjściowego. Może to wynikać ze zwiększonej termostabilności powstałych produktów reakcji estryfikacji skrobi niskoacetylowanej z kwasem oleinowym katalizowanej przez enzymy (A, B lub N). Temperatury początkowe, końcowe oraz ekstrapolowanego środka piku różniły się pomiędzy badanymi związkami, najwyższe charakteryzowały produkt wyjściowy – skrobię niskoacetylowaną, a najniższe skrobię niskoacetylowaną przetrzymywaną z kwasem oleinowym. W literaturze znaleźć można doniesienia, iż w przypadku skrobi ryżowej, dodatek kwasów oleinowego i linolenowego, nie wpłynął znacząco na temperaturę kleikowania, temperaturę piku przemiany fazowej, ani na ciepło właściwe przemiany fazowej (Zhou i in., 2007). Częściej jednak publikowane są prace zaprzeczające wnioskowi Zhou i in. Rajan i współautorzy (2006, 2008) przeprowadzili szereg badań na preparatach zestryfikowanej skrobi z kassawy i kukurydzy. Twierdzili oni, iż stopień podstawienia skrobi kwasem tłuszczowym ma znaczący wpływ na temperatury przemian fazowych. Estryfikacja kwasami tłuszczowymi, według nich,

powoduje wzrost termoplastyczności skrobi. Rozkład termiczny skrobi związany jest z reakcją jej dehydratacji, w której głównym produktem dekompozycji jest woda. Wyższy stopień podstawienia to mniej wolnych grup hydroksylowych. Tak więc, zjawisko to skorelowane jest ze stopniem podstawienia skrobi. Następnie zmianom ulegają właściwości mechaniczne i termoplastyczne skrobi, dzięki czemu niemożliwym jest utworzenie wiązań pomiędzy jej grupami hydroksylowymi a wodą. Stwarza to możliwość wykorzystywania skrobi w produktach, gdzie absorpcja wody musi być minimalna (Rayan i in., 2006, 2008).

Metody enzymatycznej estryfikacji sacharydów są tematem nieustannych badań. Dość wyraźnie kreślą się nowe nurty w sposobach modyfikowania składników żywności. Prędzej czy później, metody biotechnologiczne (nastawione na ochronę środowiska) wyprą te wykorzystujące jako katalizatory czynniki chemiczne. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych w niniejszej pracy stwierdzono, iż możliwym jest uzyskanie estrów skrobi na drodze syntezy z wykorzystaniem lipaz. Otrzymane produkty wymagają jeszcze bardziej dokładnych badań jednak już teraz stwierdzić można, że charakteryzują się zupełnie odmiennymi właściwościami w stosunku do substancji wyjściowych

WNIOSKI

1. Możliwe jest przeprowadzenie reakcji enzymatycznej estryfikacji skrobi niskoacetylowanej kwasem oleinowym z użyciem lipazy pochodzącej z drożdży *Candida antarctica* oraz frakcji A i B tego enzymu.
2. Reakcja enzymatycznej estryfikacji skrobi niskoacetylowanej kwasem oleinowym w obecności rozpuszczalnika organicznego tert-butanolu przy zastosowaniu lipazy z *Candida antarctica* oraz frakcji A i B tego enzymu, doprowadziła do powstania 3 estrów o różnym stopniu podstawienia
3. Temperatury przemian fazowych uzyskanych estrów skrobiowych różniły się od temperatur przemian fazowych prób wyjściowych, co świadczy o uzyskaniu zupełnie nowych produktów.
4. Przetrzykiwanie skrobi niskoacetylowanej w mieszaninie kwasu oleinowego i rozpuszczalnika prawdopodobnie spowodowało powstanie kompleksu skrobia acetylowana — kwas tłuszczowy.

LITERATURA

- Adamczak M., Bednarski W. 2004. Enhanced activity of intercellular lipases from *Rhizomucor miehei* and *Yarrowia lipolytica* by immobilization on biomass support particles. *Process Biochemistry*: 39: 1347 — 1361.
- Bello-Pérez L. A., Agama-Acevedo E., Zamudio-Flores P. B., Mendez-Montealvo, G., Rodriguez-Ambriz, S. L. 2010. Effect of low and high acetylation degree in the morphological, physicochemical and structural characteristics of barley starch. *LWT — Food Science and Technology*, Vol. 43, Issue: 9: 1434 — 1440.
- Bornscheuer U. T., Kazalaukas R. J. 1999. *Hydrolyses in organic synthesis: region- and stereoselective biotransformation*. Wiley-VCH, Weinheim.

- Boruckowska H., Leszczyński W., Boruckowski T., Drożdż W., Żołnierczyk A. 2008. Wpływ zastosowanego rozpuszczalnika organicznego na stopień podstawienia skrobi i jej pochodnych kwasem laurynowym. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*: 530: 459 — 468.
- Dubreucq E., Ducret A., Lortie R. 2000. Optimization of lipase-catalyzed sorbitol monoester synthesis in organic medium. *Journal of Surfactants and Detergents*: 3: 327 — 333.
- Degn P., Zimmermann W. 2001. Optimization of carbohydrate fatty acid ester synthesis in organic media by lipase from *Candida antarctica*. *Biotechnology and Bioengineering*: 74: 483 — 634.
- Elomaa M., Asplund T., Soininen P., Laatikainen R., Peltonen S., Hyvarinen S., Urtti A. 2004. Determination of the degree of substitution of acetylated starch by hydrolysis, ¹HNMR and TGA/IR. *Carbohydrate Polymers*: 57: 261 — 267.
- Fortuna T., Różnowski J. 2002. Skrobie modyfikowane chemicznie, ich właściwości i zastosowanie. *Żywność*: 2 (31): 16 — 29.
- Hui C., Kun X., Xiuli W., Qiang C., Donghua X., Chunlei S., Wende Z., Pixiu W. 2008. Effect of acetylation on the properties of corn starch. *Food Chemistry*: 106: 923 — 928.
- Kapusiński J., Siemion P. 2007. Thermal reactions of starch with long-chain unsaturated fatty acids. Part 2. Linoleic acid. *Journal of Food Engineering*: 78: 323 — 332.
- Kennedy J. F., Kumar H., Panesar P. S., Marwaha S. S., Goyal R., Parmar A., Kaur S. 2006. Enzyme-catalyzed regioselective synthesis of sugar esters and related compounds. *Journal of Chemical technology and Biotechnology*: 81: 866 — 876.
- Kołąkowski E. W., Bielecki S. 2005. Enzymatyczne modyfikacja składników żywności. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Szczecinie.
- Leszczyński W. 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym (cz. I). Przegląd piekarski i cukierniczy: 5: 54 — 56.
- Leszczyński W. 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym (cz. II). Skrobie chemicznie modyfikowane. Przegląd piekarski i cukierniczy: 6: 6 — 8.
- Lortie R. 1997. Enzyme catalyzed esterification. *Biotechnology Advances*: 15: 1 — 15.
- Rajan A., Abraham T. E. 2006. Enzymatic modification of cassava starch by bacterial lipase. *Bioprocess and Biosystems Engineering*: 29: 65 — 71.
- Rajan A., Sudha J. D., Abraham T. E. 2008. Enzymatic modification of cassava starch by fungal lipase. *Industrial Crops and Products*: 27: 50 — 59.
- Saxena R. K., Sheoran A., Giri B., Davidson S. 2003. Purification strategies for microbial lipases. *Journal of Microbiological Methods*: 52: 1 — 18.
- Seino H., Uchibori T., Nishitani T., Inamasu S. 1984. Enzymatic synthesis of carbohydrate esters of fatty acid (I) esterification of sucrose, glucose, fructose and sorbitol. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 61: 1761 — 1765.
- Singh N., Chawla D., Singh J. 2004. Influence of acetic anhydride on physicochemical, morphological and thermal properties of corn and potato starch. *Food Chemistry*: 86: 601 — 608.
- Tsitsimpikou C., Daflos H., Kolis F. N. 1997. Comparative studies on the sugar esters synthesis catalysed by *Candida Antarctica* and *Candida rugosa* lipases hexane. *Journal of Molecular Catalysis*: 3: 189 — 192.
- Ward O. P., Fang J., Li Z. 1997. Lipase-catalyzed synthesis of a sugar ester containing arachidonic acid. *Enzyme and Microbial Technology*: 20: 52 — 56.
- Yan H., Zhengbiao G. U. 2010. Morphology of modified starches prepared by different methods. *Food Research International*: 43: 767 — 772.
- Ye R., Pyo S. H., Hayes D. G. 2010. Lipase-catalyzed synthesis of saccharide-fatty acid esters using suspensions of saccharide crystals in solvent-free media. *Journal of the American Oil Chemists' Society*: 87: 281 — 293.

WIOLETTA DROŹDŹ
HANNA BORUCZKOWSKA
TOMASZ BORUCZKOWSKI
EWA TOMASZEWSKA-CIOSK
MACIEJ BIENKIEWICZ

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywalnictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wybrane właściwości ekstrudowanych preparatów powstałych na bazie wycierki ziemniaczanej

Chosen properties of extruded preparations obtained from potato pulp

Celem pracy było otrzymanie nowych preparatów z mieszanin suszonej wycierki i skrobi ziemniaczanej na drodze ekstruzji oraz zbadanie ich właściwości. Do rozmrożonej i wysuszonej wycierki ziemniaczanej dodano skrobię w ilościach 10%, 20% oraz 30%. Mieszaniny nawilżono do wilgotności 24% i poddano ekstruzji. Proces przeprowadzono w trzech wariantach temperaturowych 60–70–80°C, 90–100–120°C, 120–130–160°C, przy zastosowaniu następujących parametrów: obroty ślimaka 180 min⁻¹, obroty dozownika 30 min⁻¹, średnica dyszy 3 mm, sprężenie ślimaka 2:1. Określono właściwości mechaniczne (maksymalna siła działająca na wytworzone preparaty, praca konieczna do ich przecięcia) otrzymanych ekstrudatów. Zbadano również rozpuszczalność mierzoną w temperaturze 80°C oraz zawartość błonnika pokarmowego w rozdrobnionych ekstrudatach. Otrzymano 12 preparatów różniących się właściwościami. Wielkość oraz kierunek zmian zależał zarówno od temperatury ekstruzji jak i od zawartości skrobi w mieszaninach poddanych procesowi. Wzrost zawartości skrobi ziemniaczanej w ekstrudowanych mieszaninach spowodował zmiany właściwości mechanicznych uzyskanych preparatów. Wraz ze zwiększającym się udziałem skrobi w mieszaninach odnotowano wzrost rozpuszczalności wytworzonych ekstrudatów oraz zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego. Podwyższenie temperatury ekstruzji wpłynęło na właściwości mechaniczne ekstrudatów, im wyższa była temperatura procesu, tym większa była maksymalna siła potrzebna do przecięcia ekstrudatów, a mniejsze wydłużenie przy tej sile. Wraz ze wzrostem temperatury ekstruzji odnotowano wzrost rozpuszczalności ekstrudatów oraz spadek zawartości błonnika pokarmowego ogółem.

Słowa kluczowe: ekstruzja, wycierka ziemniaczana

The aim of the experiment was the production of new preparations from the mixtures of dried potato pulp and starch by extrusion method and to investigate their properties. Dried potato pulp and starch were mixed in the quantities of 10, 20 and 30%. The mixtures, moistened up to 24%, became subjected to extrusion process within three different temperature variants: 60–70–80°C, 90–100–120°C, 120–130–160°C and the following extrusion parameters: screw rotation speed 180 min⁻¹, batcher rotation

30 min⁻¹, die diameter 3 mm and screw pressure 2:1 were used. The mechanical properties (maximal force acting on the produced preparations, work necessary for their cutting) of obtained extrudates were defined. We determined also solubility, measured in the temperature of 80°C and dietary fibre content of crushed extrudates. We obtained 12 preparations differing in their properties. The extent and direction of observed changes depended on extrusion temperature as well as on the content of starch in prepared mixtures subjected extrusion process. The increase of the level of starch content in extruded mixtures caused changes of mechanical properties of obtained preparations, it means the increase of maximal force acting on processed extrudates and necessary work for their cutting. Alongside with the increase of starch share in the mixtures also solubility of obtained extrudates was elevated, however a decrease of dietary fibre content was observed. The increase of extrusion temperature affected mechanical properties of extrudates. Alongside with the higher temperature of the process the higher maximal power necessary for cutting of samples was stated and parallel smaller sample elongation. With the increase of extrusion temperature, the samples became more soluble and the content of total dietary fibre decreased.

Key words: extrusion, potato pulp

WSTĘP

Przemysł spożywczy wytwarza ogromne ilości produktów ubocznych bogatych w składniki bioaktywne: m.in. polifenole, witaminy, nienasycone kwasy tłuszczowe i błonnik (Laufenberg i in., 2003; Serena i in., 2007). Obecnie, ze względu na występowanie tych wartościowych związków, wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem odpadów przemysłu spożywczego przez producentów żywności.

Jednym z przemysłów generujących znaczne ilości obciążających środowisko produktów odpadowych jest przemysł krochmalniczy. Głównym produktem ubocznym powstającym w dużych ilościach podczas przerabiania ziemniaków w krochmalni jest wycierka ziemniaczana, składająca się głównie z wody sokowej (powyżej 90% masy). Przemysł skrobiowy próbuje sprzedawać mokrą lub częściowo odwodnioną wycierkę jako karmę dla bydła. Jednakże zapotrzebowanie rolników na wycierkę ziemniaczaną jest ograniczone, głównie ze względu na jej niską dla zwierząt wartość pokarmową oraz malejące pogłowie bydła. W zasadzie wycierka ziemniaczana pozbawiona jest tłuszczu i białek, składa się w większości ze skrobi (ok. 35% w s.m.), jednak jej głównym składnikiem są substancje błonnikowe (ponad 50% w s.m.) (Mayer, 1998). Na błonnik ziemniaczany składają się głównie celuloza, hemiceluloza, pektyny, ligniny, a także skrobia oporna. Wycierka jest materiałem łatwo dostępnym w dużych ilościach oraz tańszym od innych materiałów roślinnych, z których wytwarzany jest błonnik (np. owoce cytrusowe). Charakteryzuje się niską alergiennością (jest produktem bezglutenowym), a także stabilnością zarówno na niskie pH, jak i wysoką i niską temperaturę (sterylizacja, zamrażanie).

Z powodu małego zainteresowania wycierką ze strony rolników, w ostatnich latach próbuje się znaleźć inne niż paszowe, kierunki użytkowania wycierki ziemniaczanej. Jednak zastosowanie wycierki do celów niepaszowych wiąże się z wcześniejszym jej odwodnieniem, które jest procesem nader energochłonnym. Dlatego też problem ten staje się coraz częściej przedmiotem badań naukowców (Obidziński, 2009; Lotz i in., 2008). Duża zawartość błonnika pokarmowego w wycierce ziemniaczanej, jak również jego

zdolność wiązania wody i zawiesin wodno-tłuszczowych, powoduje wzrastające zainteresowanie tym produktem ubocznym producentów żywności. Podejmowane były próby zastosowania wycierki jako składnika recepturowego do wytwarzania pasztetów (Kaack i in., 2006 a), kielbas (Bengtsson i in., 2011), ciastek (Kaack i in., 2005) czy do wypieku chleba (Kaack i in., 2006 b).

Wycierka ziemniaczana mimo wielu prób zastosowań nadal stanowi ogromny problem. Jednym ze sposobów zagospodarowania tego uciążliwego produktu odpadowego może okazać się proces ekstruzji, który z powodzeniem został wykorzystany do przetwarzania produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego. Altan i in. zastosowali wytloki z pomidorów (Altan. i in., 2008 a) i winogron (Altan. i in., 2008 b) jako dodatki do chrupek, otrzymując produkt o dobrych właściwościach organoleptycznych i funkcjonalnych. Z dobrym efektem wykorzystano również odpady kalafiora jako dodatek do chrupek (Stojceska i in., 2008). Ekstruzji poddano także wysłodki z buraków cukrowych (Rouilly, 2006) oraz wytloki z pomarańczy (Larrea i in., 2005 b). Jednak w dostępnej literaturze brak jest doniesień na temat zastosowania wycierki ziemniaczanej jako surowca do wytwarzania preparatów błonnikowych metodą ekstruzji.

Celem pracy było otrzymanie nowych preparatów z suszonej wycierki ziemniaczanej oraz mieszanin wycierki i różnej ilości skrobi ziemniaczanej na drodze ekstruzji w trzech wariantach temperaturowych oraz zbadanie ich wybranych właściwości.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła wycierka ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A w Niechlowie oraz skrobia ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Spożywczego PEPEES S.A w Łomży.

Wycierkę ziemniaczaną zamrożono i przechowywano w temperaturze -18°C. Następnie rozmrożono i poddano suszeniu w suszarce z owiewem powietrza w temperaturze 40°C przez 48 h. Wysuszoną wycierkę zmielono w obrotowym młynie laboratoryjnym typu B/4-MO-01 880806 firmy Brabender do granulacji Ø 1mm.

Proces ekstruzji

Sporządzono mieszaniny suszonej wycierki i skrobi ziemniaczanej. Skrobię dodawano w ilościach 10%, 20% oraz 30%. Mieszaniny nawilżono wodą destylowaną do wilgotności 24%, następnie przesiano, zamknięto w szczelnym worku i poddano kondycjonowaniu przez 24 h.

Ekstruzję przeprowadzono w jednoślindakowym ekstruderze laboratoryjnym typu 20 DN firmy Brabender, przy zastosowaniu następujących parametrów: obroty ślimaka 180 min⁻¹, obroty dozownika 30 min⁻¹, obciążenie ślimaka 5,5–6 A, średnica dyszy 3 mm, sprężenie ślimaka 2:1. Ekstruzję przeprowadzono w trzech wariantach temperaturowych: wariant I — 60–70–90°C, wariant II — 90–100–120°C, wariant III — 130–150–180°C.

Metodyka analiz

Właściwości mechaniczne

Oznaczeniu poddano nierozdrobnione ekstrudaty. Oznaczenie wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5544 stosując przystawkę pomiarową Bend

Fixture. Obciążenie głowicy wynosiło 2kN, a prędkość przesuwu głowicy 4,16 mm/s. Wyniki oznaczenia zostały opracowane za pomocą programu komputerowego Table Curve 2D v. 5.01, który umożliwił graficzne przedstawienie uzyskanych danych. Z wykresów obrazujących zależność siły działającej na ekstrudat od przesunięcia głowicy, odczytano wielkości, opisujące właściwości mechaniczne ekstrudatów: maksymalną siłę (N) (siła powodująca przecięcie ekstrudatu) oraz pracę (J) (praca jakiej trzeba użyć do całkowitego przecięcia ekstrudatu).

Rozpuszczalność (Richter, 1968)

Otrzymane ekstrudaty zmielono w laboratoryjnym młynku nożowym typu WŻ-1. Z rozdrobnionych ekstrudatów sporządzono 500 g 1% zawiesiny wodnej, z uwzględnieniem suchej masy. Próbę wstawiono na 30 min do łaźni wodnej z wytrząsarką, o temperaturze 80°C, a następnie schłodzono. Odparowaną podczas ogrzewania wodę uzupełniono wodą destylowaną do 500 g. Do 6 zważonych i wytarowanych naczynek wirówkowych wlewano po 50 g roztworu i wirowano w wirówce Biofuge 28 RS przez 30 min przy prędkości 14500 min⁻¹. Supernatant oddzielono i oznaczono jego suchą masę susząc przez 12 h w temperaturze 60°C, a następnie 3 h w 105°C.

Rozpuszczalność obliczano ze wzoru:

$$R = \frac{A}{B} \cdot 100$$

gdzie: R — rozpuszczalność (%), A — sucha masa supernatantu (%), B — sucha masa kleiku (%).

Zawartość błonnika pokarmowego ogółem

Oznaczenie wykonano metodą enzymatyczno-grawimetryczną zgodnie z międzynarodową normą Association of Official Analytical Chemists AOAC Metod 985.29.

Sposób opracowania wyników

Uzyskane wyniki zostały poddane obliczeniom statystycznym, na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy wykorzystaniu programu Statistica 9.0. Przy pomocy testu Duncana wyniki zostały zestawione w grupy jednorodne.

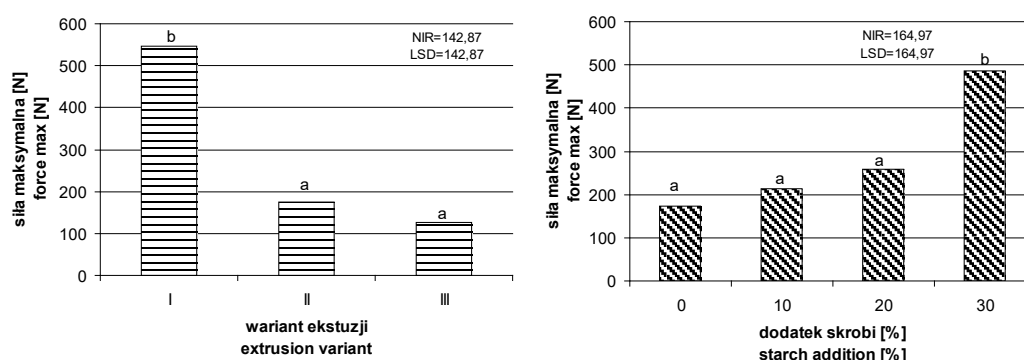
WYNIKI I DYSKUSJA

Do badań użyto rozmrożoną, wysuszoną, zmieloną wycierkę ziemniaczaną, którą mieszano w różnym stopniu ze skrobią ziemniaczaną i poddano ekstruzji w trzech wariantach procesu. Otrzymano 12 nowych preparatów. Zastosowanie różnego dodatku skrobi jak również różnych temperatur procesu wpłynęło na właściwości produktów gotowych.

W wycierce ziemniaczanej oznaczono zawartość skrobi, błonnika pokarmowego ogółem oraz jej rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C. Średnia zawartość skrobi w badanej wycierce wynosiła 30,05%, natomiast zawartość błonnika pokarmowego ogółem 45,66%. Wartości te odpowiadają podawanym w literaturze zawartościom skrobi

(ok. 30%) oraz błonnika (ok. 50%) (Mayer, Hildebrandt, 1997; Mayer, 1998). Badana wycierka charakteryzowała się rozpuszczalnością wynoszącą 10,19%.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na maksymalną siłę działającą na wytworzone ekstrudaty oraz pracę konieczną do ich przecięcia. Temperatura ekstruzji jak również dodatek skrobi ziemniaczanej miały istotny wpływ na właściwości mechaniczne otrzymanych produktów. Wartość maksymalnej siły potrzebnej do przecięcia ekstrudatu była największa w przypadku najniższych temperatur ekstruzji (ponad 2-krotnie większa od dwóch pozostałych wariantów ekstruzji). Ekstrudaty otrzymane w najniższych temperaturach ekstruzji charakteryzowały się najtwardszą strukturą, przez co najtrudniej było je przeciąć. Wskazuje na to również wartość pracy koniecznej do ich zniszczenia. Podobne wyniki uzyskali Altan i in. (2008 b) badając wpływ temperatury ekstruzji na właściwości mechaniczne ekstrudatów otrzymanych z mieszaniny jęczmienia i wyłoków z winogron.

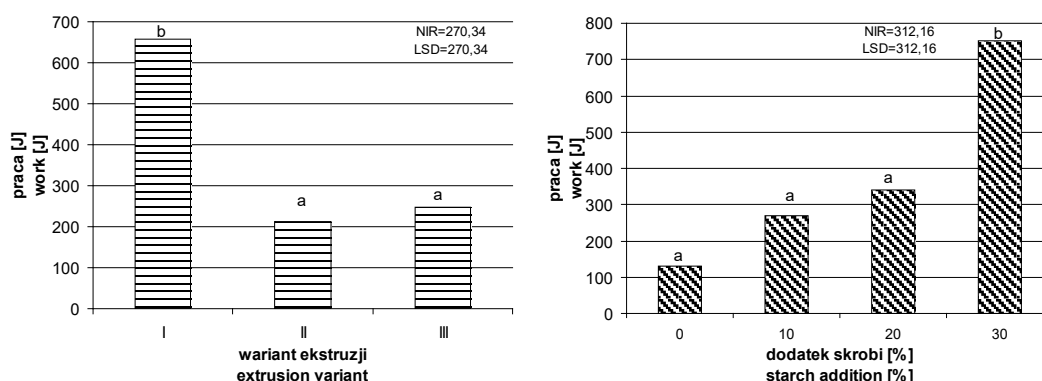


Rys. 1. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na maksymalną siłę powodującą przecięcie ekstrudatu

Fig. 1. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on maximum force needed for cutting of extrudates

Ekstrudaty wytworzone z samej wycierki oraz z mieszanin wycierki i skrobi zawierających 10% i 20% skrobi charakteryzowały się podobnymi wartościami siły maksymalnej oraz pracy koniecznej do ich przecięcia, istotnie niższymi w porównaniu do ekstrudatów zawierających największą ilość skrobi. Na twardość produktów ekstrudowanych duży wpływ ma zawartość substancji błonnikowych. Obecność cząstek błonnika pokarmowego prowadzi do przedwczesnego rozerwania ścian komórkowych w ekstrudatach, zanim pęcherzyki powietrza osiągną maksymalny stopień rozszerzenia, co powoduje, że otrzymany produkt posiada niski stopień ekspansji, natomiast jego gęstość i twardość wzrastają (Lue i in., 1991). Podobny wpływ błonnika na właściwości ekstrudatów został zaobserwowany również przez innych autorów (Jin i in., 1994; Yanniotis, 2007). Jednak decydujący wpływ na twardość ekstrudatów miała obecność w mieszaninie skrobi. Colona i Marciel (1983) dowodzą, że częściowo skleikowane gałeczki skrobi przylegają do ścian celulozowych, prowadząc do powstawania ściany złożonej z

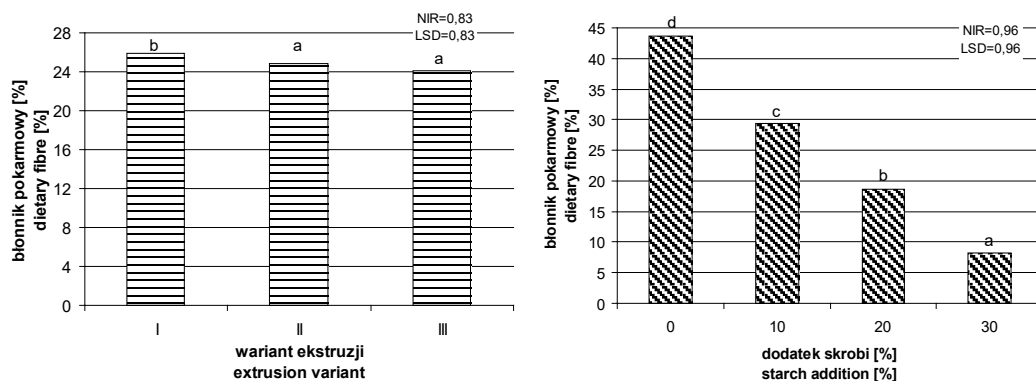
celulozy, i skleikowanej skrobi co ogranicza możliwość ekspansji produktu, jednocześnie podnosząc jego twardość.



Rys. 2. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na pracę wykonaną podczas przecięcia ekstrudatu

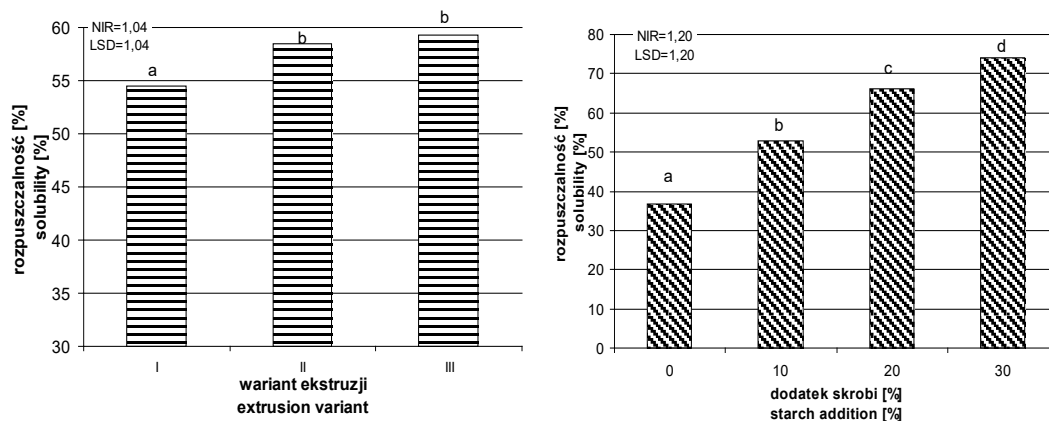
Fig. 2. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on work needed for cutting of extrudates

W rozdrobnionych ekstrudatach oznaczono zawartość błonnika pokarmowego oraz rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C. Odnotowano niewielki spadek zawartości błonnika pokarmowego ogółem oznaczonego w ekstrudowanej wycierce ziemniaczanej (43,69%) w porównaniu do wycierki nie poddanej ekstruzji (45,66%). Zawartość błonnika pokarmowego w próbach, do których dodano skrobię, wahała się w granicach 8,2–29,38%, zmniejszająca się ilość błonnika spowodowana była zmniejszającą się zawartością wycierki w materiale wyjściowym (rys. 3). Zawartość błonnika pokarmowego w otrzymanych ekstrudatach zmniejszała się wraz ze zwiększającą się temperaturą procesu. Już we wcześniejszych badaniach stwierdzono, że proces ekstruzji, szczególnie prowadzony w wysokich temperaturach, wpływa destrukcyjnie na polisacharydy nieskrobiowe. Obniżeniu ulega zawartość błonnika pokarmowego całkowitego i jego frakcji nierozpuszczalnej przy jednoczesnym, znacznym wzroście zawartości frakcji rozpuszczalnej. Intensywna obróbka termoplastyczna wpływa na rozpad polisacharydów nieskrobiowych do postaci oligosacharydów. Podczas ekstruzji następuje również rozerwanie wiązań kowalencyjnych i niekowalencyjnych w węglowodanach, co prowadzi do powstania krótszych i bardziej rozpuszczalnych fragmentów tych węglowodanów (Larrea i in., 2005 a; Wolf, 2010). Znajduje to również potwierdzenie w przypadku rozpuszczalności otrzymanych ekstrudatów (rys. 4).



Rys. 3. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na zawartość błonnika w ekstrudatach

Fig. 3. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on dietary fibre content in extrudates



Rys. 4. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na rozpuszczalność ekstrudatów

Fig. 4. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on solubility of extrudates

Ekstruzja wycierki i mieszanin wycierki ze skrobią spowodowała znaczny wzrost ich rozpuszczalności. Podczas gdy rozpuszczalność wycierki niemodyfikowanej wynosiła 10,19%, rozpuszczalność prób po ekstruzji wahała się w granicach 54,54%–59,24% w zależności od temperatury ekstruzji oraz 36,84%–73,96% w zależności od zawartości wycierki w wytworzonych ekstrudatach. Wzrost temperatury ekstruzji powodował zwiększenie rozpuszczalności gotowych produktów, ponieważ wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się stopień zniszczenia struktury gałeczek skrobi ziemniaczanej (Fornal, 1998; Śmietana i in., 1996). Jednak o rozpuszczalności otrzymanych preparatów w największym stopniu decydowała ilość skrobi w ekstrudowanej mieszaninie. Im wyższy

był udział skrobi, tym wyższa była rozpuszczalność wytworzonych preparatów. (rys. 4). Wcześniejsze badania potwierdzają, że proces ekstruzji skrobi powoduje zwiększanie zawartości substancji rozpuszczalnych w ekstrudatach, co jest spowodowane przemianami jakie zachodzą w ekstrudowanym materiale, kleikowaniem i degradacją skrobi do niżej cząsteczkowych polisacharydów (Obuchowski, Chalcarz, 2006).

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że poddając odpad przemysłowy jakim jest wycierka ziemniaczana ekstruzji można otrzymać całkiem nowe preparaty. Proces ekstruzji spowodował wzrost rozpuszczalności uzyskanych preparatów, przy niewielkiej stracie składnika funkcjonalnego jakim jest błonnik pokarmowy. Dodatek skrobi do ekstrudowanych mieszanin spowodował wprawdzie obniżenie zawartości błonnika w gotowych preparatach, jednakże znacznie przyczynił się do zwiększenia rozpuszczalności wytwarzanych ekstrudatów, co daje możliwość łatwiejszego wprowadzenia wycierki modyfikowanej do produktów żywnościowych. Dzięki wysokiej zawartości błonnika w wycierce, przy zwiększonej jej rozpuszczalności ten uciążliwy produkt krochmalni może znaleźć zastosowanie w produkcji, a także wzbogacaniu żywności.

LITERATURA

- Altan A., McCarthy K. L., Maskan M. 2008 a Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *J. Food Eng.* 84: 231 — 242.
- Altan A., McCarthy K. L., Maskan M. 2008 b Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *J. Food Eng.* 89: 24 — 32.
- Bengtsson H., Montelius C., Tornberg E. 2011. Heat-treated and homogenised potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. *Meat Sci.* 88: 75 — 81.
- Colona P., Marciel C. 1983. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion cooking with and without lipids. *Carbohydr. Polym.* 3: 87 — 108.
- Fornal Ł. 1998. Ekstruzja produktów skrobiowych — nowe wyroby, *Pasze Przemysłowe* 3: 7 — 14.
- Hać-Szymańczuk E. 2006. Wykorzystanie preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.* 10, 56: 34 — 36.
- Jin Z., Hsieh F., Huff H. E. 1994. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber, salt and sugar. *Cereal Chem.* 71: 227 — 234.
- Kaack K., Laerke H. N., Meyer A. S. 2006 a. Liver pate enriched with dietary fibre extracted from potato fibre as fat substitutes. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 267 — 272.
- Kaack K., Pedersen L. 2005. Low energy chocolate cake with potato pulp and yellow pea hulls. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 367 — 375.
- Kaack K., Pedersen L., Laerke H. N., Meyer A. 2006 b. New potato fibre for improvement of texture and colour wheat bread. *Eur. Food Res. Technol.* 224: 199 — 207.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez-Bustos F. 2005 a. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chem.* 89: 301 — 308.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez-Bustos F. 2005 b. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT*, 38: 213 — 220.
- Laufenberg G., Kunz B., Nystroem M. 2003. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresour. Technol.* 87: 167 — 198.

- Lotz M., Jahn M., Buntrock P., Eggengoor G. 2008. Potato fibres, methods of preparing them and their use. United States. Patent Application Publication pub. No.: US 2008/0226807 A1.
- Richter M., Augustat S., Schierbaum F. 1968. *Ausgewählte Methoden der Stärkechemie*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- Rouilly A., Jorda J., Rigal L. 2006. Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. I. Twin-screw extrusion process. *Carbohydr. Polym.* 66: 81 — 87.
- Lue S., Hsieh F., Huff H. E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chem.* 68, 3: 227 — 234.
- Mayer F. 1998. Potato pulp: properties, physical modification and applications. *Polym. Degrad. Stab.* 59: 231 — 235.
- Mayer F., Hillebrand J. 1997. Potato pulp: microbiological characterization, physical modification and application of this agricultural waste product. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 48: 435 — 440.
- Obidziński S. 2009. Badania procesu zagęszczania wycierki ziemniaczanej. *Acta Agroph.* 14 (2): 383 — 392.
- Obuchowski W., Chalcarz A. 2006. Wpływ surowca na zawartość substancji rozpuszczalnych oraz kierunek i wielkość przemian sacharydów w procesie ekstruzji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 4: 16 — 18.
- Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., Ibanoglu E., Ibanoglu S. 2008. Califlower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *J. Food Eng.* 87: 554 — 563.
- Serena A., Bach Knudsen K. E. 2007. Chemical and physicochemical characterization of co-products from the vegetable food and agro industries. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 109 — 124.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Soral-Śmietana M., Świgoń J. 1996. Modification of potato starch by extrusion. *Acta Academiae Agriculturae Ac. Technice Olstenensis* 29: 3 — 13.
- Wolf B. 2010. Polysaccharide functionality through extrusion processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*: 15: 50 — 54.
- Yanniotis S., Petrarki A., Soumpasi E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. *J. Eng.* 80: 594 — 599.

BARBARA KRZYSZTOFIKInstytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Wpływ wielkości sadzeniaków ziemniaka i gęstości sadzenia na plon bulw i jego jakość

Effect of seed size and planting density on the potato tuber yield and quality

Celem pracy była ocena wpływu wielkości sadzeniaków i gęstości sadzenia ziemniaków na plon i jego strukturę. Przebadano sześć odmian ziemniaka: Agnes, Asterix, Denar, Fresco, Innovator i Tajfun. Wszystkie odmiany za wyjątkiem Agnes, wysadzono w dwóch stopniach kwalifikacji. Sadzeniaki ziemniaka różniły się między sobą wielkością, zatem dobrano do nich zalecaną gęstość sadzenia. Ocenie podlegała: masa bulwy; liczba oczek na bulwie; liczba pędów wyrastających z jednej bulwy i na powierzchni 1 ha; średnia masa jednego pędu, i na powierzchni 1 ha; plon ziemniaków; struktura zebranego plonu. Uzyskane wyniki i ich analiza wykazały istotną korelację dodatnią pomiędzy: średnią masą pojedynczej bulwy a liczbą oczek na bulwie matecznej, masą pędu, plonem całkowitym; masą bulwy a liczbą pędów; liczbą pędów a masą pędów i plonem bulw.

Słowa kluczowe: frakcja sadzeniaków, gęstość sadzenia, jakość plonu, ziemniaki

The aim of this study was to assess the impact of the size of seed potatoes and their planting density on yield and its structure. We investigated the following six varieties of potatoes: Agnes, Asterix, Denar, Fresco, Innovator and Typhoon. All varieties except Agnes, were planted in two stages of qualification. Seed potatoes differed in size, therefore, we adjusted recommended planting density for them. We assessed: the weight of the tuber, the number of eyes per tuber, number of shoots growing from one tuber and on the surface of 1 ha as well as the average weight of one shoot and on the surface of 1 ha, the yield of potatoes and the structure of harvested crop. A significant positive correlations were found between: the number of eyes on the mother tuber and the average weight of single tuber, shoot weight, the total yield; tuber weight and number of shoots; shoot number and shoot weight and yield.

Key words: seed fraction, planting density, crop quality, potatoes

WSTĘP

Powodzenie wybranego kierunku produkcji ziemniaków zależne jest od wartości nasiennej sadzeniaków, na którą składa się zdrowotność bulw i potencjał fizjologiczny (Gruczek, 2001). Do najważniejszych wymagań jakościowych określonych przez Rozporządzenie MRIRW z dnia 8 marca 2004 r. (Dz.U. Nr 59 poz. 565) należą:

— sadzeniaki powinny być wolne od organizmów kwarantannowych,

- stopień porażenia bulw chorobami wirusowymi, a także bakteryjnymi i grzybowymi nie może przekroczyć wymagań przewidzianych dla danego stopnia odsiewu,
- sadzeniaki powinny mieć odpowiedni kalibr.

Za frakcję sadzeniaków uznaje się bulwy, których średnica jest większa niż 25 mm. Nie ma górnej granicy wielkości sadzeniaków, lecz między największą a najmniejszą bulwą dla danej frakcji wymiarowej nie może być większej różnicy niż 20 mm (Nowacki, 2006; <http://piorin.gov.pl/cms/upload/akt/ipziemniak.pdf>).

Sadzeniaki powinny być posortowane na frakcje nie różniące się między sobą więcej jak 10–15 mm. Jest to podyktowane różnicowaniem gęstości sadzenia stosownie do wielkości sadzeniaka.

Liczba łodyg na hektarze jest jednym z elementów wpływających na wielkość i strukturę plonu. Zależy od wielkości sadzeniaka, jego cech odmianowych, gęstości sadzenia oraz kierunku uprawy ziemniaka i wynosi od 100–150 tys. do 300 tys. na hektarze (Nowacki 2006, <http://piorin.gov.pl/cms/upload/akt/ipziemniak.pdf>).

Liczba oczek na bulwie zależy od odmiany ziemniaka i jego wielkości. Zwykle im większy sadzeniak tym większa liczba oczek i wytwarzanych łodyg. Średnio przyjmuje się, że sadzeniak o masie 20 g wytwarza 2,7 łodygi, a każde następne 20 g przyrostu wagi to przyrost 0,54 łodyg (Gruczek, 2001).

Wielkość plonu pożądanej wielkości zależy w głównej mierze od obsady roślin. Jeśli zwiększamy obsadę roślin plon ogólny rośnie, lecz maleje plon z pojedynczych roślin. Wynika to z dużego zagęszczenia roślin w łanie i nadmiernej konkurencji o światło, wodę i składniki pokarmowe. Obsada roślin to liczba łodyg wyrastających z bulw na jednym hektarze. Obsada zależy od wielkości sadzeniaków, gęstości sadzenia i cech odmianowych. Między wielkością sadzeniaka a liczbą wyrastających z niego łodyg zachodzi istotna zależność. Taką samą obsadę łodyg można uzyskać wysadzając bulwy małe gęściej, zaś bulwy duże rzadziej (Gruczek, Zarzyńska, 2000). Z ich badań wynika, że maksymalny plon bulw dużych uzyskuje się przy 100–150 tys. pędów na hektarze, a maksymalny plon bulw frakcji handlowej przy 200–250 tys. pędów (Beukema, van der Zaag, 1990).

W uprawie ziemniaków przeznaczonych na wczesny zbiór, lepszy materiał sadzeniakowy stanowią bulwy duże. Z bulw dużych wyrasta więcej łodyg. Wyrastają one wcześniej i szybciej osiągają wielkość handlową. Obsada łodyg dla ziemniaków przeznaczonych na wczesny zbiór powinna wynosić około 500 tys. sztuk na hektarze (Zarzyńska, 2003; Szutkowska, 2005).

W rozstawie międzyrzędzi 75 cm gęstość sadzenia w zależności od wielkości i kierunku użytkowania powinna wynosić:

- na frytki 27–49 cm,
- na chipsy i do bezpośredniej konsumpcji 20–37 cm,
- na sadzeniaki 15–24 cm (Jabłoński, 2003).

Masa wysadzanych sadzeniaków może wahać się w zależności od wielkości sadzeniaka i kierunku produkcji od 11,7 do nawet 60 dt·ha⁻¹ (Gruczek, Zarzyńska, 2000; Zarzecka, 2006; Struik i in., 1990).

Cel pracy

Celem pracy była ocena wpływu wielkości sadzeniaków i gęstości sadzenia ziemniaków na plon i jego strukturę. Przebadano sześć odmian ziemniaka: Agnes, Asterix, Denar, Fresco, Innovator i Tajfun. Wszystkie odmiany za wyjątkiem Agnes, wysadzono w dwóch stopniach kwalifikacji. Sadzeniaki ziemniaka różniły się między sobą wielkością, zatem dobrano do nich zalecaną gęstość sadzenia. Zakres pracy obejmował ocenę:

- masy bulwy;
- liczby oczek na bulwie;
- liczby pędów wyrastających z jednej bulwy i na powierzchni 1 ha;
- średniej masy jednego pędu, i na powierzchni 1 ha;
- plonu ziemniaków;
- struktury zebranego plonu.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe założono w 48 kombinacjach: odmiana — frakcja sadzeniaków — gęstości sadzenia — stopień kwalifikacji sadzeniaków. Sadzeniaki każdej odmiany posortowano na jedną, dwie lub trzy frakcje zależnie od kalibrażu posiadanego materiału, który zawierał się w przedziale od 30 mm do 55 mm co dało 8 różnych sortów sadzeniaków. Zastosowano 11 różnych gęstości sadzenia w przedziale od 18 do 45 cm. Każda frakcja z danej odmiany została wysadzona w dwóch różnych gęstościach. Za wyjątkiem odmiany Agnes wszystkie pozostałe zostały wysadzone w dwóch stopniach kwalifikacji. Wszystkie sadzeniaki zakupiono w stopniu kwalifikacji C/A za wyjątkiem odmiany Tajfun (C/B). Odmiany Denar i Tajfun — z własnego rozmnożenia - zostały wysadzone trzeci raz od momentu zakupu. Pozostałe odmiany z własnego rozmnożenia były wysadzone drugi raz. Tabela 1 prezentuje warianty doświadczenia. Przed sadzeniem pobrano losowo po 10 bulw ziemniaka z każdej odmiany i frakcji wymiarowej, które oceniono pod względem masy i liczby oczek. Liczbę pędów wyrastających z jednej bulwy ziemniaka dla każdego wariantu oceniono w czasie kwitnienia danej odmiany. Badania przeprowadzono dla 10 losowo wybranych krzaków, dla każdej kombinacji doświadczenia. Następnie po wycięciu po 1 pędzie z każdego krzaka i zważeniu określono masę pędów. Liczbę i masę pędów przeliczono na powierzchnię 1 ha.

Przed planowanym zbiorem ziemniaków wykopano po 10 krzaków w celu oceny wysokości plonu ziemniaków oraz jego struktury. Szacowanie wysokości plonu z hektara polegało na wyciągnięciu średniej dla danego wariantu i podstawieniu jej do następującego wzoru:

$$P = \frac{13333}{G \times 1000} \times M(t \cdot ha^{-1})$$

gdzie: 13333 — wartość wynikająca z ilorazu powierzchni 1 hektara i szerokości międzyrzędzi,

P — plon ($t \cdot ha^{-1}$),

G — gęstość sadzenia (m),

M — średnia masa z pod jednego krzaka (kg).

Każdą próbę z pojedynczego krzaka posortowano na frakcje wielkościowe o wymiarach: <30, 30–40, 40–50, 50–50, >60 mm, następnie zważono i obliczono jej procentowy udział w masie całej próbki. Wszystkie badania wykonano w trzech powtórzeniach. Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując program Statistica 8. Obliczono wartości średnie z odchyleniami standardowymi dla każdego badanego parametru. Za pomocą analizy wariancji (ANOVA dla układów jednoczynnikowych), na poziomie istotności 0,05, obliczono wpływ badanych zmiennych niezależnych (wielkość sadzeniaków, liczba oczek, gęstość sadzenia) na wysokość plonu bulw i jego strukturę. Dla istotnych zależności pomiędzy zmiennymi zależnymi i przyczynowymi wyznaczono funkcje regresji liniowej.

Tabela 1

Wykaz odmian, stopnia kwalifikacji, wielkość frakcji wymiarowej i gęstości sadzenia List of varieties, qualification degree, the value of dimensional fraction and density of planting				
Odmiana Variety	Stopień kwalifikacji Degree qualification	Frakcja (mm) Fraction (mm)	Gęstość sadzenia(cm) Planting density (cm)	
Agnes	Rozmnożenie własne z C/B Farm-saved seed from C/B	30–35	20	23,5
		35–40	25,5	28
		40–50	30	34,5
	C/A	35–55	30	34,5
Asterix	Rozmnożenie własne z C/A Farm-saved seed from C/A	30–35	20	23,5
		35–40	25,5	28
		40–50	34,5	37
	C/A	35–45	30	34,5
Denar	Rozmnożenie własne 2 rok z C/A Farm-saved seed from C/A, 2 nd year	45–55	37	40
		35–40	23,5	25,5
		40–45	28	30
	C/A	35–45	30	32
Fresco	Rozmnożenie własne z C/A Farm-saved seed from C/A	45–55	40	45
		35–45	30	32
		45–55	37	40
	C/A	35–45	34,5	37
Innovator	Rozmnożenie własne z C/A Farm-saved seed from C/A	45–50	40	45
		30–35	18	20
		35–40	28	30
	C/A	40–50	34,5	37
Tajfun	Rozmnożenie własne 2 rok z C/A Farm-saved seed from C/A, 2 nd year	35–45	34,5	37
		45–55	40	45
		35–40	25,5	28
	C/B	35–45	34,5	37

WYNIKI I DYSKUSJA

Badane w doświadczeniu odmiany ziemniaka istotnie różniły się pod względem liczby oczek na bulwie, liczby pędów, całkowitej masy pędów na powierzchni 1 ha, wysokości plonu i jego struktury (tabele 2 i 3). Najmniejszą liczbę oczek odnotowano u sadzeniaków odmiany Agnes (6,3 szt.) co było związane z najmniejszą średnią masą sadzeniaków (40,3 g), największą liczbę oczek odnotowano u odmiany Innovator (9,1 szt.). Największą masą

sadzeniaków charakteryzowały się bulwy odmiany Fresco (68,7 g), dla której wysadzono najmniej roślin na powierzchni 1 ha (38069 szt.). Liczba pędów na powierzchni 1 ha była zróżnicowana i wynosiła od 138399 szt. u odmiany Innovator do 254775 szt. u odmiany Denar. Zaś całkowita masa pędów w fazie kwitnienia roślin wynosiła od 14,6 t·ha⁻¹ u odmiany Agnes do 26,1 t·ha⁻¹ u odmiany Denar.

Tabela 2

Wpływ badanych czynników na wybrane cechy roślin
Effect of studied factors on selected plants characters

Badane wielkości Test sizes	Liczba oczek (szt.) The number of eyes (pc)	Masa bulwy (g) Tuber weight (g)	Liczba krzaków (szt.·ha ⁻¹) Number of plants (pc·ha ⁻¹)	Liczba pędów (szt.·ha ⁻¹) Number of shoots (pc·ha ⁻¹)	Całkowita masa pędów (t·ha ⁻¹) The total mass of shoots (t·ha ⁻¹)
Odmiana — Variety					
Agnes	6,3 ^{±0,85}	40,3 ^{±16,14}	51067 ^{±9869}	181474 ^{±11893}	14,6 ^{±1,14}
Asterix	8,3 ^{±0,47}	42,3 ^{±13,30}	47635 ^{±10508}	185369 ^{±20134}	20,2 ^{±1,72}
Denar	8,6 ^{±0,36}	52,6 ^{±20,63}	44193 ^{±8017}	254775 ^{±21169}	26,1 ^{±3,16}
Fresco	8,0 ^{±0,34}	68,7 ^{±21,88}	38069 ^{±5699}	208314 ^{±20190}	18,6 ^{±3,96}
Innovator	9,1 ^{±1,00}	60,1 ^{±30,92}	44513 ^{±14656}	138399 ^{±23548}	21,4 ^{±2,31}
Tajfun	8,4 ^{±0,73}	63,8 ^{±26,24}	40080 ^{±7560}	159293 ^{±15325}	17,3 ^{±0,91}
F _{0,05}	*	-	-	*	*
Frakcja sadzeniaków (mm) — The fraction of seed (mm)					
30–35	6,8 ^{±1,20}	25,5 ^{±0,92}	64591 ^{±6726}	190107 ^{±18146}	19,3 ^{±5,02}
35–40	7,9 ^{±1,02}	38,2 ^{±2,41}	50080 ^{±3648}	186023 ^{±38606}	18,8 ^{±2,92}
35–45	8,3 ^{±0,73}	52,4 ^{±8,66}	40468 ^{±3325}	191037 ^{±46433}	20,7 ^{±4,77}
35–55	8,5 ^{±0,00}	49,8 ^{±0,00}	41545 ^{±4099}	191111 ^{±18856}	22,7 ^{±1,12}
40–45	8,9 ^{±0,00}	51,6 ^{±0,00}	46031 ^{±2244}	283015 ^{±10550}	29,1 ^{±0,85}
40–50	8,5 ^{±1,06}	59,2 ^{±5,64}	39443 ^{±3290}	159434 ^{±21329}	17,7 ^{±1,63}
45–50	9,9 ^{±0,00}	106,8 ^{±0,00}	31481 ^{±2618}	113333 ^{±9428}	19,5 ^{±1,17}
45–55	8,7 ^{±0,69}	89,2 ^{±8,12}	33083 ^{±2436}	196651 ^{±41289}	20,7 ^{±4,60}
F _{0,05}	-	*	*	*	*
Gęstość sadzenia — The density of planting					
45	9,3 ^{±0,35}	99,6 ^{±7,98}	29629 ^{±0,02}	4,9 ^{±1,54}	145185 ^{±45614}
40	9,3 ^{±0,77}	99,3 ^{±7,87}	33333 ^{±0,00}	5,4 ^{±1,46}	181333 ^{±48625}
37	9,2 ^{±0,76}	99,3 ^{±7,86}	33333 ^{±0,32}	5,4 ^{±1,46}	181333 ^{±48625}
34,5	9,0 ^{±0,82}	61,2 ^{±4,91}	38647 ^{±0,00}	4,3 ^{±0,71}	165217 ^{±27541}
32	8,0 ^{±0,87}	58,3 ^{±3,04}	41666 ^{±0,00}	5,0 ^{±0,71}	208333 ^{±29462}
30	8,0 ^{±0,50}	50,6 ^{±6,03}	44444 ^{±0,00}	4,7 ^{±1,01}	210555 ^{±45070}
28	8,9 ^{±0,07}	47 ^{±6,51}	47619 ^{±0,00}	4 ^{±1,19}	190476 ^{±56444}
25,5	7,5 ^{±1,06}	37,3 ^{±0,21}	52287 ^{±0,00}	3,9 ^{±0,65}	201307 ^{±33751}
23,5	8,3 ^{±1,02}	36,4 ^{±4,35}	56737 ^{±0,25}	3,7 ^{±0,72}	208037 ^{±41044}
20	8,0 ^{±0,89}	34,5 ^{±3,45}	66666 ^{±0,00}	2,9 ^{±0,40}	195555 ^{±26943}
18	7,5 ^{±0,69}	24,4 ^{±3,05}	74074 ^{±0,36}	2,5 ^{±0,25}	185185 ^{±24570}
F _{0,05}	-	*	*	-	-
Stopień kwalifikacji sadzeniaków — Certification degree of seed potatoes					
Sadzeniaki własne Farm saved seed	7,9 ^{±1,07}	45,9 ^{±162}	48381 ^{±103754}	187546 ^{±38763}	18,8 ^{±4,18}
Sadzeniaki kwalifikowane Certified seed potatoes	8,8 ^{±0,68}	71,3 ^{±24}	36662 ^{±4948}	183803 ^{±50147}	21,9 ^{±3,51}
F _{0,05}	*	*	-	*	*

*- Wpływ istotny na poziomie $\alpha=0,05$

*- Significant effects at $\alpha = 0.05$

Tabela 3

Wpływ badanych parametrów na wysokość plonu i jego strukturę
Influence of studied parameters on the amount of yield and its structure

Badane wielkości Test sizes	Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t·ha ⁻¹)	Struktura plonu (%) — Yield structure (%)				
		<30	30–40	40–50	50–60	>60
Odmiana — Variety						
Agnes	22,6 ^{±0,84}	3,3	13,8	25,0	33,2	24,7
Asterix	32,8 ^{±2,19}	2,3	11,3	24,6	42,4	19,5
Denar	31,2 ^{±3,27}	4,1	18,3	31,1	34,6	18,1
Fresco	24,6 ^{±1,99}	4,5	13,8	20,5	39,9	21,4
Innovator	30,3 ^{±7,32}	2,3	8,2	19,7	40,8 ⁵	29,0
Tajfun	33,2 ^{±1,47}	2,3	11,1	21,6	35,4	29,6
F _{0,05}	*	*	*	*	*	*
Frakcja sadzeniaków (mm) — The fraction of seed (mm)						
30–35	25,0 ^{±4,44}	2,2	9,8	21,2	44,3	22,5
35–40	27,8 ^{±3,53}	3,2	13,0	24,5	35,4	23,9
35–45	31,8 ^{±6,21}	3,1	11,7	20,2	36,3	29,7
35–55	35,9 ^{±1,13}	2,0	11,5	20,0	41,0	25,5
40–45	28,5 ^{±0,57}	4,5	21,0	32,5	35,0	17,0
40–50	28,8 ^{±4,57}	3,0	11,5	25,2	37,4	22,9
45–50	37,9 ^{±0,49}	2,5	9,0	18,0	40,5	30,0
45–55	28,9 ^{±5,31}	3,7	14,9	26,6	38,7	18,5
F _{0,05}	*	-	*	*	*	*
Gęstość sadzenia — The density of planting						
45	32,3 ^{±5,69}	3,7	12,0	24,3	37,7	22,3
40	30,7 ^{±6,70}	3,2	13,4	23,6	39,0	22,8
37	30,7 ^{±6,70}	3,2	13,4	23,6	39,0	22,8
34,5	32,3 ^{±5,26}	2,5	11,0	25,3	36,9	25,6
32	24,7 ^{±2,40}	4	12,5	16,5	39	28
30	29,2 ^{±5,34}	3,5	13,8	22,0	36,1	25,9
28	28,0 ^{±3,84}	3,0	13,8	23,6	36,6	25
25,5	28,3 ^{±3,96}	3,5	14,5	27,0	33,8	21,3
23,5	26,8 ^{±4,91}	3,3	12,7	24,0	39,7	20,3
20	25,0 ^{±4,83}	2,3	10,3	21,3	43,7	22,3
18	22,9 ^{±3,24}	2	8	21	49	20
F _{0,05}	-	-	-	-	-	-
Stopień kwalifikacji sadzeniaków — Certification degree of seed potatoes						
Sadzeniaki własne Farmm saved seed	26,9 ^{±4,11}	3,2	12,8	24,1	38,6	21,9
Sadzeniaki kwalifikowane Certified seed potatoes	33,6 ^{±4,44}	2,8	12,1	22,6	37,0	27,2
F _{0,05}	*	-	-	-	-	*

*- Wpływ istotny na poziomie $\alpha=0,05$ *- Significant effects at $\alpha = 0.05$

Najmniej pędów (113333 szt.) na powierzchni 1 ha odnotowano dla frakcji sadzeniaków 45–50 mm, najwięcej (283015 szt.) dla frakcji 40–45 mm. Najwyższą masę pędów z powierzchni 1 ha odnotowano z frakcji sadzeniaków 40–45 mm, najniższą z 40–50 mm (odpowiednio 29,1 i 17,7 t ha⁻¹). Uzyskane wyniki są porównywalne z otrzymanymi przez Gruczka (2001) oraz Gruczka i Zarzyńską (2000).

Masa sadzeniaków była istotnie zależna od frakcji wymiarowej i wynosiła od 25,5 g dla 30–35 mm wielkości sadzeniaka do 106,8 g dla 45–50 mm wielkości sadzeniaka. Wielkość frakcji wymiarowej sadzeniaka istotnie wpływała na liczbę krzaków, liczbę pędów,

całkowitą masę pędów oraz udział w plonie bulw frakcji handlowej. Mniejsze bulwy dawały w efekcie niższy plon ogółem co potwierdza wyniki uzyskane przez Gruczka (2001), Jabłońskiego (1997), Zarzyńską (2012). Gęstość sadzenia nie miała istotnego wpływu na wysokość plonu i jego strukturę. Stopień kwalifikacji sadzeniaków wpływał istotnie na liczbę oczek, średnią masę sadzeniaka, liczbę pędów, całkowitą masę pędów, plon i udział bulw frakcji powyżej 60 mm. Odnotowano wyższą liczbę oczek u sadzeniaków kwalifikowanych, wyższą masę bulw, niższą liczbę pędów i wyższą ich masę na powierzchni 1 ha. Z sadzeniaków kwalifikowanych uzyskano wyższy o około 7 t·ha⁻¹ plon i o ponad 5% wyższy udział frakcji bulw powyżej 60 mm.

Tabela 4

Zależności regresyjne między wybranymi zmiennymi przyczynowymi i zależnymi
The regression between selected dependent and causal variables

Zmienne zależne Dependent variables	Zależność funkcyjna Regression function	Współczynnik korelacji 'r' Correlation coefficient 'r'	Poziom istotności dla współczynnika korelacji The significance level for the correlation coefficient
	Zmienne przyczynowe — Causal variables		
	Frakcja sadzeniaków (mm) — The fraction of seed (mm)		
Liczba oczek na bulwie (szt.) The number of eyes (pc)	$y = 7,379 + 0,208 \cdot x$	0,50	0,012
Masa bulw (g); Tuber weight (g)	$y = 20,703 + 8,339 \cdot x$	0,89	0,000
Liczba krzaków (szt.) The number of plants (pc)	$y = 57992,355 - 3361,306 \cdot x$	-0,79	0,000
Gęstość sadzenia (cm) — The density of planting (cm)			
Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t · ha ⁻¹)	$y = 33,581 - 0,782 \cdot x$	-0,39	0,005
Liczba krzaków (szt.·ha ⁻¹) The number of plants (pc)	$y = 24009,711 + 3745,725 \cdot x$	0,97	0,000
Liczba pędów (szt.·ha ⁻¹) Number of shoots (pc · ha ⁻¹)	$y = 1,589E5 + 5110,241 \cdot x$	0,32	0,026
Liczba oczek na bulwie (szt.) The number of eyes (pc)	$y = 9,696 - 0,245 \cdot x$	-0,63	0,001
Masa bulwy (g); Tuber weight (g)	$y = 103,366 - 8,099 \cdot x$	-0,93	0,000
Liczba oczek (szt.) — The number of eyes (pc)			
Całkowita masa pędów (t·ha ⁻¹) The total mass of shoots (t·ha ⁻¹)	$y = 4,019 + 2,005 \cdot x$	0,48	0,017
Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t · ha ⁻¹)	$y = 2,297 + 3,318 \cdot x$	0,62	0,001
Liczba krzaków (szt.) — The number of plants (pc)			
Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t · ha ⁻¹)	$y = 38,5112 - 0,0002 \cdot x$	-0,40	0,004
Liczba pędów (szt.·ha ⁻¹) — The number of shoots (pc · ha ⁻¹)			
Całkowita masa pędów (t·ha ⁻¹) The total weight of shoots (t · ha ⁻¹)	$y = 10,926 + 4,873E - 5 \cdot x$	0,49	0,000
Całkowita masa pędów (t·ha ⁻¹) — The total weight of shoots (t · ha ⁻¹)			
Plon (t·ha ⁻¹) Yield (t · ha ⁻¹)	$y = 20,619 + 0,439 \cdot x$	0,34	0,016

Istotnym zagadnieniem w produkcji ziemniaka jest wielkość sadzeniaków rozważana z kilku względów. Jednym z nich jest maksymalizacja plonu bulw określonej wielkości, co ściśle koresponduje z architekturą łanu. Większość autorów zajmujących się problemem wielkości sadzeniaka a liczbą pędów wyrastających z bulwy matecznej oraz plonem i jego strukturą potwierdza liniowy ich charakter (Morris, 1970; Zaag Van der, 1973; Zarzyńska, Gruczek, 2000; Strulik, 1990). W tabeli 4 przedstawiono równania regresji dla wszystkich istotnych zależności pomiędzy wybranymi zmiennymi przyczynowymi (frakcja sadzeniaków i gęstość sadzenia) oraz wszystkimi zmiennymi zależnymi. Uzyskane wyniki wskazują na istotną dodatnią zależność regresyjną pomiędzy frakcją wymiarową sadzeniaków, ich masą i liczbą oczek, natomiast ujemną dla liczby krzaków na powierzchni 1 ha co potwierdza wyniki uzyskane przez Zarzyńską (2012). Pomiedzy gęstością sadzenia a masą sadzeniaków, liczbą oczek i plonem stwierdzono istotne odwrotnie proporcjonalne zależności regresyjne.

Wykazano również dodatnie zależności pomiędzy liczbą oczek a całkowitą masą pędów i plonem z 1 ha, liczbą krzaków i całkowitą masą pędów a plonem, liczbą pędów a całkowitą masą pędów na powierzchni 1 ha.

Uzyskane zależności potwierdzają otrzymane przez innych autorów wyniki i wskazują, że niezależnie od badanych odmian rozwój i plonowanie roślin ziemniaka jest ściśle związane z frakcją sadzeniaków i właściwie dobraną do nich gęstością sadzenia (Gruczek, Zarzyńska, 2000; Zarzyńska, 2003, 2012). Aby zapewnić dobry plon należy starannie podzielić na frakcje sadzeniaki oraz odpowiednio do ich wielkości, masy i liczby oczek dobrać właściwą gęstość sadzenia.

WNIOSKI

1. Wielkość sadzeniaków miała wpływ na strukturę plonu we frakcjach od 30 do powyżej 60 mm, na masę sadzeniaka, liczbę i masę pędów. Natomiast gęstość sadzenia nie miała wpływu na żadną z badanych cech co wskazuje, że została ona w doświadczeniu właściwie dobrana do danej frakcji sadzeniaków.
2. Badane cechy ziemniaka były istotnie zróżnicowane pomiędzy odmianami, wyjątek stanowiła średnia masa pojedynczej bulwy i liczba krzaków na hektarze.
3. Stopień kwalifikacji sadzeniaków miał wpływ na liczbę oczek i pędów, masę bulwy i pędu, całkowitą masę pędów i plon oraz strukturę plonu powyżej 60 mm.
4. Stwierdzono istotną, dodatnią liniową zależność regresyjną pomiędzy: liczbą oczek na bulwie matecznej a średnią masą pojedynczej bulwy, masą pędu, plonem całkowitym; masą bulwy a liczbą pędów; liczbą pędów a masą pędów i plonem.

LITERATURA

- Baukema H. P., Zaag van der D. E. 1990. Introduction to potato production. Pudoc Wageningen.
- Gruczek T. 2000. Produkcja ziemniaków przy szerokości międzyrzędzi 75 cm. Ziemn. Pol. 4: 10 — 17.
- Gruczek T. 2001. Technologia produkcji ziemniaka jadalnego i dla przetwórstwa spożywczego przy szerokości międzyrzędzi 75 cm. IHAR w Jadwisinie. 30 — 40.

- Gruczek T., Zarzyńska K. 2000. Technika sadzenia zapewniająca optymalne zagęszczenie łanu dla każdego kierunku użytkowania ziemniaków. *Ziemn. Pol.* 2: 10 — 16.
- Hołubowicz-Kliza G. 2009. Uprawa ziemniaka. Instrukcja upowszechniona 159: 3 — 9, 26.
- Jabłoński K. 1997. Sadzenie pielęgnacja i ochrona ziemniaków. Fundacja SGGW 99.
- Jabłoński K. 2003. Prawidłowe sadzenie – duża szansa wzrostu plonów ziemniaka w każdym kierunku uprawy. *Ziemn. Pol.* 1: 20 — 27.
- Morris D. A. 1970. Intersprout competition in the potato. Effect of tuber size, sprout number and temperature on sprout growth during storage. *Eur. Potato* 9: 68 — 85.
- Nowacki W. 2006. Zasady integrowanej produkcji ziemniaków. *Ziemn. Pol.* 1: 19 — 22.
- Struik P.C., Havertkort A. J., Vreugdenhil D., Bus C. B., Danker R. 1990. Manipulation of tuber size distribution of potato crop. *Potato Res.* 33: 417 — 432.
- Szutkowska M. 2005. Przygotowanie sadzeniaków jako czynnik warunkujący plonowanie bardzo wczesnych odmian ziemniaka. *Ziemn. Pol.* 1: 14 — 17.
- Zaag Van Der D. E. 1973. Potatoes and their cultivation in the Netherlands, Wageningen Publish. No E 108: 1 — 23.
- Zarzecka K. 2006. Uprawa ziemniaka w Polsce warunkująca właściwą jakość plonu. Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie. IV Konferencja Naukowa, Szklarska Poręba.
- Zarzyńska K., Gruczek T. 2000. Plonowanie optymalnego zagęszczenia pędów na jednostce powierzchni na podstawie fizjologicznych cech bulw matecznych w uprawie ziemniaka jadalnego. *Biul. IHAR* 213: 185 — 190.
- Zarzyńska K. 2002. Przygotowanie sadzeniaków ziemniaka z uwzględnieniem produkcji ekologicznej. *Zesz. Probl. Postępów Nauk Roln.* z. 489: 103 — 111.
- Zarzyńska K. 2003. Znaczenie cech morfologicznych sadzeniaków w agrotechnice ziemniaka. *Ziemn. Pol.* 3: 2 — 7.
- Zarzyńska K. 2012. Wpływ wielkości sadzeniaka i gęstości sadzenia na liczbę pędów i plon ziemniaków. *Ziemniak Polski*, nr 3: 19 — 23.

<http://piorin.gov.pl/cms/upload/akt/ipziemniak.pdf> Data dostępu 30.04.2012.

BARBARA KRZYSZTOFIKInstytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy, Kraków

Parametry jakościowe ziemniaka oferowanego do przetwórstwa spożywczego

Quality parameters of potato offered for food processing

Celem badań była analiza jakościowa bulw ziemniaka oferowanego przez gospodarstwo rolne zajmujące się uprawą odmian przeznaczonych na frytki produkowane w firmie „FRITAR”. Badaniom poddano cztery odmiany ziemniaka (Agnes, Asterix, Fresco i Innovator), których jakość oceniono na podstawie zapisów w protokołach odbioru surowca przez zakład przetwórczy. Badania dotyczyły następujących parametrów bulw: zawartości suchej masy, struktury plonu z uwzględnieniem dwóch wymiarów (długości i szerokości bulw), udziału bulw zazielenionych, udziału bulw z suchą i moką zgnilizną, uszkodzonych mechanicznie, porażonych parchem, zwiędniętych, skielkowanych, zdeformowanych, uszkodzonych przez szkodniki, z wadami wewnętrznymi, o kalibrze mniejszym niż 35 mm średnicy poprzecznej i udziału zanieczyszczeń mineralnych. Ocena skierowanych do przetwórstwa na frytki bulw ziemniaka wykazała, że dla badanych odmian sumaryczny udział wad zewnętrznych i wewnętrznych nie został przekroczony.

Słowa kluczowe: odmiana, uszkodzenia, wskaźnik jakości, ziemniak

The aim of this study was a qualitative analysis of potato tubers offered by the holding engaged in the cultivation of varieties for the French fries produced in the company "FRITAR". The study involved four varieties of potato (Agnes, Asterix, Fresco and Innovator), the quality of which was assessed on the basis of the receipt minutes made when the material was received by the processor. The study addressed the following tubers parameters: the dry weight, yield structure, taking into account two dimensions (length and width of the tuber), the share of green tubers, share of tubers with dry and wet rot, mechanically damaged, infested by scab, wilted, sprouted, deformed, damaged by pests, with internal defects, of a size less than 35 mm in diameter of the transverse part and the amount of mineral impurities. Rating of the tubers targeted for processing into potato chips showed that the cultivars total contribution of external and internal defects has not been exceeded.

Key words: cultivar, defects, potatoes, the quality indicator

WSTĘP

Do przetwórstwa na frytki przydatne są odmiany ziemniaka, które mają korzystne właściwości fizyko-chemiczne miąższu bulw, odpowiedni kształt, wielkość i zdrowotność. Ponadto bulwy winny być technologicznie dojrzałe i nieuszkodzone podczas zbioru, transportu, przerobu i przechowywania.

Wymagania jakościowe w stosunku do ziemniaka przeznaczonego na przetwórstwo spożywcze, a zwłaszcza na frytki, ciągle wzrastają. Zdaniem Zgórskiej i Frydeckiej-Mazurczyk (2002), Zgórskiej (2002), Mozolewskiego (2005) oraz Lisińskiej (2006) optymalna zawartość suchej masy powinna być na poziomie 22–23%, zawartość skrobi — w granicach 15–17%, a cukrów redukujących do 0,25% świeżej masy bulw (dopuszczalny poziom — 0,5%). Bulwy o większej zawartości suchej substancji oddają mniej wody podczas smażenia, co prowadzi do zwiększenia wydajności produkcji, toteż wartość tej cechy nie powinna być mniejsza niż 20%. Do produkcji frytek niezbędne są bulwy o kształcie okrągłowoalnym lub podłużnym o średnicy >55 mm, w typie konsumpcyjnym średnio zwężonym do średnio mączystego. W ocenie Lisińskiej (2006) frytki wyprodukowane z bulw o większej zawartości suchej masy charakteryzują się większą chrupkością i jaśniejszą barwą. Zdaniem Tajner-Czopek i in. (2008) zawartość skrobi w bulwach ziemniaka przeznaczonych na frytki powinna się zawierać w granicach od 14% do 18%. Zbyt duża zawartość tego składnika w bulwach prowadzi do nieskorzystnych zmian barwy oraz „zgąbczenia” frytek podczas dosmażania, zbyt mała zaś powoduje, że bulwy bardziej chłoną tłuszcz podczas smażenia.

Zakłady przetwórcze bazują głównie na zarejestrowanych lub z poza rejestru odmianach holenderskich lub niemieckich (Holenderski katalog odmian ziemniaka, 2007). Również Polska posiada wiele odmian własnej hodowli przydatnych na frytki (Chotkowski, 2009). Rolnik ma również wpływ na to, aby ziemniaki regularnie dostarczane do przetwórnicy miały odpowiednią dojrzałość i wysoką jakość. Ogromne znaczenie w przemyśle przetwórczym ma zewnętrzna jakość ziemniaka. Najczęściej zwraca się uwagę na kształt, pojawianie chorób na skórcie oraz stopień zewnętrznych uszkodzeń. Wielkość, kształt i obecność oczek na powierzchni ziemniaków są istotne ze względu na wygląd produktu oraz straty ponoszone przy obieraniu. Producenci frytek preferują bulwy owalne lub podłużne o wymiarach od 50 mm w górę.

Wzrost wymagań jakościowych przetwórców ziemniaków spowodował, że ich uprawa stała się nie lada wyzwaniem. Producenci bulw na chipsy lub frytki stanowią swoistą ekstraklasę (Zgórska, Frydecka-Mazurczyk, 2000). Do najbardziej popularnych odmian przetwarzanych na frytki w Polsce należą: Innovator, Santana, Asterix, Velox (Gruczek, 2001; Zgórska 2004).

Również bulwy posiadające różnorakie wady zewnętrzne i wewnętrzne nie ograniczają ich przydatności do przetwórstwa na frytki, pogarszając jednakże ich jakość i zmniejszając wydajność produktu końcowego. Pękające komórki powodują brązowe skazy utrudniające proces przetwarzania. Także inne wewnętrzne uszkodzenia, jak pustowatość bulw lub czarne środki, są niepożądane. Jednym z najpoważniejszych uszkodzeń zwalczanym w przemyśle przetwórczym są ciemne plamy. Ziemniaki z tego względu powinny być ogrzane do 15°C zanim zostaną posortowane. Istnieją odmiany o większej lub mniejszej podatności na ciemne plamy poudarzeniowe. Niemal wszystkie odmiany ziemniaków są mniej lub bardziej podatne na parch. Utrzymując wilgoć w glebie — zwłaszcza podczas tuberyzacji i przez kolejne 4 tygodnie - można skutecznie chronić ziemniaki przed tą chorobą (Sawicka, Barbaś, 2011). Przy przechowywaniu ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa należy stosować odpowiednie dla kierunku przetwarzania warunki

przechowywania tj. wentylację, kontrolę temperatury, stosowane inhibitory wzrostu kielków, sposób przygotowania ziemniaków przed załadunkiem do fabryki (Piasecki i in., 1996; Sobol, 2006).

W przemyśle przetwórczym można stosować tylko te odmiany ziemniaków, które spełniają określone wymagania jakościowe. Istnieje wiele metod, które umożliwiają obliczenie tych cech jakościowych. Metody te obejmują zarówno prostą inspekcję wizualną jak i zaawansowane metody instrumentalne. Ocena jakości dotyczy zarówno surowca, jak i produktu końcowego. Przy ocenie surowca szczególną uwagę zwraca się na wielkość, kształt, brak defektów takich, jak choroby, zgnilizna, ciemnienie jak również zawartość suchej masy i cukrów. Ocena uszkodzeń musi być przeprowadzona przez wizualną inspekcję jakościową na początku linii produkcyjnej.

Celem badań była analiza jakościowa bulw ziemniaka oferowanego przez gospodarstwo rolne zajmujące się uprawą odmian przeznaczonych na frytki produkowane przez firmę „FRITAR”.

MATERIAŁ I METODY

Badaniom poddano cztery odmiany ziemniaka (Fresco, Innovator, Agnes, i Asterix) (tab. 1), których jakość oceniono na podstawie zapisów w protokołach odbioru surowca przez zakład przetwórczy. Badane bulwy czterech odmian ziemniaka uprawiane były na polu o powierzchni ponad 20 ha, i przechowywane w indywidualnym gospodarstwie rolnym zajmującym się uprawą odmian przeznaczonych do przetwórstwa na frytki. Skierowany do przetwórstwa surowiec był oceniany zgodnie z protokołem odbioru, który obejmuje ocenę zawartości suchej masy, wad zewnętrznych (takich, jak: zazielenienia, sucha zgnilizna, zgniłe, obite, uszkodzone mechanicznie, porażone parchem, zwiędnięte, skielkowane, zdeformowane), wad wewnętrznych (takich, jak: uszkodzonych przez owady, z plamistością miąższu, z pustowatością), bulwy zmarznięte i zanieczyszczone glebą. Ponadto ocenie podlegał kalibraż podłużny i poprzeczny bulw oraz udział bulw <35 mm. Dla każdej próby obliczono udziały procentowe odniesione do masy bulw.

Obliczono średnie arytmetyczne, odchylenia standardowe a na podstawie średnich wartości otrzymanych i dopuszczalnych obliczono wskaźniki wycentrowania danego parametru jakości wg wzoru (1) (Hamrol, Mantura, 2002):

$$C_{pkl} = (S - X)/3\sigma$$

gdzie:

X — wartość średnia; the average value,

S — wartość dopuszczalna; the limit value,

σ — odchylenie standardowe; standard deviation.

Wskaźnik C_{pkl} jest miarą wycentrowania wartości średniej, uwzględnia także jej położenie w stosunku do wartości dopuszczalnej. Przeprowadzono również analizę wariancji w klasyfikacji pojedynczej dotyczącą wpływu odmiany na wartości badanych parametrów, różnice istotne wyznaczono na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Poddane ocenie zawartości suchej masy bulwy czterech odmian ziemniaka (tab. 1) wskazują, że zgodnie z zaleceniem żadna z badanych odmian nie posiadała zawartości suchej masy powyżej $22 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$.

Tabela 1

Charakterystyka badanych odmian (obliczenia własne, Chotkowski, 2009)
Characteristics of tested cultivars (own research, Chotkowski, 2009)

Odmiana Variety	Wczesność Earliness	Plon handlowy ($\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$) Yield of ($\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$)	Zawartość suchej masy ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$) The dry matter content ($\text{g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	Kształt bulw Shape of tuber	Regularność kształtu Regularity of shape	Wielkość bulw Size of tubers
Fresco	bardzo wczesne very early	370 (187)	$20,40^{\pm 0,321}$	oow	7*	7
Innovator	wczesne early	402	$18,91^{\pm 0,101}$	owp	7,5	9
Agnes	średnio wczesne	427	$19,38^{\pm 0,137}$	ow	7	7
Asterix	medium early	439	$19,35^{\pm 0,164}$	ow	7,5	7

Skala: 1 — Wartość najgorsza parametru; 9 — Wartość najlepsza parametru

Scale: 1 — The worst value of the parameter; 9 — The best value of the parameter

Zawartość suchej masy zawierała się na poziomie $20,4 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ u odmiany Fresco do $18,9 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ u odmiany Innovator. Wyniki dotyczące oceny parametrów zewnętrznych i wewnętrznych bulw badanych odmian wskazują, że u wszystkich odmian przekroczony był poziom bulw nadgniłych, zazielenionych i zanieczyszczeń mineralnych (tab. 2).

Ponadto u odmiany Agnes w grupie cech zewnętrznych i wewnętrznych odnotowano wyższy od dopuszczalnego udział bulw z obiciami. U odmiany Asterix przekroczony był udział bulw o kalibrze $<35 \text{ cm}$. U odmiany Innovator odnotowano przekroczony udział bulw o kalibrze $<35 \text{ mm}$, uszkodzonych przez drutowce i z plamistością miększu. Odmiana Fresco miała przekroczony udział bulw uszkodzonych przez drutowce.

U żadnej spośród czterech odmian nie został przekroczony maksymalny dopuszczalny udział bulw z wadami zewnętrznymi i wewnętrznymi. Najwyższy udział bulw z wadami wystąpił u odmian Asterix i Innovator, dla których z dopuszczalnych wad zewnętrznych na poziomie $25 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, odnotowano odpowiednio $18,67$ i $18,71 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ oraz z dopuszczalnych na poziomie $10 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ wad wewnętrznych odnotowano odpowiednio $9,17$ i $8,90 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$. Najniższy udział wad zewnętrznych odnotowano u odmiany Fresco ($15,13 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$), a z wad wewnętrznych najniższy udział odnotowano u odmiany Agnes ($4 \text{ g} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$). U wszystkich badanych odmian nie odnotowano bulw nadmiernie zwiędniętych, skielkowanych i zmarzniętych, co świadczy o poprawnych warunkach przechowywania.

Wskaźniki wycentrowania wartości średniej analizowanych parametrów jakości bulw ziemniaka wskazują, że dla wszystkich badanych odmian odnotowano po trzy wskaźniki, których wartości utrzymywały się na bardzo niskim poziomie. Dotyczyło to udziału bulw zazielenionych, nadgniłych i udziału zanieczyszczeń mineralnych (tab. 3).

Tabela 2

Wartości parametrów bulw ziemniaka, dopuszczalne i rzeczywiste z odchyleniem standardowym (g·100 g⁻¹)
The values of the parameters of potato tubers, acceptable and effective with a standard deviation (g·100 g⁻¹)

Parametry kontrolowane — zewnętrzne Controlled parameters — external	Dopuszczalne wady Permitted defects (%)	Odmiana Variety			
		Agnes	Asterix	Innovator	Fresco
Zazielenienia — Greener	5	4,50 ^{±1,761}	4,67 ^{±1,633}	3,71 ^{±1,309}	4,60 ^{±1,765}
Sucha zgnilizna <1* cm — Dry rot <1 cm	4	0,33 ^{±0,816}	0,00	1,05 ^{±1,359}	0,13 ^{±0,516}
Sucha zgnilizna 1–3* cm — Dry rot 1–3 cm	4	2,67 ^{±1,033}	0,67 ^{±1,633}	0,57 ^{±1,121}	0,20 ^{±0,561}
Sucha zgnilizna >3* cm — Dry rot >3 cm	2	0,67 ^{±1,033}	0,33 ^{±0,816}	0,00	0,00
Nadgnięte/ zgnięte* — Rotting / rotten	0	2,00 ^{±1,265}	1,67 ^{±1,506}	0,19 ^{±0,602}	0,40 ^{±0,828}
Pęknięcia głębne — Deep cracks	6	0,33 ^{±0,816}	0,00	1,33 ^{±1,713}	1,53 ^{±1,727}
Obicia <1 cm — Bruising <1 cm	5	2,67 ^{±2,066}	1,33 ^{±1,633}	2,57 ^{±1,121}	1,27 ^{±1,944}
Obicia 1–3 cm* — Bruising 1–3 cm	5	3,33 ^{±2,066}	2,33 ^{±1,506}	2,10 ^{±1,480}	2,13 ^{±1,552}
Obicia >3 cm — Bruising >3 cm	2	1,00 ^{±1,095}	0,33 ^{±0,816}	0,10 ^{±0,436}	0,20 ^{±0,561}
Uszkodzenia mech. <1 cm Mechanical damage <1 cm	5	0,00	0,67 ^{±1,033}	0,33 ^{±0,966}	0,40 ^{±1,121}
Uszkodzenia mech. 1–3 cm Mechanical damage 1–3 cm	5	0,00	1,33 ^{±2,066}	1,14 ^{±1,621}	0,67 ^{±1,234}
Uszkodzenia mech. >3 cm Mechanical damage >3 cm	5	0,00	0,00	0,67 ^{±0,966}	0,13 ^{±0,516}
Parch zwykły — Common scab	4	0,00	2,00 ^{±2,530}	0,81 ^{±1,167}	1,53 ^{±1,552}
Zwiędnięcie/ pomarszczenia Withering / wrinkling	2	0,00	0,00	0,00	0,00
Kielkowanie — Germination	5	0,00	0,00	0,00	0,00
Deformacje* — Deformation	6	0,67 ^{±1,033}	3,33 ^{±2,733}	4,14 ^{±1,852}	1,93 ^{±1,668}
Max suma wad zewnętrznych Max total external defects	25	18,17	18,67	18,71	15,13
Parametry kontrolowane wewnętrzne — Parameters controlled internal					
Drutowce 1–3 cm — Wireworms 1–3 cm	4	0,00	1,00 ^{±1,673}	2,29 ^{±1,707}	2,60 ^{±2,028}
Drutowce >3 cm* — Wireworms >3 cm	2	0,33 ^{±0,816}	0,67 ^{±1,033}	1,33 ^{±1,592}	1,47 ^{±1,246}
Plamistość miąższu — Black spots	2	0,33 ^{±0,816}	0,33 ^{±0,816}	1,14 ^{±1,740}	0,47 ^{±0,834}
Pustowatość serc — Hollow hearts	2	0,00	0,00	0,00	0,13 ^{±0,516}
Bulwy zmarznęte — Frozen tubers	0	0,00	0,00	0,00	0,00
Kalibraż <35 mm — Dimension <35 mm	4	1,33 ^{±1,633}	4,67 ^{±6,772}	2,29 ^{±3,594}	0,73 ^{±1,438}
Zanieczyszczenia mineralne Mineral impurities	0	2,00 ^{±0,250}	2,50 ^{±0,548}	1,86 ^{±0,359}	1,00 ^{±0,300}
Maks. suma wad wewnętrznych Max amount of internal defects	10	4,00	9,17	8,90	6,40

* Istotne różnice pomiędzy badanymi odmianami dla badanych cech na poziomie $\alpha = 0,05$

* Significant differences between the two varieties for the studied traits at $\alpha = 0.05$

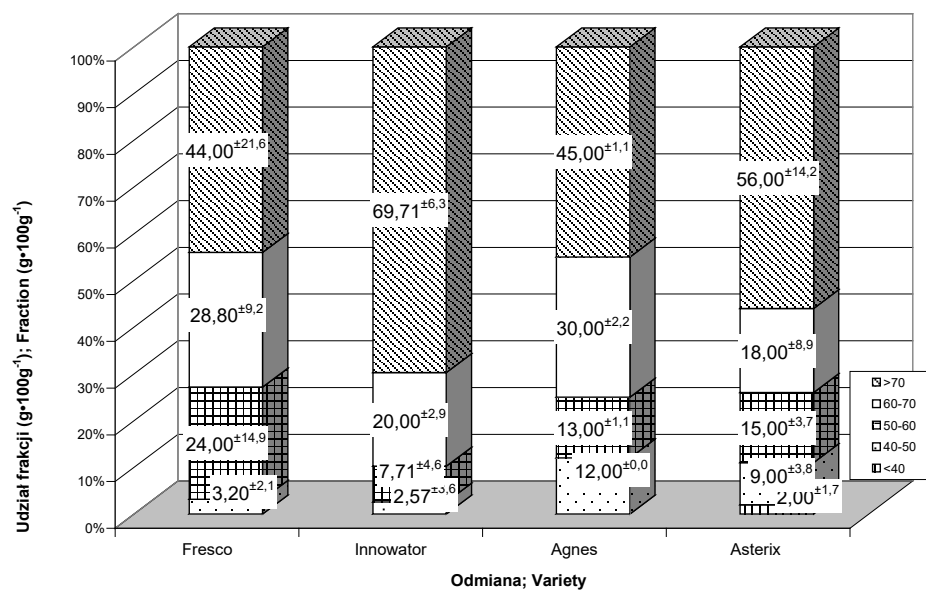
Bardzo niskie wartości tych wskaźników (wartości poniżej 1 i wartości ujemne) świadczą, że znacznie przekroczono dopuszczalny poziom danego parametru. Odnotowano również wskaźniki, których wartości przekraczały '1' co świadczy o wysokim stopniu jakości pod względem danego parametru oceny bulw. Najwięcej parametrów spełniających wymagania jakościowe odnotowano u odmiany Fresco (6) i dotyczyły one suchej zgnilizny, uszkodzeń mechanicznych bulw, oraz udziału bulw z pustowatością. Najmniej parametrów, dla których wskaźnik wycelowania wniósł ponad '1' odnotowano odpowiednio u odmian Asterix (1) w odniesieniu do uszkodzeń mechanicznych <1 cm,

Innovator (2) w odniesieniu do uszkodzeń mechanicznych <1 cm i >3 cm oraz Agnes (3) w odniesieniu do suchej zgnilizny <1 cm, pęknięć wgłębnych i deformacji bulw.

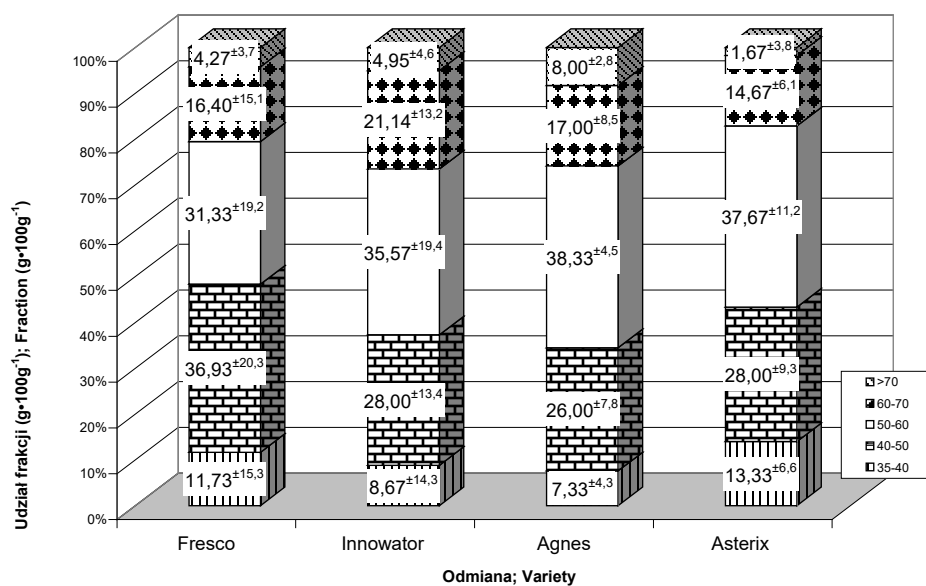
Tabela 3

Wskaźnik wycentrowania wartości parametrów zewnętrznych oceny bulw ziemniaka
Centering ratio values of the external evaluation of potato tubers

Parametry kontrolowane — zewnętrzne Controlled parameters — external	Odmiana — Variety			
	Agnes	Asterix	Innovator	Fresco
Zazielenienia Greener	-0,095	-0,136	-0,073	-0,113
Sucha zgnilizna <1 cm Dry rot <1 cm	1,089	0,000	0,479	1,850
Sucha zgnilizna 1–3 cm Dry rot 1–3 cm	0,108	0,476	0,722	1,665
Sucha zgnilizna >3 cm Dry rot >3 cm	0,108	0,272		
Nadgnięte/ zgniłe Rotting / rotten	-0,527	-0,369	-0,106	-0,161
Pęknięcia głębne Deep cracks	1,905		0,714	0,669
Obicia <1 cm Bruising <1 cm	0,215	0,544	0,425	0,469
Obicia 1–3 cm Bruising 1–3 cm	0,108	0,369	0,429	0,401
Obicia >3 cm Bruising >3 cm	0,304	0,272	0,691	0,476
Uszkodzenia mech. <1 cm Mechanical damage <1 cm		1,399	1,610	1,368
Uszkodzenia mech. 1–3 cm Mechanical damage 1–3 cm		0,592	0,793	1,170
Uszkodzenia mech. >3 cm Mechanical damage >3 cm			1,495	3,141
Parch zwykły Common scab		0,264	0,911	0,530
Zwiędnięcia/ pomarszczenia Withering / wrinkling				
Kielkowanie Germination				
Deformacje Deformation	1,721	0,325	0,334	0,813
Parametry kontrolowane wewnętrzne — Parameters controlled internal				
Drutowce 1–3 cm Wireworms 1–3 cm		0,598	0,335	0,230
Drutowce >3 cm Wireworms >3 cm	0,680	0,430	0,140	0,143
Plamistość miąższu Black spots	0,680	0,680	0,164	0,613
Pustowatość serc Hollow hearts				1,205
Bulwy zmarznięte Frozen tubers				
Kalibraż <35 mm Dimension <35 mm	0,544	-0,033	0,159	0,757
Zanieczyszczenia mineralne Mineral impurities	-2,666	-1,521	-1,726	-1,111



Rys. 1. Udział bulw frakcji wymiarowej podłużnej u odmian (g·100 g⁻¹)
 Fig. 1. The share of the tubers of longitudinal dimension fraction (g·100 g⁻¹)



Rys. 2. Udział bulw frakcji wymiarowej poprzecznej (g·100 g⁻¹)
 Fig. 2. The share of the tubers of transverse dimension fraction (g·100 g⁻¹)

Ocena bulw pod względem wymogów wielkościowych wskazuje, że udział bulw spełniających wymagania na frytki, czyli o średnicy podłużnej >50 mm wynosił od $88 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ u odmiany Agnes do $97 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$ u odmian Fresco i Innovator, najwyższy udział bulw o średnicy poprzecznej >50 mm odnotowano u odmiany Agnes ($63 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$), najmniej u odmiany Asterix ($54 \text{ g} \cdot 100\text{g}^{-1}$) (rys. 1 i 2).

Przedstawione wyniki wskazują, że nie cały materiał kierowany od producenta do zakładu przetwórstwa ziemniaczanego spełniał wymagania stawiane przy przerobie na frytki. Takie cechy jak kształt bulw, ich regularność, udział bulw z wadami zewnętrznymi i wewnętrznymi były na poziomie nie przekraczającym wymagań stawianych bulwom dla tego kierunku użytkowania, określonych w szeregu pracach i badaniach innych autorów (Mozolewski, 2005; Piasecki i in., 1996; Zgórska, 2002). Biorąc pod uwagę maksymalny dopuszczalny udział wad zewnętrznych i wewnętrznych oraz udział frakcji wielkościowych poddane ocenie zgodnie z protokołem odbioru bulwy ziemniaka były poprawnie przechowywane. Ponadto, producent badanej partii bulw ziemniaka wykazał się dużą starannością przechowywania, przygotowania i przestrzegania obowiązujących norm ziemniaków do przetwórstwa. Przeprowadzona analiza wariancji wskazuje na istotne różnice odmianowe w udziale bulw porażonych suchą zgnilizną, obitych, zdeformowanych i uszkodzonych przez drutowce.

WNIOSKI

1. Ocena skierowanych do przetwórstwa na frytki bulw ziemniaka wykazała, że dla badanych odmian sumaryczny udział wad zewnętrznych i wewnętrznych nie został przekroczony w stosunku do wartości dopuszczalnych.
2. Odnotowano wady, których udział był wyższy niż wartości dopuszczalne. Należły do nich: udział bulw zazielenionych, nadgniłych i zanieczyszczeń mineralnych.
3. Uzyskane wskaźniki wycelowania wartości średniej dla trzech parametrów (zazielenienia, bulwy nadgniłe, zanieczyszczenia mineralne) u każdej z odmian miały wartości ujemne co oznacza, że znacznie przekroczono dopuszczalny poziom danego parametru.
4. Wskaźniki przekraczające wartość '1' świadczą o wysokim stopniu pod kątem oceny suchej zgnilizny, pęknięcia i mechanicznego uszkodzenia bulw.
5. Ocena jakościowa odmian wykazała, że bulwy odmiany Fresco były najwyższej jakości, a odmiany Asterix i Innovator o najniższej jakości.

LITERATURA

- Chotkowski J. 2009. Polski katalog odmian ziemniaka. Wieś Jutra 301.
- Gruczek T. 2001. Technologia ziemniaka jadalnego i dla przetwórstwa spożywczego przy szerokości międzyrzędzi 75 cm. IHAR Jadwisin.
- Hamrol M., Mantura W. 2002. Zarządzanie jakością – teoria i praktyka. PWN Warszawa.
- Holenderski katalog odmian ziemniaka. 2007. NIVAP. Holland. www.nivap.nl.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk. Roln. 511: 81 — 94.

- Mozolewski W. 2005. Badania związków między jakością odmian ziemniaka a jakością chipsów i frytek. Rozpr. Monogr. UW–M Olszt.: 77.
- Piasecki M., Gruchała L., Sobiech S. 1996. Jakość surowca a właściwości sensoryczne frytek. W: Materiały Konferencji Naukowej nt.: Ziemniak jako surowiec do przetwórstwa spożywczego. 28–29 maja, Instytut Ziemniaka, Bonin. IZ, Bonin: 60 — 64.
- Sawicka B., Barbars P. 2011. Zależność jakości frytek od składu chemicznego bulw ziemniaka w ekologicznym i integrowanym. Dział: Nauki o Żywności i Żywieniu Tom 5, Zeszyt 1, ISSN 1897-7820.
- Sobol Z. 2006. Wpływ wybranych czynników na gęstość bulw ziemniaka. Acta Agrophys. 8/ 1: 219 — 228.
- Tajner-Czopek A. 2000. Konsystencja frytek ziemniaczanych w zależności od zawartości i składu polisacharydów w surowcu. Żywn. Nauka Technol. Jakość Supl. 25/4: 228 — 231.
- Zgórska K. 2002. Jakość ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa spożywczego. Ziemn. Pol. 4: 14 — 20.
- Zgórska K. 2004. Wymagania jakościowe wobec odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. Ziemn. Pol. 4: 26 — 28.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2000. Wpływ warunków w czasie wegetacji oraz temperatury przechowywania na cechy jakości ziemniaków przeznaczonych do przetwórstwa. Biul. IHAR 213: 239 — 251.
- Zgórska K., Frydecka-Mazurczyk A. 2002. Przydatność nowych polskich odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489: 347 — 354.

BARBARA KRZYSZTOFIK¹**KRZYSZTOF SUŁKOWSKI²**¹ Instytut Eksploatacji Maszyn Ergonomii i Procesów Produkcyjnych
Uniwersytet Rolniczy, Kraków² Top Farms „Głubczyce” Sp. z o.o.

Wpływ wybranych czynników na wartość indeksu mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa spożywczego

Effect of selected factors on the value of mechanical damage index of potato tubers destined for food processing

Celem pracy było wykazanie wpływu temperatury podczas zbioru i załadunku do przechowalni, pory dnia, miejsca w ciągu technologicznym na wartość indeksu uszkodzeń bulw. Badania prowadzono przez dwa kolejne lata, dla 22 odmian ziemniaka. Zbiór ziemniaków dokonywano w terminie 11.09–23.10.2010 oraz 22.08–19.10.2011 (termin od 22.08 do 23.10 podzielono na 7 okresów w odstępie dekadowym). Zbiór odbywał się w czasie całej doby, którą podzielono na 12 dwugodzinnych przedziałów czasowych oraz na zbiór w ciągu dnia (od godziny 8,00 do 20,00) i nocy (>20,00–<8,00). Temperatura podczas zbioru wynosiła od 4 do 27°C. Zakres pracy obejmował badanie wielkości uszkodzeń na poszczególnych etapach zbioru i załadunku ziemniaków (5 punktów pomiarowych: taśma separująca kombajnu, przyczepa, kosz zasypowy, taśma separująca sortownika, pryzma lub paleta skrzyniowa) w technologii zbioru jednoetapowego z zastosowaniem kombajnu GRIMME SE — 170. Uzyskane wyniki potwierdzają, że na wielkość uszkodzeń mechanicznych istotnie wpływa temperatura zbioru, czas w ciągu doby oraz stopień skomplikowania ciągów technologicznych podczas zbioru i załadunku. Niższe wartości uszkodzeń występują przy zbiorze ziemniaków podczas dnia, w godzinach od 10 do 16 i przy wzrastającej temperaturze bulw. Najwyższe wartości indeksu uszkodzeń odnotowano przy załadunku przyczep i zasypywaniu komory przechowalniczej w pryzmę.

Słowa kluczowe: indeks uszkodzeń, przechowalnia, transport, zbiór, ziemniaki

The aim of this study was to demonstrate the effect of the temperature during the collection and loading to the storage, time of day and phase in the technological flow on the mechanical damage index value. The study was conducted in two consecutive years for 22 varieties of potatoes. Potatoes were harvested in the periods: 11.09–23.10.2010 and 22.08–19.10.2011 (a period from 22.08 to 23.10 was divided into seven periods with 10 days interval). The collection took place during the whole day, divided into 12 two-hour time slots and on the set during the day (from 8.00 to 20.00 hours) and night. The temperature at harvest ranged from 4 to 27°C. Scope of work included examination of the extent of damage at different stages of potato harvesting and loading (5 points: separating belt of the harvester,

trailer, trash chute, separating belt of the sorter, pile or box pallet) in a single-stage harvest technology with the use of the combine GRIMME SE — 170. These results confirmed that the size of mechanical damage is significantly affected by the temperature, the time during the day and the complexity of production lines during harvesting and loading. Lower values of damage are obtained by harvesting potatoes during the day, between 10 and 16 and with increasing temperature of the tubers. The highest index value of damage was recorded at loading trailers and backfilling the chamber in the storage heap.

Key words: an index of damage, harvest, potato storage, transport

WSTĘP

Ubocznym, ale istotnym skutkiem mechanizacji zbioru i obróbki po zbiorze ziemniaków są mechaniczne uszkodzenia bulw. Wzrost stopnia mechanizacji na wszystkich etapach produkcji ziemniaka powoduje wzrost uszkodzeń bulw. Na uszkodzenia podczas zbioru ma wpływ wiele czynników pośrednich i bezpośrednich, do których należą cechy odmianowe, czynniki agrotechniczne a przede wszystkim czynniki związane z maszyną biorącą udział w procesie pozyskania i obróbki plonu skierowanego do przechowywania lub do zakładu przetwórstwa (Jabłoński, 2008; Jabłoński, Czerko, 1995; Szeptycki, 2002).

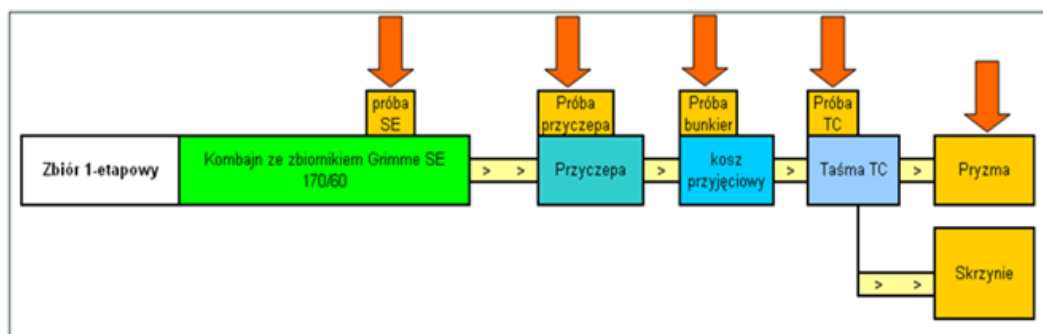
Nowoczesne technologie zbioru i przeładunku ziemniaków przewidują stosowanie wielu skomplikowanych maszyn, wyposażonych w rozwiązania, które z jednej strony zabezpieczają bulwy przed uszkodzeniem, a z drugiej strony duże ich obciążenie plonem zbieranym równocześnie z wielu rzędów i stopień ich złożoności generują te uszkodzenia. Za poziom uszkodzeń powstających w wyniku stosowanych maszyn odpowiada wysokość spadku bulw na kolejne elementy, rodzaj podłoża, na które spada, rodzaj powłok ochronnych na zespołach odsiewających, prędkości przenośników, głębokość pracy zespołów wyorujących, oraz inne czynniki (temperatura bulwy, rodzaj gleby, wysokość plonu czy cechy odmianowe) (Marks, 2009; Jabłoński, 1993; Marks i in., 1992; Marks i in., 1997 a, b; Marks i in., 2000). Słabym punktem podczas zbioru ziemniaków jest ich przeładunek ze zbiorników na środki transportu, przemy czy do palet skrzyniowych. Ponadto ziemniaki przed przekazywaniem z przechowalni do zakładu przetwórczego ponownie poddawane są procesowi sortowania, co wpływa na wzrost uszkodzeń bulw (Czerko, 2012).

Celem pracy było wykazanie wpływu temperatury podczas zbioru i załadunku do przechowalni, pory dnia, miejsca w ciągu technologicznym na wartość indeksu uszkodzeń bulw.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono przez dwa kolejne lata, dla 22 odmian ziemniaka. Zbioru ziemniaków dokonywano w terminie 11.09–23.10.2010 oraz 22.08–19.10.2011 (termin od 22.08 do 23.10 podzielono na 7 okresów w odstępie dekadowym). Zbioru dokonywano w czasie całej doby, którą podzielono na 12 dwugodzinnych przedziałów czasowych oraz na zbiór w ciągu dnia (od 8⁰⁰ do 20⁰⁰) i nocy (po 20⁰⁰ do 8⁰⁰). Temperatura podczas zbioru wynosiła od 4 do 27°C.

Zakres pracy obejmował badanie wielkości uszkodzeń na poszczególnych etapach zbioru i załadunku ziemniaków (5 punktów pomiarowych: taśma separująca kombajnu, przyczepa, kosz zasypowy, taśma separująca sortownika, pryzma lub paleta skrzyniowa) w technologii zbioru jednoetapowego z zastosowaniem kombajnu GRIMME SE — 170 (rys. 1).



Rys. 1. Miejsce pobrania prób w ciągu technologicznym zbioru i załadunku do przechowalni ziemniaków

Fig. 1. Sampling of potatoes within the technology flow of harvesting and loading to the storage

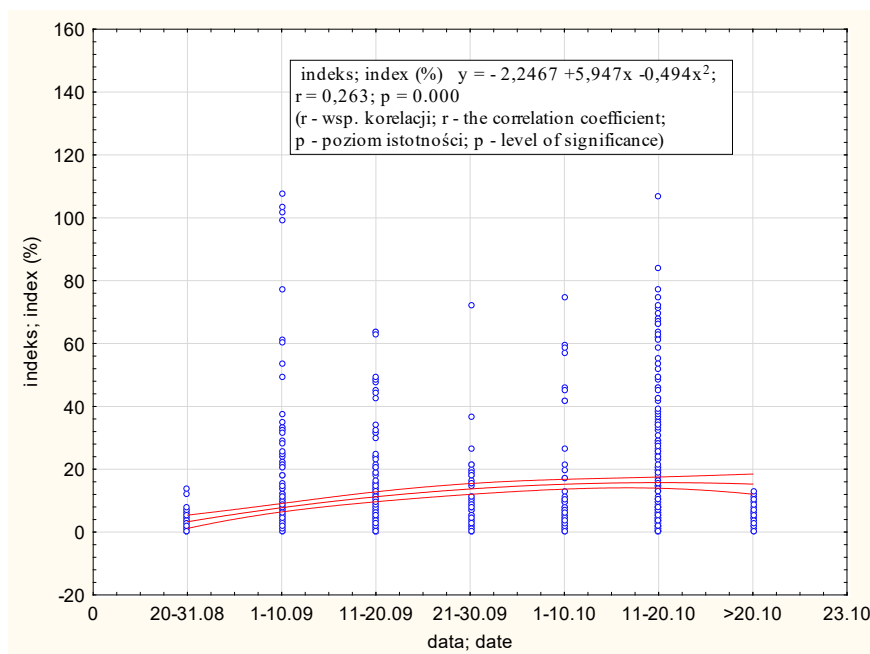
Wielkość mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka została wyrażona wskaźnikiem indeksu obić bulw odniesionym do 1 kg masy ziemniaków. Próby o liczebności 50 szt. pobierano zgodnie z obowiązującą metodyką w trzech powtórzeniach, w każdym punkcie pomiarowym zaznaczonym na rysunku 1 (Metodyka, 1999). Pobrane próby umieszczano w cieplarni laboratoryjnej na 12 godzin w temperaturze 32°C, następnie bulwy obierano mechanicznie, tak aby usunąć 90% skórki.

Każdy ziemniak oceniono na głębokość obicia, która decydowała o rodzaju stłuczenia. Bulwy mogły mieć więcej niż jedno stłuczenie. Jeśli po ścięciu dwóch plasterów ziemniaka obicie znikało to zaliczano je jako średnie, jeśli pozostawało to traktowano je jako mocne. Jeżeli na bulwie występowała kombinacja obić średnich i mocnych to kwalifikowano je jako oddzielną kategorię, zapisując liczbę i rozmiar obić przypadających na każdą bulwę.

Do obierania ziemniaków użyto obieraczki ręcznej z ostrzem w kształcie litery 'Y' i ścinającej za jednym ciecieniem plaster o grubości 3 mm. Indeks obić obliczony został poprzez pomnożenie masy bulw o średnich stłuczeniach przez 6 a o mocnych przez 14. Po obliczeniu indeksu wynik został podzielony przez masę bulw w próbie. Uzyskane wyniki opracowano statystycznie korzystając z programu Statistica 8, wyznaczając wartość funkcji (F). Za pomocą analizy wariancji w klasyfikacji pojedynczej sprawdzono wpływ badanych czynników (rok, pora dnia, godzina zbioru, termin zbioru, odmiana, temperatura bulwy podczas zbioru, miejsce pobrania próby) na wartość indeksu uszkodzeń. Dla wyznaczenia wpływu zmiennych przyczynowych takich jak temperatura, godzina zbioru i termin zbioru na wartość indeksu uszkodzeń zastosowano analizę regresji (y), obliczono współczynniki korelacji (r) oraz wartość istotności współczynników korelacji (p) przy założeniu, że zależność jest statystycznie istotna na poziomie $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Uzyskane z badań wyniki poddano analizie wariancji w klasyfikacji pojedynczej, która potwierdziła, że wszystkie zmienne przyczynowe (niezależne) istotnie wpływały na poziom indeksu uszkodzeń bulw. Analiza wpływu okresu zbioru wskazuje, że w początkowym okresie zbioru wartość indeksu była niska (nie przekraczała 10%) (rys. 2).

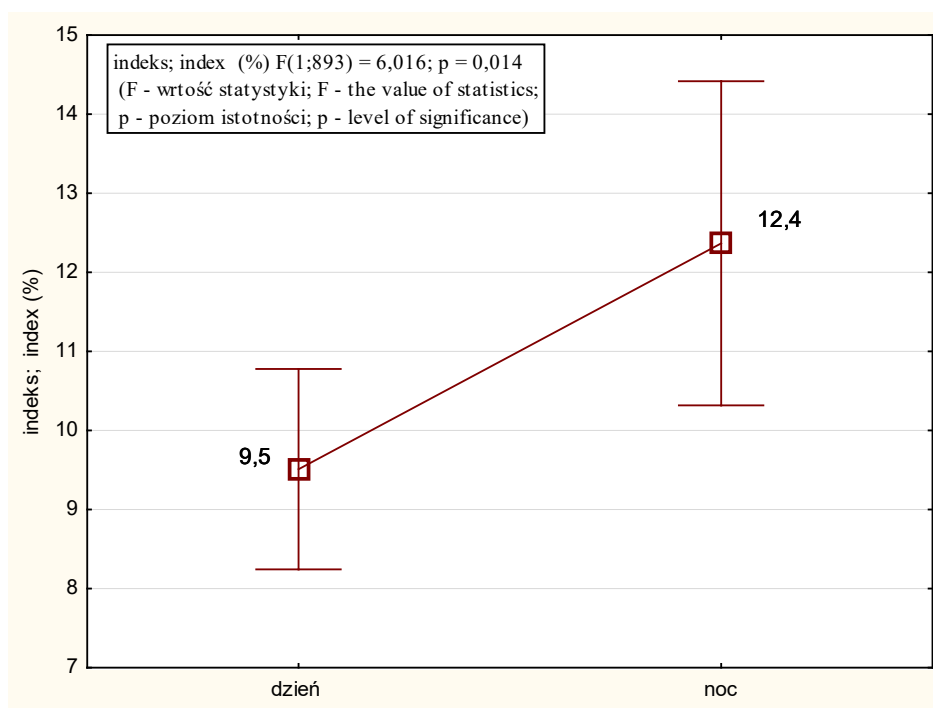


Rys. 2. Wpływ terminu zbioru na wartość indeksu uszkodzeń
Fig. 2. Influence of harvest time on the value of damage index

Wyższe wartości i stopniowy wzrost indeksu oraz większy jego rozrzut odnotowano w okresie od pierwszej dekady września do drugiej dekady października. Największy rozrzut wartości indeksu odnotowano w próbach bulw zbieranych w drugiej dekadzie października. W ostatniej dekadzie zbioru podobnie jak w pierwszej, wartość indeksu była niższa i nie przekraczała 20%. Zależność indeksu uszkodzeń od terminu zbioru choć statystycznie istotna, wskazuje na niską zależność korelacyjną. Potwierdzają to wyniki badań uzyskane przez wielu autorów, wykazujące że uszkodzenia bulw dojrzałych zależą przede wszystkim od temperatury podczas zbioru, w mniejszym stopniu od terminu zbioru (z terminem może być związana temperatura lub wilgotność gleby, które wpływają na uszkodzenia) (Marks, 2009; Jabłoński, 1993; Marks i in., 1992; Marks i in., 1997 a, b; Marks i in., 2000).

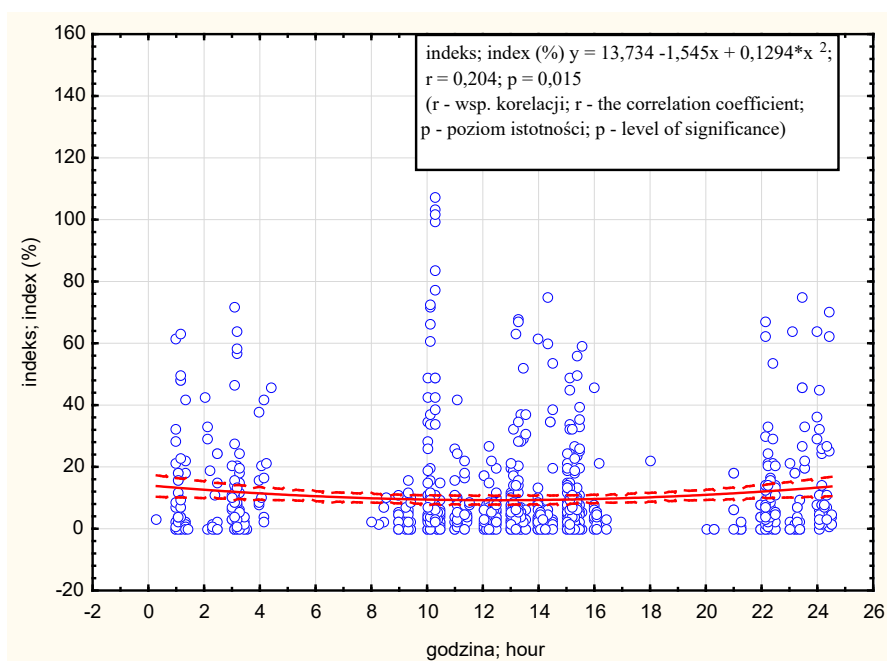
Średnie wartości indeksu uszkodzeń dla każdego punktu pomiarowego w ciągu technologicznym potwierdzają, że zbiór ziemniaków nocą (co ma często miejsce przy

uprawie ziemniaków na dużych arealach) wpływał na zwiększenie poziomu uszkodzeń (rys. 3).

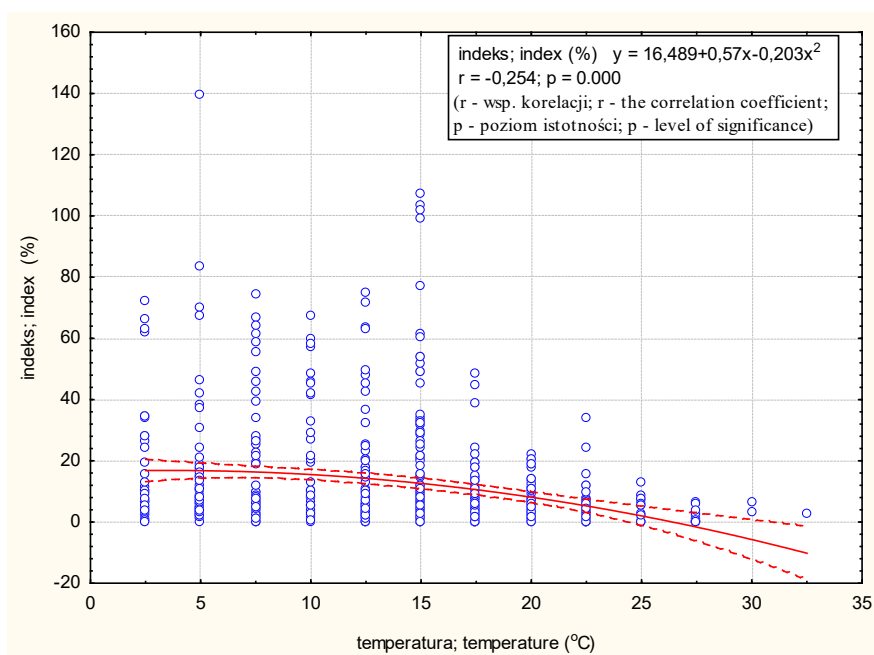


Rys. 3. Wpływ pory dnia na wartość indeksu uszkodzeń
Fig. 3. Influence of time of the day on the value of damage index

Taki efekt mógł być związany z dwoma czynnikami. Koncentracja i precyzja — jako czynnik ludzki — podczas wykonywania pracy w okresie nocnym są znacznie niższe co bezpośrednio może wpływać na parametry regulowane w maszynach oraz dobór minimalnych wysokości spadku bulw na środki transportu i w miejscu ich składowania. Kolejnym czynnikiem jest temperatura, jej różnice pomiędzy dniem a nocą wynosiły kilkanaście stopni. Wysokość temperatury nocą spadała poniżej wartości niezalecanych do zbioru ziemniaków ($<10^{\circ}\text{C}$). Różnica wartości średnich indeksu uszkodzeń (z punktów pomiarowych) pomiędzy dniem a nocą wynosiła 3 punkty procentowe, czyli uszkodzenia bulw nocą były o około 25% wyższe niż w ciągu dnia. Wyniki zaprezentowane na rysunkach 4 i 5 potwierdzają, że zbiór ziemniaków w godzinach porannych oraz nocnych, przy temperaturach niższych wpływa na wzrost indeksu uszkodzeń.



Rys. 4. Wpływ czasu na wartość indeksu uszkodzeń
Fig. 4. Influence of the time on the value of damage index

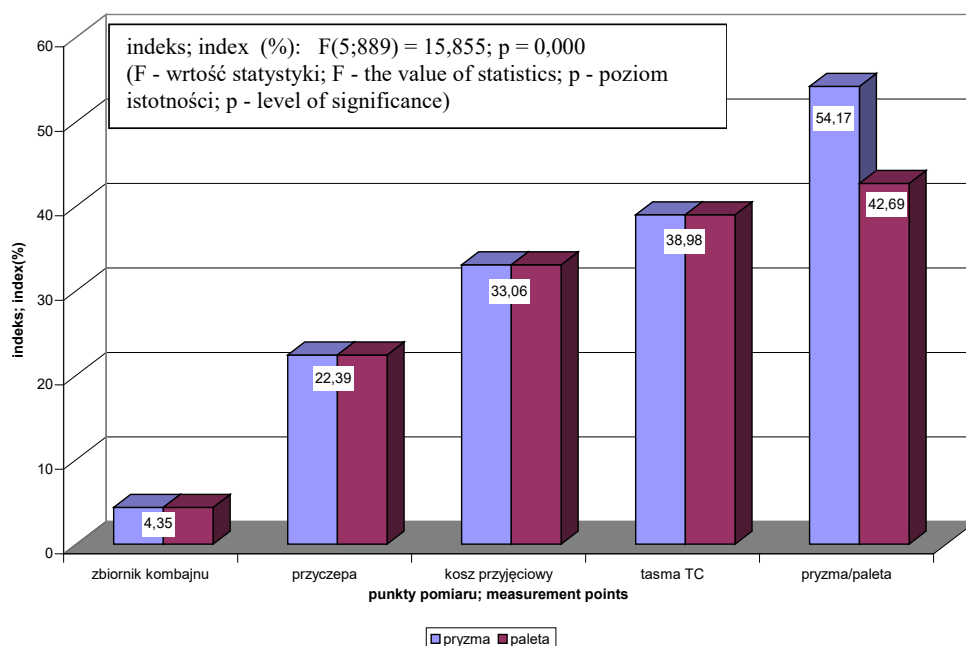


Rys. 5. Wpływ temperatury bulwy na wartość indeksu uszkodzeń
Fig. 5. Effect of the tuber temperature on damage index value

Marks na podstawie prowadzonych badań jednoznacznie podkreśla istotny wpływ temperatury na poziom uszkodzeń mechanicznych (1986). Obniżenie temperatury o 1°C w zakresie od 15–5°C powoduje wzrost uszkodzeń o 10% (Prośba-Białczyk i Spyra, 2011). Tak zbyt niskie jak i za wysokie temperatury wpływają na wzrost uszkodzeń. Według Lutomierskiej (2008) już przy temperaturach powyżej 20°C i niskiej wilgotności gleby poziom uszkodzeń wzrasta. Zaprezentowane w pracy wyniki nie potwierdzają tej prawidłowości, wzrost temperatury w całym odnotowanym przedziale wpływał na obniżenie indeksu uszkodzeń. Taki efekt prawdopodobnie był wynikiem uprawy ziemniaka na glebach zwięzłych (typowych dla woj. opolskiego), które zbyt szybko nie tracą wilgoci pomimo wzrostu temperatury i stanowią naturalną osłonę przed uszkodzeniem dla bulw. Krzywa opisująca zależność indeksu uszkodzeń od temperatury jest wielomianem drugiego stopnia. Uzyskano jednak niską wartość współczynnika korelacji pomiędzy zmienną przyczynową a zmienną zależną.

Również pomiędzy kolejnymi elementami w ciągu technologicznym załadunku i sortowania ziemniaków odnotowano istotne różnice poziomu uszkodzeń wyrażone wartością indeksu (rys. 6). Najwyższe wartości uszkodzeń odnotowano przy załadunku przyczep ze zbiornika kombajnu. W tym punkcie pomiarowym nastąpił wzrost uszkodzeń do 18% w stosunku do uszkodzeń jakie odnotowano dla bulw zgromadzonych w zbiorniku kombajnu. Wyładunek przyczepy do kosza przyjęciowego powodował wzrost indeksu uszkodzeń o kolejne 10,5%. Z kosza przyjęciowego na taśmę separującą — załadunkową odnotowano wzrost indeksu o niespełna 6%. Wraz ze zmianą sposobu załadunku do przechowalni odnotowano różne wartości indeksu uszkodzeń bulw ziemniaka. Słabym punktem w procesie technologicznym okazał się załadunek ziemniaków na pryzmę w przechowalni, wartość indeksu wzrosła o kolejne 15,2%. W efekcie zbioru, transportu, separacji i załadunku pryzmy w przechowalni odnotowano wysoki poziom uszkodzeń bulw, wyrażony indeksem uszkodzeń, który wyniósł 54,17%. Niższe wartości indeksu odnotowano przy załadunku palet skrzyniowych, wzrost o 3,7% w stosunku do taśmy separującej. Sumaryczny indeks uszkodzeń przy załadunku palety skrzyniowej był o 11,5% niższy w porównaniu z załadunkiem ziemniaków na pryzmę.

Problem uszkodzeń mechanicznych występujących w ciągach technologicznych zbioru, separacji i załadunku przechowalni jest przedmiotem szeregu badań prowadzonych przez Czerko (2010, 2011, 2012), który zaleca m. in., aby liczba maszyn biorących udział w procesach technologicznych była redukowana do niezbędnego minimum, a pojedyncze spadki bulw nie przekraczały 30 cm zaś suma spadków w całym ciągu technologicznym była niższa od 50 cm. Wraz z rozwojem technologii zbioru i obróbki pozbiorowej oraz wprowadzaniem wciąż nowych odmian do uprawy, konieczne jest analizowanie uszkodzeń bulw jakie powstają w procesach technologicznych.



Rys. 6. Wartość indeksu uszkodzeń na poszczególnych etapach zbioru i załadunku ziemniaków do przechowalni na pryzmę i do palety skrzyniowej
Fig. 6. Damage index value at various stages of harvesting and shipment of potatoes to storage in the heap and box pallets

WNIOSKI

1. Wszystkie wzięte do analizy czynniki wpływały istotnie na wielkość uszkodzeń mechanicznych. Uzyskane wartości współczynników korelacji wskazują na niskie ich oddziaływanie.
2. Odnotowano niższe wartości uszkodzeń przy zbiorze ziemniaków podczas dnia, w godzinach od 10 do 16 i przy wzrastającej temperaturze bulw.
3. Zbiór ziemniaków, separacja i załadunek do przechowalni wiąże się z powstawaniem uszkodzeń, które w zależności od miejsca w procesie technologicznym są wysoce zróżnicowane. Najwyższe wartości indeksu uszkodzeń odnotowano przy załadunku przyczep i zasypywaniu komory przechowalniczej w pryzmę. Stosowanie palet skrzyniowych wpływa na obniżenie w stosunku do załadunku przechowalni luzem indeksu uszkodzeń o 11,5%.

LITERATURA

Czerko Z. 2010. Czynniki powodujące powstawanie uszkodzeń mechanicznych na maszynach w przechowalni ziemniaków. Materiały konferencyjne. Tradycja i nowoczesność w produkcji ziemniaka, Jadwisin, 7–9 lipca: 59 — 60.

- Czerko Z. 2011. Wpływ mechanizacji prac przechowalniczych na uszkodzenia mechaniczne bulw ziemniaka. *Ziemn. Pol. IZ Bonin* 1: 43 — 47.
- Czerko Z. 2012. Urządzenia ograniczające uszkodzenia bulw podczas przeładunku stosowane w maszynach do produkcji ziemniaków. *Ziemniak Polski* 2: 33 — 39.
- Jabłoński K. 1993. Wpływ różnych czynników na uszkodzenia mechaniczne bulw. *Ziemniak Polski* 4: 25 — 32.
- Jabłoński K. 2008. Nowoczesne maszyny do zbioru ziemniaków. *Ziemniak Polski* 3: 28 — 38.
- Jabłoński K., Czerko Z. 1995. Zbiór i przechowywanie ziemniaków. Wyd. Fundacji „Rozwój SGGW” Warszawa 99.
- Lutomierska B. 2008. Wpływ opadów na odporność bulw ziemniaka na uszkodzenia mechaniczne w czasie zbioru. *Ziemniak Polski* 3: 40 — 43.
- Marks N. 2009. Mechaniczne uszkodzenia bulw ziemniaka. PTIR. Kraków: 117.
- Marks N., Baran P., Sobol Z. 1992. Wpływ czynników agrotechnicznych na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zbioru. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie* 11: 27 — 38.
- Marks N., Baran D., Baran P., Krzysztofik B., Sobol Z. 1997 a. Wpływ nowej techniki nawożenia na podstawianie mechanicznych uszkodzeń bulw oraz jakość zbieranego plonu ziemniaków. *Inż. Roln.* 1: 77 — 83.
- Marks N., Baran D., Baran P., Krzysztofik B., Sobol Z. 1997 b. Wpływ nowej techniki uprawy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka podczas zmechanizowanego zbioru. *Inż. Roln.* 1: 71 — 76.
- Marks N., Krzysztofik B., Sobol Z. 2000. Wpływ obciążenia bulw w masie na jej odporność mechaniczną. *Inż. Roln.* 8: 141 — 147.
- Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. 1999. Instrukcja IHAR, Jadwisin.
- Prośba-Białczyk U., Spyra B. 2011. Wpływ wybranych czynników środowiskowych na uszkodzenia mechaniczne bulw ziemniaka IV Konferencja Naukowa PTA 5–7 września 2011, SGGW w Warszawie agronomia w zrównoważonym rozwoju współczesnego rolnictwa 132 — 133.
- Szeptycki A. 2002. Efektywność postępu technicznego w technologiach towarowej produkcji ziemniaków. *Inż. Roln.* 1: 128.

EDWARD BERNAT

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy, Radzików
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Praktyczne wykorzystanie systemu decyzyjnego NegFry w uprawie ziemniaka

The practical use of decision support system NegFry in potato cultivation

Celem badań przeprowadzonych w latach 2010–2011 było porównanie ochrony chemicznej przeciw zaraze ziemniaka prowadzonej w systemie intensywnym oraz według systemu decyzyjnego (SD) NegFry. Badania przeprowadzono na polu produkcyjnym w Przytocku (woj. pomorskie) na średnio wczesnej, jadalnej odmianie ziemniaka Asterix. Porównywano następujące warianty ochrony przeciwko *Phytophthora infestans*: intensywny (start ochrony chemicznej na początku zwiernia się roślin w rzędzie, aplikacja fungicydów, co 5–10 dni); według SD NegFry (początek ochrony chemicznej oraz termin następnych aplikacji wg obliczeń systemu decyzyjnego) a kontrolę stanowiły poletka bez ochrony przeciwko zaraze ziemniaka. Na wariancie intensywnym w 2010 wykonano 11 aplikacji fungicydowych, a w 2011 roku — 9 zabiegów. Na polu, gdzie prowadzono ochronę chemiczną z wykorzystaniem systemu decyzyjnego NegFry, w obu latach badań wykonano po 6 zabiegów. Skuteczność ochrony chemicznej w obu badanych systemach (intensywny i NegFry), w każdym roku badań wynosiła powyżej 90%. Plon użytkowy (bulwy powyżej 30 mm) w wariantach, gdzie zastosowano ochronę chemiczną, był wyższy o 31,5–130% w porównaniu do kontroli.

Słowa kluczowe: ochrona chemiczna, system decyzyjny NegFry, zaraza ziemniaka, ziemniak

The aim of research conducted in 2010–2011 was to compare the chemical protection against potato late blight conducted in an intensive system, and by a decision support system (DSS) NegFry. Research was carried out in the field of production in Przytocko (north part of Poland) for mid-early, table potato variety Asterix. The following variants of protection against *Phytophthora infestans* were compared: intensive (chemical protection starts at the beginning of closing the plant in a row, the application of fungicides every 5–10 days); according to DSS NegFry (the beginning of chemical protection, and the next application deadline according to calculations of DSS) and control (no protection against potato late blight). The intensive variant in 2010 consisted of 11 fungicide applications and in the year 2011 — 9 treatments. In the field, where we conducted chemical protection by decision support system NegFry in both research years 6 treatments were performed. The effectiveness of chemical protection in both treatment variants (intensive and acc. NegFry) in each year of research was more than 90%. The marketable yield (tubers greater than 30 mm) in the variants, which use chemical protection, was higher by about 31.5–130% compared to control.

Key words: chemical protection, decision support system NegFry, late blight, potato

WSTĘP

Ziemniak jest rośliną uprawną atakowaną przez liczne choroby pochodzenia wirusowego, bakteryjnego lub grzybowego. Chorobą o największym znaczeniu gospodarczym jest zaraza ziemniaka, której sprawcą jest organizm grzybopodobny *Phytophthora infestans*.

Straty plonu wynikające z wystąpienia i rozwoju zarazy na plantacjach ziemniaka bez prowadzonej ochrony chemicznej wynoszą 70% (Oerke i in., 1994) a w skrajnych przypadkach mogą sięgać do 100% (Fry, 1994). W Polsce obserwuje się w ostatnich latach wzrost szkodliwości choroby i straty plonu sięgające powyżej 50% (Kapsa, 2004).

Podstawową metodą ochrony plantacji przed patogenami jest stosowanie optymalnej agrotechniki (przedplon, zdrowy sadzeniak, nawożenie organiczne i mineralne). Jednak w przypadku zarazy ziemniaka stosowanie metod agrotechnicznych okazuje się niewystarczające. W krajach o wysokim poziomie rolnictwa, podstawową metodą ochrony plantacji ziemniaka przed *P. infestans*, jest ochrona chemiczna, polegająca na wielokrotnych aplikacjach fungicydów od chwili wystąpienia pierwszych objawów choroby lub wcześniej (profilaktycznie) w odstępach 7–10 dniowych niezależnie od presji infekcyjnej. Takie podejście do ochrony ziemniaka prowadzi do tego, że liczba aplikacji fungicydowych waha się od 2 do nawet 19 (Hansen i in., 2008), co nie zawsze jest potrzebne, ponadto prowadzi do znacznego obciążenia środowiska naturalnego środkami ochrony roślin.

Nowoczesne podejście do ochrony wymaga wiarygodnego prognozowania i monitorowania wystąpienia tego patogena. Zastosowanie w ochronie ziemniaka różnych systemów decyzyjnych ma na celu bardziej precyzyjne określenie daty pierwszego i kolejnych zabiegów fungicydowych, aby zminimalizować ich ilość, przy jednoczesnym zachowaniu wysokiej skuteczności ochrony.

Celem badań przeprowadzonych w latach 2010–2011 było porównanie ochrony chemicznej przeciw zarazie ziemniaka prowadzonej w systemie intensywnym z systemem decyzyjnym (SD) NegFry.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono na polu produkcyjnym w Przytoku (woj. pomorskie) na średnio wczesnej, jadalnej odmianie ziemniaka Asterix, która charakteryzuje się niską odpornością na zarazę ziemniaka — ocena 3,5 wg skali 9-stopniowej. Porównywano następujące warianty ochrony przeciwko *P. infestans*:

- kontrola (bez ochrony przeciwko zarazie ziemniaka),
- intensywny — start ochrony chemicznej na początku zwierania się roślin w rzędzie, aplikacja fungicydów, co 5–10 dni,
- według SD NegFry — początek ochrony chemicznej oraz termin następnych aplikacji wg obliczeń systemu decyzyjnego. Do poprawnego działania SD NegFry potrzebny jest komputer z zainstalowanym oprogramowaniem oraz stacja meteorologiczna z możliwością odczytu w odstępach 1-godzinnych: temperatury i wilgotności powietrza

oraz ilości opadów. System decyzyjny na podstawie danych meteorologicznych oblicza tzw. dzienne jednostki ryzyka (DJR) i skumulowane jednostki ryzyka (SJR) wystąpienia zarazy ziemniaka. Na podstawie wieloletnich badań, w Polsce przekroczenie DJR powyżej wartości 7 i SJR powyżej wartości 130 świadczy o zagrożeniu wystąpienia zarazy ziemniaka na monitorowanym polu oraz konieczności wykonania zabiegu ochrony chemicznej (Hansen i in., 2002; Kapsa i in., 2005).

Sadzeniaki odmiany Asterix były wysadzane w 1. dekadzie maja, gdy temperatura gleby przekraczała 6°C i pozwalały na to warunki atmosferyczne w danym roku. Na wszystkich poletkach doświadczalnych stosowano pełną ochronę mechaniczną oraz chemiczną przeciwko chwastom i stoncy ziemniaczanej.

Obserwacje tempa i nasilenia rozwoju *Phytophthora infestans* na roślinach ziemniaka odmiany Asterix przeprowadzano w odstępach 7–10 dniowych od momentu wystąpienia pierwszych objawów choroby do całkowitego zniszczenia części nadziemnej, a w wariancie kontrolnym. Ocena wykonywana była wg skali 9-stopniowej, gdzie 9 oznacza pojedyncze plamy nekrotyczne i zniszczenie powierzchni asymilacyjnej do 0,5%, a 1 — całkowite zniszczenie rośliny (Pietkiewicz, 1972).

Na wariancie intensywnym w 2010 r. wykonano 11 aplikacji fungicydowych, a w 2011 r. — 9 zabiegów, podanych w tabeli 1.

Tabela 1

Zabiegi fungicydowe wykonane na poletkach w systemie intensywnym
Fungicide treatment performed on the plots in intensive system

Data Date	Fungicyd Fungicide	Dawka Dose (l-kg/ha)	Data Date	Fungicyd Fungicide	Dawka Dose (l-kg/ha)
2010			2011		
17.06.	Pyton Consent 450 SC	1,5	20.06.	Altima 500 SC	0,3
25.06.	Ditahne Neo Tec 75 WG	2,0	27.06.	Infinito 687,5 SC	1,5
05.07.	Infinito 687,5 SC	1,6	04.07.	Inter Optimum 72,5 WP	2,0
14.07.	Inter Optimum 72,5 WP	2,0	12.07.	Infinito 687,5 SC	1,6
26.07.	Infinito 687,5 SC	1,6	16.07.	Infinito 687,5 SC	1,6
04.08.	Pyton Consent 450 SC	2,0	24.07.	Revus 250 SC	0,6
10.08.	Infinito 687,5 SC	1,5	01.08.	Ranman TwinPack 400 SC	0,2+0,15
19.08.	Revus 250 SC	0,6	06.08.	Infinito 687,5 SC	1,6
27.08.	Altima 500 SC	0,4	10.08.	Ranman TwinPack 400 SC	0,2+0,15
30.08.	Inter Optimum 72,5 WP	2,0			
07.09.	Unikat 75 WG	2,0			

Na polu, gdzie prowadzono ochronę chemiczną wg systemu decyzyjnego NegFry, w obu latach badań wykonano po 6 zabiegów fungicydowych podanych w tabeli 2.

Kryterium oceny stanowiły:

- skuteczność ochrony chemicznej obliczano wg wzoru Abbotta (Püntener, 1981) obu wariantów ochrony chemicznej przeciwko zarazie ziemniaka (intensywny i wg DS NegFry) w porównaniu do kontroli (bez ochrony chemicznej przeciw zarazie ziemniaka),
- wielkość plonu handlowego (bulw o średnicy powyżej 30 mm) — z każdego wariantu doświadczenia (kontrola, intensywny i wg SD NegFry) pobierano po 4 próby bulw

potomnych odmiany Asterix z powierzchni 7,2 m² (ok. 30 krzaków). Uzyskany plon bulw z każdej próby był rozsortowany na frakcje poniżej 30 mm (odpad) i powyżej 30 mm (handlowy), następnie uzyskany plon handlowy przeliczano na tony z hektara (t·ha⁻¹).

Wyniki badań opracowano za pomocą analizy wariancji ANOVA.

Tabela 2

Zabiegi fungicydowe wykonane na poletkach według SD NegFry
Fungicide treatment performed on the plots according to DSS NegFry

Data Date	Fungicyd Fungicide	Dawka (l·kg/ha) Dose (l·kg/ha)	Data Date	Fungicyd Fungicide	Dawka (l·kg/ha) Dose (l·kg/ha)
2010			2011		
09.07.	Pyton Consento 450 SC	1,5	27.06.	Infinito 687,5 SC	1,5
26.07.	Infinito 687,5 SC	1,6	05.07.	Altima 500 SC	0,3
05.08.	Dithane Neo Tec 75 WG	2,0	14.07.	Pyton Consento	2,0
15.08.	Infinito 687,5 SC	1,6	24.07.	Revus 250 SC	0,6
26.08.	Dithane Neo Tec 75 WG	2,0	01.08.	Ranman TwinPack 400 SC	0,2+0,15
07.09.	Unikat 75 WG	2,0	10.08.	Ranman TwinPack 400 SC	0,2+0,15

WYNIKI I DYSKUSJA

W 2010 r. objawy porażenia roślin odmiany Asterix zaobserwowano po 44. dniach — 19 sierpnia a system decyzyjny (DS) NegFry „zalecał” wykonanie pierwszego zabiegu na dzień 6 lipca. Tak duża rozbieżność wynikała z przebiegu warunków meteorologicznych w sezonie wegetacyjnym w 2010 roku w Przytoku — skrajna susza od połowy czerwca do 2. dekady lipca.

Wpływ różnych systemów ochrony plantacji ziemniaka w roku 2010 na porażenie końcowe, skuteczność ochrony chemicznej oraz plon handlowy (bulwy powyżej 30 mm) przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3

Wpływ różnych systemów ochrony na porażenie końcowe, skuteczność ochrony i plon handlowy w 2010 roku

The influence of protection systems on the final infection, efficacy of protection and marketable yield in 2010

System ochrony Protection system	Liczba zabiegów Number of sprays	Porażenie końcowe zarazą ziemniaka — 3 września (%) Final infection by late blight — September 3 (%)	Skuteczność ochrony (%) Efficacy of protection (%)	Plon handlowy Marketable yield (t·ha ⁻¹)
Kontrola Control	0	97,0		30,2
Wg NegFry Acc. NegFry	6	0,7	99,3	44,1
Intensywny Intensive	11	0,3	99,7	39,7
NIR _{α=0,05} — LSD _{α=0,05}		5,6		9,1

W Przytocku, w sezonie wegetacyjnym w 2010 roku w wariancie kontrolnym krytyczne zniszczenie naci powyżej 50% (teoretyczny moment końca gromadzenia plonu pod krzakiem) nastąpiło po 12 dniach od zaobserwowania pierwszych objawów zarazy ziemniaka na roślinach a zniszczenie końcowe (97%) w dniu 3 września.

Natomiast porażenie końcowe roślin chorobą na obu wariantach ochrony chemicznej było na znikomym poziomie (0,3-0,9%). Skuteczność ochrony chemicznej prowadzonej według systemu intensywnego i NegFry była na bardzo wysokim poziomie i przekraczała 99%.

W wariancie kontrolnym (bez ochrony chemicznej przeciw zarazie ziemniaka) wielkość plonu handlowego wynosiła $30,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. W wariantach ochrony chemicznej (intensywny i wg NegFry) zaobserwowano istotny wzrost plonu bulw potomnych odmiany Asterix w porównaniu do kontroli, wzrost ten wynosił odpowiednio $13,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ i $9,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

W 2011 r. pierwsze objawy zarazy ziemniaka zaobserwowano w dniu 14 lipca a DS NegFry „zalecił” wykonanie pierwszego zabiegu 19 dni wcześniej — 25 czerwca. Kapsa i in. (2005) uzyskali podobne wyniki w warunkach poletkowych, gdzie DS NegFry zalecał wykonanie pierwszego zabiegu o 5–11 dni wcześniej niż faktyczny pojaw zarazy ziemniaka na roślinach.

Wpływ różnych systemów ochrony plantacji ziemniaka w roku 2011 na porażenie końcowe, skuteczność ochrony chemicznej oraz plon handlowy (bulwy powyżej 30 mm) przedstawiono w tabeli 4.

Tabela 4

Wpływ różnych systemów ochrony na porażenie końcowe, skuteczność ochrony i plon handlowy w 2011 roku

The influence of protection systems on the final infection, efficacy of protection and marketable yield in 2011

System ochrony Protection system	Liczba zabiegów Number of sprays	Porażenie końcowe zarazą ziemniaka — 10 sierpnia Final infection by late blight — August 10 (%)	Skuteczność ochrony Efficacy of protection (%)	Plon handlowy Marketable yield ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)
Kontrola Control	0	92,5		18,7
Wg NegFry Acc. NegFry	6	3,6	96,1	43,6
Intensywny Intensive	9	9,8	89,5	39,3
NIR $\alpha = 0,05$ LSD $\alpha = 0,05$		5,5		10,8

W sezonie wegetacyjnym pierwsze objawy porażenia roślin odmiany Asterix zaobserwowano w dniu 14 lipca. Krytyczne zniszczenia części nadziemnej roślin na poletkach kontrolnych (powyżej 50%) nastąpiło po 20 dniach a zniszczenie ponad 90% po 24 dniach (10 sierpnia). Skuteczność ochrony chemicznej prowadzonej wg systemu decyzyjnego NegFry (6 aplikacji fungicydowych) była na bardzo wysokim poziomie i wynosiła 96,1%, zaś skuteczność programu intensywnego (9 zabiegów) była nieznacznie niższa — 89,5%.

Zaobserwowano wzrost plonu handlowego bulw na polu produkcyjnym chronionym chemicznie przeciw zarazie ziemniaka wg systemu decyzyjnego NegFry o ponad 130%, zaś na ochronie intensywnej wzrost ten wynosił ponad 110% w porównaniu do kontroli (brak aplikacji fungicydowych).

WNIOSKI

1. Skuteczność ochrony chemicznej przed zarazą ziemniaka była na podobnym poziomie niezależnie od tego, czy zastosowano program intensywny (2010 r. — 11 aplikacji fungicydowych; 2011 — 9 aplikacji), czy też program wg zaleceń SD NegFry (6 aplikacji).
2. Zaobserwowano korzystny wpływ obu badanych wariantów (intensywny i wg NegFry) na ograniczenie porażenia roślin zarazą ziemniaka oraz wielkość plonu handlowego (bulwy powyżej 30 mm) w porównaniu do wariantu kontrolnego (bez ochrony chemicznej przeciwko *Phytophthora infestans*).

LITERATURA

- Fry W. E. 1994. Role of early and late blight suppression in potato pest management. In: Advances in potato pest biology and management. G. W. Zehnder, M. L. Powelson, R. K. Jansson, K. V. Raman. The American Phytopathology Society, St. Paul, Minesota, USA: 166 — 177.
- Hansen J. G. 1995. Meteorological dataflow and management for potato late blight forecasting in Denmark. SP Report, Danish Institute of Plant and Soil science, 10: 57 — 63.
- Hansen J. G., Anderson B., Bain S., Schmiedl J., Soellinger J., Richie F., Bucena L., Cakir E., Cooke L., Dubois L., Filippov A., Hannukkala A., Hausladen H., Hausvater E., Heldak J., Hermansen A., Kapsa J., Pliakhnevich M., Koppel M., Lees A., Musa T., Ronis A., Schepers H., Voglaar K., Vanhaverbeke P. 2008. The development of control Late Blight (*Phytophthora infestans*) in Europe in 2007 and 2008. Proceeding of the 9th Euro Blight Workshop. Special Report No. 13. Hamar, Norway 28–31 October: 11 — 30.
- Hansen J. G., Kleinhenz B., Jörk E., Wander J. G. N., Spits H. G., Dowley L. J., Rauscher E., Michelante D., Dubois L., Steenblock T. 2002. Result of validation trials of *Phytophthora* DSSs in Europe, 2001. Spec. Rep. No. 8, Edinburgh, Scotland, 26-30 September: 231-242.
- Kapsa J. 2004. Zmiany stanu zagrożenia i ochrony plantacji przed zarazą (*P. infestans*) w Polsce na tle krajów europejskich. Prog. in Plant Prot. Post. w Ochr. Roś. 44 (1): 129 — 37.
- Kapsa J., Bernat E., Kasprzak M. 2005. Przydatność systemu decyzyjnego NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą w różnych warunkach meteorologicznych. Biul. IHAR 237/238: 177 — 186.
- Oerke E. C., Dehne M. W., Schonbeck F., Weber A. 1994. Crop production and protection. Elsevier, Amsterdam.
- Pietkiewicz J. 1972. Badanie odporności ziemniaków na zarazę ziemniaczaną (*Phytophthora infestans* de Bary) na odciętych liściach. Biul. Inst Ziemn 9: 17 — 31.
- Püntener W. (red.). 1981. Podręcznik Doświadczalnictwa Polowego w Ochronie Roślin. [tłumaczenie i akceptacja Z. Ginter] Inst. Ochr. Roślin, Poznań: 39 — 41.

JOANNA SOBCZAK

Instytut Ochrony Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Poznaniu

Zmiany w dostępności substancji aktywnych w fungicydach na zapobieganie uodparniania się ważniejszych patogenów ziemniaka

Changes in availability of active substances in fungicides in light of resistance prevention in major potato pathogens

W ochronie ziemniaka przed najgroźniejszymi patogenami: *Phytophthora infestans* i *Alternaria* spp. dostępnych jest obecnie łącznie 59 fungicydów, wśród których 58 ma zastosowanie w ochronie przed zarazą, a zakres stosowania 28 środków obejmuje ochronę przed alternariozą. Zarejestrowane środki zawierają 22 różne substancje aktywne, w obrębie których można wyróżnić substancje o wielu różnych mechanizmach działania. Liczba dostępnych substancji aktywnych porównując 2012 r. z 2001 r. znacząco się nie zmieniła. Część substancji i zawierających je środków ochrony roślin stosowanych przed przystąpieniem Polski do Unii Europejskiej została wycofana. Od tamtego czasu zarejestrowano również inne substancje, które nie były dotychczas zarejestrowane lub nie miały zastosowania w ochronie ziemniaka. Wśród dostępnych obecnie na rynku polskim substancji aktywnych część znajduje się w grupach wysokiego ryzyka wystąpienia odporności. Środki ochrony roślin zawierające substancje aktywne, które mogą stwarzać ryzyko powstania odporności zawierają zazwyczaj drugą substancję różniącą się mechanizmem działania, co stanowi ważny element strategii zapobiegania odporności. Asortyment dostępnych obecnie na rynku polskim substancji aktywnych i środków ochrony roślin często zawierających dwie różniące się działaniem substancje aktywne pozwala na prowadzenie ochrony ziemniaka w sposób ograniczający ryzyko uodparniania się patogenów, umożliwiając właściwy dobór i rotację fungicydów.

Słowa kluczowe: alternarioza, fungicydy, ochrona ziemniaka, odporność, substancje aktywne, zaraza

There are 59 fungicides available for potato protection against the most dangerous pathogens: *Phytophthora infestans* and *Alternaria* spp. altogether. 58 of them have application in protection against late blight. The ranges of use of 28 fungicides include protection against early blight. Plant protection products placed on the market contain 22 different active substances and lots of them have various modes of action. The number of active substances and plant protection products hasn't changed a lot comparing year 2012 with 2001. Some of substances and plant protection products used before Poland's accession to European Union were withdrawn. Some substances new in potato protection were registered after this time. Some of active substances available on the Polish market are in high resistance risk groups. Plant protection products containing active substances with a risk of resistance usually contain also other substance with different mode of action, what is an important element of resistance prevention strategy. The actual assortment of active substances and plant protection products placed on the Polish market, availability of products with two active substances with different modes of action allow to protect potato in a way that is limiting resistance risk, when the right choice and rotation of fungicides are applied.

Key words: active substances, early blight, fungicides, late blight, potato protection, resistance

WSTĘP

Polska jest znaczącym producentem ziemniaka, choć w ostatnich latach obserwowany jest spadek powierzchni uprawy. W 2010 roku areał uprawy ziemniaka wyniósł 388 tysięcy hektarów i w porównaniu z 2000 rokiem zmniejszył się o prawie 70% (GUS, 2011). Zmniejszająca się powierzchnia uprawy wiąże się z dużym zapotrzebowaniem rynku na ziemniaki i koniecznością uzyskania przez rolników wysokich plonów z hektara. Ziemniak, podobnie jak inne rośliny uprawne narażony jest na porażenie przez wiele patogenów. Najgroźniejszymi sprawcami chorób występującymi na plantacjach ziemniaka i wywołującymi choroby prowadzące do znacznych strat ilościowych i jakościowych plonu są patogeny: *Phytophthora infestans*, powodujący zarazę ziemniaka oraz *Alternaria* spp. — *Alternaria solani* i *Alternaria alternata*, powodujące odpowiednio suchą plamistość liści i brunatną plamistość liści lub ogólnie mówiąc alternariozę ziemniaka. Straty plonu powodowane przez zarazę ziemniaka na plantacjach niechronionych mogą być rzędu 60–70% (Kapsa, 2009), a przez alternariozę mogą dochodzić do 50% (Osowski, 2007). Aby nie dopuścić do tak dużych strat niezbędne jest prowadzenie odpowiedniej ochrony chemicznej. Ochrona ziemniaka przed chorobami wymaga zazwyczaj wykonywania wielu zabiegów ochrony roślin. Wiąże się to z ryzykiem uodparniania się sprawców chorób na substancje aktywne. Aby zapobiec temu zjawisku ważny jest właściwy dobór fungicydów, przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o odmiennym mechanizmie działania. Wśród dostępnych obecnie na rynku polskim substancji aktywnych część znajduje się w grupach FRAC (Fungicide Resistance Action Committee) o wysokim ryzyku wystąpienia odporności. Należą do nich następujące substancje: benalaksyl, metalaksyl, metalaxyl-M (grupa A1 wg klasyfikacji FRAC), famoksat, fenamidon, piraklostrobina (grupa C3 wg klasyfikacji FRAC) (FRAC, 2012 [I]). Opisane zostały przypadki wystąpienia odporności grzyba *Phytophthora infestans* na niektóre substancje z grup A1 oraz przypadki odporności grzyba *Alternaria* spp. na niektóre substancje z grupy C3 (FRAC, 2012 [II]). Wyniki prac prowadzonych w Polsce w latach 80. i 90. potwierdzają możliwość uodparniania się grzyba *Phytophthora infestans* na metalaksyl (Kapsa, 1992).

Celem niniejszej pracy była ocena możliwości realizacji strategii zapobiegania odporności patogenów ziemniaka poprzez właściwy dobór fungicydów, przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne o odmiennym mechanizmie działania. W pracy sprawdzono dostępność substancji aktywnych i środków ochrony roślin stosowanych w ochronie ziemniaka Polsce w 2001 i 2012 roku ze wskazaniem tych substancji, które znajdują w grupach większego ryzyka wystąpienia odporności.

MATERIAŁ I METODY

Przeanalizowano Zalecenia Ochrony Roślin na lata 2002–2003 (Instytut Ochrony Roślin, 2001) oraz wykaz fungicydów dopuszczonych do ochrony ziemniaka w Polsce w dniu 01.06.2012 roku dostępny na stronach internetowych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi, 2012), w celu porównania jakie możliwości ochrony ziemniaka przed zarazą i alternariozą istniały w 2001 i 2012 roku. Na tej podstawie sporządzono wykaz substancji aktywnych dopuszczonych do stosowania w roku 2001 i 2012 roku wraz z zawierającymi je środkami ochrony roślin. Dla każdej podanej substancji aktywnej przedstawiono klasyfikację według FRAC (FRAC, 2012 [I]), która obejmuje ogólny mechanizm działania danej substancji aktywnej (MOA code - mode of action) oznakowany literą oraz miejsce działania w danym szlaku biochemicznym oznakowane cyfrą. FRAC kwalifikuje poszczególne substancje aktywne do różnych grup ryzyka powstania odporności. Na podstawie danych FRAC poszczególne substancje zostały opisane pod względem ryzyka uodpornienia się grzybów. Należy jednak zaznaczyć, że informacja o ryzyku wystąpienia odporności odnosi się do różnych patogenów, niekoniecznie porażających uprawy ziemniaka. W niniejszej pracy największą uwagę poświęcono substancjom aktywnym znajdującym się w grupach ryzyka, dla których stwierdzono opisane przez FRAC przypadki wystąpienia odporności sprawców alternariozy i zarazy ziemniaka.

WYNIKI I DYSKUSJA

Obecnie w Polsce łącznie zarejestrowanych jest 59 fungicydów, których zakres stosowania obejmuje ochronę ziemniaka przed alternariozą (28 środków) i/lub zarazą ziemniaka (58 środków). Zarejestrowane fungicydy zawierają 22 różne substancje aktywne, wśród których można wyodrębnić wiele różnych mechanizmów działania. W 2001 roku w ochronie ziemniaka przed zarazą w Polsce dostępne były 62 fungicydy, których zakres stosowania obejmował ochronę ziemniaka przed zarazą, wśród których 25 miało również zastosowanie w ochronie przed alternariozą. Środki zawierały 24 różne substancje aktywne (tab. 1).

Część substancji aktywnych stosowanych w ochronie ziemniaka w 2001 roku została wycofana w wyniku przeglądu substancji aktywnych po przystąpieniu Polski do Unii Europejskiej i wejściu w życie dyrektywy 91/414/EWG. Do takich substancji należą: octan fentinu, ofurace, oksadiksyl, oksyna salicylomiedziowa, wodorotlenek fentinu. Warto zaznaczyć, że w wyniku przeglądu ze stosowania w ochronie roślin wycofano 74% z około 1000 substancji aktywnych poddanych przeglądowi (Matyjaszczyk i Sobczak, 2010). Kilka substancji stosowanych obecnie w ochronie ziemniaka nie było dostępnych lub nie miało zastosowania w ochronie ziemniaka w 2001 roku. Do tych substancji należą: bentiowalikarb, cyjazofamid, fluopikolid, mandipropamid, piraklostrobina.

Tabela 1

Substancje aktywne i środki ochrony roślin je zawierające stosowane w ochronie ziemniaka przed zarazą i alternariozą w 2001 i 2012 roku

Active substances and plant protection products, used in potato protection against late blight and early blight in 2001 and 2012 year

Substancja aktywna Active substance	Środki ochrony roślin dostępne na polskim rynku w 2001 roku Plant protection products available on the Polish market in 2001	Środki ochrony roślin dostępne na polskim rynku w 2012 roku (na dzień 01.06.2012). Plant protection products available on the Polish market in 2012 (at day 01.06.2012).
1	2	3
Benalaksyl	**Galben M 73 WP, **Galben Rame 37 WP	**Galben M 73 WP, **Mohican 73 WP
Bentiowalikarb	-	**Valbon 72 WG
Chlorotalonil	<i>Bravo 75 WG, Bravo 500 SC, Bravo Plus 500 SC, Clortosip 500 SC, Gwarant 500 SC, **Tattoo C 750 SC</i>	Banko 500 SC, Gwarant 500 SC
Cyjazofamid	-	Ranman 400 SC TwinPack
Cymoksanil	**Curzate Cu 49,5 WP, **Curzate M 72,5 WP, ***Ripost M 67,2 WP, **Tanos 50 WG, **Toska 72,5 WP	**Agria-FamoCymo 50 WG, **Curzate Cu 49,5 WP, **Curzate M 72,5 WP, **Curzate Top 72,5 WG, Drum 45 WG, **Ekonom MC 72,5 WP, **Helm Cymi 72,5 WP, **Inter Optimum 72,5 WP, **Kursor 72,5 WG, **Micexanil 76 WP, **Navaho 50 WG, **Solace M 72,5 WG, **Tanos 50 WG, **Tewa 50 WG, **Toska 72,5 WP
Dimetomorf	**Acrobat MZ 69 WP, **Invader 742 WG	**Acrobat MZ 69 WG, **Cabrio Duo 112 EC
Famoksat	**Tanos 50 WG	**Agria-FamoCymo 50 WG, **CLIP SuperKontakt 69 WG, **Navaho 50 WG, **Tanos 50 WG, **Tewa 50 WG
Fenamidon	**Pyton 60 WG	**Pyton 60 WG, **Pyton Consento 450 SC
Fluazynam	<i>Altima 500 SC</i>	<i>Altima 500 SC, Jetlan 500 SC, Nando 500 SC, Zignal 500 SC</i>
Fluopikolid	-	**Infinito 687,5 SC
Folpet	<i>Folpan 80 WG</i>	<i>Folpan 80 WG</i>
Iprowalikarb	**Melody Med 69 WG, **Melody Med. 69 WP	-
Kaptan	Captan 50 WP, Merpan 50 WP	Merpan 500 SC
Maneb	Brestan 72 WP	-
Mandipropamid	-	Revus 250 SC
Mankozeb	**Acrobat MZ 69 WP, Dithane M-45 80 WP, Dithane 75 WG, Dithane 455 SC, **Galben M 73 WP, **Galben Rame 37 WP, Indofil 80 WP, **Invader 742 WG, Manconex 80 WP, **Mankuprox 50 WP, **Melody Med 69 WG, **Melody Med. 69 WP, Novozir MN 80 WP, **Patafol MZ 70 WP, Penncozeb 80 WP, Penncozeb 75 WG, Penncozeb 455 SC, Pennfluid 420 SC, **Pennstan 68 WP, **Planet 72 WP, **Pretor 550 SC, **Pyton 60 WG, **Ridomil MZ 72 WP, **Ridomil Gold MZ 68 WP, ***Ripost M 67,2 WP, Sancozeb 80 WP, **Sandofan Manco 64 WP, **Tattoo 550 SC, **Toska 72,5 WP, **Unikat 75 WG, Vondozeb 75 WG	**Acrobat MZ 69 WG, **Armetil M 72 WP, **CLIP SuperKontakt 69 WG, **Crocodyl MZ 67,8 WG, **Curzate M 72,5 WP, **Curzate Top 72,5 WG, Dithane NeoTec 75 WG, **Ekonom 72 WP, **Ekonom MC 72,5 WP, **Ekonom MM 72 WP, **Galben M 73 WP, **Helm Cymi 72,5 WP, Indofil 80 WP, **Inter Optimum 72,5 WP, **Konkret Mega 72 WP, **Kursor 72,5 WG, Mac-Mankozeb 75% WG, **Micexanil 76 WP, **Mohican 73 WP, Penncozeb 80 WP, **Planet 72 WP, **Pyton 60 WG, **Ridomil Gold MZ 67,8 WG, **Rywal 72 WP, Sancozeb 80 WP, **Solace M 72,5 WG, **Toska 72,5 WP, **Unikat 75 WG, **Valbon 72 WG, Vondozeb 75 WG

c. d. Tabela 1

1	2	3
Metalaksyl	***Kupromet 45 WG, ***Kupromet 45 WP, **Planet 72 WP, **Ridomil MZ 72 WP	**Armetil M 72 WP, **Ekonom 72 WP, **Ekonom MM 72 WP, **Konkret Mega 72 WP, **Planet 72 WP, **Rywal 72 WP
Metalaksyl-M	**Ridomil Gold MZ 68 WP	**Crocodyl MZ 67,8 WG, **Ridomil Gold MZ 67,8 WG
Metiram	Polyram 70 WG, Polyram Combi 70 WP	Polyram 70 WG
Miedź	Champion 50 WP, **Curzate Cu 49,5 WP, **Curzate M 72,5 WP, Funguran-OH 50 WP, Kocide 101 WP, ***Kupromet 45 WG, ***Kupromet 45 WP, Mag 50 WP, **Mankuprox 50 WP, Miedzian 50 WP, Miedzian 50 WG, Miedzian Extra 350 SC	Champion 50 WP, Cuproflow 375 SC, Cuproxat 345 SC, **Curzate Cu 49,5 WP, Funguran Easy 50 WP, Mag 50 WP, Miedzian 50 WP, Neoram 37,5 WG, Nordox 75 WG
Octan fentinu	**Pennstan 68 WP	-
Ofurace	**Patafol MZ 70 WP	-
Oksadiksyl.	***Ripost M 67,2 WP, **Sandofan Manco 64 WP	-
Oksyna salicylomiedziowa	***Kupromet 45 WG, ***Kupromet 45 WP, Kuprosal 60 WP	-
Piraklostrobina	-	**Cabrio Duo 112 EC
Propamokarb	**Pretor 550 SC, Previcur 607 SL, Spinaker 607 SL, **Tattoo 550 SC, **Tattoo C 750 SC	**Infinito 687,5 SC, **Pyton Consento 450 SC
Propineb	Antracol 70 WG, Antracol 70 WP	Antracol 70 WG
Wodorotlenek fentinu	Brestanid 502 SC	-
Zoksamid	**Unikat 75 WG	**Unikat 75 WG

** Środki zawierające 2 substancje aktywne; ** Products containing 2 active substances

*** Środki zawierające 3 substancje aktywne; *** Products containing 3 active substances

Czcionka wytłuszczona — Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed zarzą; **In bold** — Products used in potato protection against late blight

Kursywa — Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka zarówno przed zarzą jak i alternariozą; *In italic* —

Products used in potato protection against late blight as well as early blight

Podkreślenie — Środki mające zastosowanie w ochronie ziemniaka przed alternariozą; Underline — Products used in potato protection against early blight

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi, Zaleceń Ochrony Roślin, wydawanych przez Instytut Ochrony Roślin PIB

Source: Own study based on data from Ministry of Agriculture and Rural Development and Plant Protection

Recommendations published by Plant Protection Institute – National Research Institute

Sześć dostępnych obecnie na polskim rynku substancji aktywnych znajduje się w grupie większego ryzyka wystąpienia odporności (benalaksyl, famoksat, fenamidon, metalaksyl, metalaksyl-M, piraklostrobina) (tab. 2).

Benalaksyl, metalaxyl i metalaksyl-M (fenyloamidy) zgodnie z klasyfikacją FRAC znajdują się w grupie A1 (FRAC, 2012 [I]). Są to substancje o działaniu systemicznym. Mechanizm działania substancji z grupy A1 związany jest zakłócaniem syntezy kwasów nukleinowych, a konkretnym miejscem działania jest niezbędny w procesie transkrypcji enzym polimeraza RNA.

W latach 80. i 90. były doniesienia w Polsce o odporności grzyba *Phytophthora infestans* na metalaksyl (Kapsa, 1992). Zgodnie z danymi FRAC są opisane przypadki odporności grzyba *P. infestans* na fungicydy z grupy fenyloamidów. Odporność na metalaksyl stwierdzono w Holandii (FRAC 2012 [II]; Davidse i in., 1981, 1983) oraz w

Nowej Zelandii (FRAC, 2012 [II], Hartill i in. 1983). Na podstawie prowadzonego w niektórych krajach Europy Zachodniej w latach 2003-2006 monitoringu stwierdzono wzrost udziału form odpornych grzyba *P. infestans* na substancje z grupy A1 (FRAC 2012 [III]).

Tabela 2

**Klasyfikacja substancji aktywnych wg FRAC (Fungicide Resistance Action Committee),
z zaznaczeniem własnej modyfikacji dostosowanej do polskich warunków**
**Active substances classification by FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), with own
modification marking adapted to Polish conditions**

Substancja aktywna Active substance	Grupa chemiczna Chemical group	Klasyfikacja wg mechanizmu działania Classification by mode of action	Ryzyko wystąpienia odporności Resistance risk
Benalaksyl	acyloalaniny	A1	wysokie
Bentiowalikarb	karbaminiany	H5	niskie do średniego
Chlorotalonil	ftalany	„Multi-site”/M	niskie
Cyjazofamid	cyjanoimidazole	C4	nie znane, przypuszczalnie średnie do wysokiego
Cymoksanil	iminoacetylomoczniki	Mechanizm działania nie znany	niskie do średniego
Dimetomorf	pochodne kwasu cynamonowego	H5	niskie do średniego
Famoksat	oksazolidyny	C3	wysokie
Fenamidon	imidazolinony	C3	wysokie
Fluazynam	pochodne aniliny	C5	niskie
Fluopikolid	acylpikolidy	B5	nie znane
Folpet	ftalimidy	„Multi-site”/M	niskie
Iprowalikarb	Pochodne kwasu walinokarbaminowego	H5	niskie do średniego
Imazalil	imidazole	G1	średnie
Kaptan	ftalimidy	„Multi-site”/M	niskie
Maneb	ditiokarbaminiany	„Multi-site”/M	niskie
Mandipropamid	amidy	H5	niskie do średniego
Mankozeb	ditiokarbaminiany	„Multi-site”/M	niskie
Metalaksyl	acyloalaniny	A1	wysokie
Metalaksyl-M	acyloalaniny	A1	wysokie
Metiram	ditiokarbaminiany	„Multi-site”/M	niskie
Miedź	nieorganiczne	„Multi-site”/M	niskie
Octan fentinu	metaloorganiczne	C6	niskie do średniego
Ofurace	fenyloamidy	A1	wysokie
Oksadiksyl	fenyloamidy	A1	wysokie
Oksyna salicylomiedziowa	metaloorganiczne	Nie opisano	nie opisane
Piraklostrobina	strobiluryny	C3	wysokie
Propamokarb	pochodne kwasu karbaminowego	F4	niskie do średniego
Propineb	ditiokarbaminiany	„Multi-site”/M	niskie
Wodorotlenek fentinu	metaloorganiczne	C6	niskie do średniego
Zoksamid	benzamidy	B3	niskie do średniego

Wytłuszczenie — Substancje aktywne, które obecnie nie są dostępne na polskim rynku

In bold — Active substances not available at present on the Polish market

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych FRAC

Source: Own study based on data from FRAC

Obecnie zarejestrowanych jest nieco więcej fungicydów zawierających metalaksyl (6 środków) i metalaksyl-M (2 środki) w porównaniu z rokiem 2001, kiedy zarejestrowane

były 4 środki z metalaksylem i 1 środek z metalaksylem-M. Liczba środków z benalaksylem nie zmieniła się. W 2001 roku na rynku polskim dostępne były jeszcze 2 substancje aktywne o działaniu systemicznym z grupy fenyloamidów: ofurace (1 środek zawierał tę substancję) i oksadiksyl (2 środki zawierały tę substancję). Warto zaznaczyć, że fungicydy zawierające substancje aktywne z grupy A1 zawierają w swoim składzie drugą substancję różniącą się mechanizmem działania, co stanowi ważny element strategii zapobiegania odporności (tab. 1, 2).

Kolejne substancje zakwalifikowane przez FRAC do grupy wysokiego ryzyka powstania odporności to substancje z grupy C3: famoksat (o działaniu kontaktowym), fenamidon (o działaniu wgłębnym), piraklostrobina (o działaniu lokalnie systemicznym i translaminarnym). Mechanizm działania substancji z tej grupy związany jest z zakłócaniem procesu oddychania, a konkretnym miejscem działania jest kompleks oksydoreduktazy ubichinon-cytochrom c, odgrywający istotną rolę w przenoszeniu elektronów w łańcuchu oddechowym. Ostatnie doniesienia o odporności grzyba *Alternaria alternata* na substancje z grupy C3 pochodzą z monitoringu prowadzonego przez FRAC w 2011 roku. Odporność stwierdzono w próbach pochodzących z Niemiec, Holandii, Szwajcarii, Polski i Czech (FRAC, 2012 [II], FRAC, 2011).

Zgodnie z danymi FRAC istnieją również opisane przypadki odporności grzyba *Alternaria solani*. Odporność na różne substancje z grupy C3 stwierdzono i opisano w Stanach Zjednoczonych (FRAC 2012 [II], Pasche i in., 2002, 2004, 2005; Pasche i Gudmestad, 2008). Warto zaznaczyć, że zarejestrowane obecnie substancje z grupy C3 należą do trzech różnych grup chemicznych, a reprezentują jeden wspólny mechanizm działania. Liczba zarejestrowanych środków zawierających famoksat (5 środków) i fenamidon (2 środki) jest większa w porównaniu z rokiem 2001, kiedy dostępny był 1 środek zawierający famoksat i 1 środek z fenamidonem. Jedenaście lat temu nie było w ochronie ziemniaka środków zawierających piraklostrobinę. Wszystkie zarejestrowane obecnie środki zawierające w swoim składzie substancję aktywną z grupy C3 zawierają również inną substancję różniącą się mechanizmem działania.

FRAC opisuje również przypadki odporności grzyba *P. infestans* na substancje znajdujące się w grupie H5 klasyfikowanej jako stwarzającej ryzyko powstania odporności niskie do średniego. Przykładowo odporność na dimetomorf stwierdzono w Rosji (FRAC 2012 [II], Dereviagina i in., 1999). Warto jednak zaznaczyć, że prowadzony w latach 2008-2011 w Europie monitoring odporności nie wykazał wystąpienia żadnych form odpornych *P. infestans* na substancje z grupy H5 (FRAC, 2012 [IV]). Na rynku polskim dostępne są obecnie 3 substancje z grupy H5, należące do trzech różnych grup chemicznych, reprezentujące jeden wspólny mechanizm działania (bentiowalikarb, dimetomorf, mandipropamid) związany z inhibicją syntezy celulozy. Są to substancje o działaniu wgłębnym. W 2001 roku nie było zarejestrowanych środków zawierających bentiowalikarb i mandipropamid, a liczba środków zawierających dimetomorf była taka sama jak w 2012 roku (2 środki). Dostępne obecnie środki zawierające substancje z grupy H5 za wyjątkiem fungicydu Revus 250 SC zawierają również inną substancję różniącą się mechanizmem działania. W 2001 roku zarejestrowane były jeszcze 2 środki zawierające niedostępną obecnie na polskim rynku substancję aktywną z grupy H5 — iprowalikarb, działającą systemicznie.

Biorąc pod uwagę ryzyko uodporniania się grzybów *P. infestans* i *Alternaria* spp. na niektóre substancje aktywne stosowane w ochronie ziemniaka warto przyjrzeć się pozostałym możliwościom ochrony przed tymi patogenami analizując liczbę dostępnych pozostałych substancji aktywnych.

W ochronie ziemniaka przed zarazą ziemniaka oprócz omawianych wcześniej substancji aktywnych (benalaksyl, bentiowalikarb, dimetomorf, famoksat, fenamidon, mandipropamid, metalaksyl, metalaksyl-M, piraklostrobina) zastosowanie mają obecnie również inne substancje o działaniu systemicznym: propamokarb (2012 rok — 2 środki, 2001 rok — 5 środków); węglbnym: cymoksanil (2012 rok — 15 środków, 2001 rok — 5 środków), fluopikolid (2012 rok — 1 środek); kontaktowym: chlorotalonil (2012 rok — 2 środki, 2001 rok — 6 środków), cyjazofamid (2012 rok — 1 środek), flauazynam (2012 rok — 4 środki, 2001 rok — 1 środek), folpet (2012 i 2001 rok — 1 środek), kaptan (2012 rok — 1 środek, 2001 rok — 2 środki), mankozeb (2012 rok — 30 środków, 2001 rok — 31 środków), metiram (2012 rok — 1 środek, 2001 rok — 2 środki), miedź (2012 — 9 środków, 2001 rok — 12 środków), propineb (2012 rok — 1 środek, 2001 rok — 2 środki), zoksamid (2012, 2001 rok — 1 środek). W 2001 roku oprócz omawianych wcześniej substancji aktywnych (iprowalikalb, ofurace, oksadiksyl) dostępne były również inne substancje aktywne o działaniu kontaktowym: maneb, octan fentinu, oksyna salicylomiedziowa, wodorotlenek fentinu, wchodzące w skład fungicydów mających zastosowanie w ochronie ziemniaka przed zarazą. W ochronie ziemniaka przed alternariozą oprócz niektórych omawianych wcześniej substancji aktywnych (dimetomorf, famoksat, fenamidon, metalaksyl, metalaksyl-M, piraklostrobina) obecnie mają zastosowanie również inne substancje o działaniu systemicznym: propamokarb (2012 i 2001 rok — 1 środek); węglbnym: cymoksanil (2012 rok — 4 środki, 2001 rok — 1 środek); kontaktowym: flauazynam (2012 rok — 4 środki, 2001 rok — 1 środek), folpet (2012 i 2001 rok — 1 środek), mankozeb (2012 rok — 16 środków, 2001 rok — 14 środków), propineb (2012 — 1 środek, 2001 — 2 środki), zoksamid (2012 i 2001 rok — 1 środek). W 2001 roku w ochronie ziemniaka przed alternariozą zastosowanie miały również środki zawierające omawianą wcześniej substancję aktywną iprowalikalb oraz środki zawierające chlorotalonil.

Zarejestrowane obecnie środki zawierają substancje aktywne o wielu różnych mechanizmach działania, ponadto wiele środków zawiera w swoim składzie jednocześnie 2 różniące się mechanizmem działania substancje aktywne.

W ochronie ziemniaka przed zarazą i alternariozą środki zawierające substancje stwarzające pewne ryzyko wystąpienia odporności pomimo iż zawierają najczęściej drugą substancję aktywną różniącą się działaniem, co stanowi ważny element strategii zapobiegania odporności, powinny być stosowane przemiennie z innymi środkami zawierającymi inne substancje aktywne różniące się mechanizmem działania. Niezależnie od ryzyka wystąpienia odporności przemiennie stosowanie fungicydów powinno być zawsze regułą celem nie doprowadzenia do powstania odporności na substancje stosowane wielokrotnie podczas zabiegów.

WNIOSKI

1. Liczba dostępnych substancji aktywnych i zawierających je środków ochrony roślin stosowanych w ochronie ziemniaka w 2012 roku znacząco się nie zmieniła w porównaniu z rokiem 2001.
2. Wielokrotne stosowanie tych samych fungicydów stosowanych w ochronie ziemniaka przez zarazę i alternariozę może prowadzić do uodparniania się sprawców chorób na substancje aktywne.
3. Istnieje ryzyko uodparniania się grzybów *Phytophthora infestans*, *Alternaria* spp. na niektóre substancje aktywne stosowane obecnie w ochronie ziemniaka.
4. W ochronie ziemniaka przed zarazą i alternariozą niezbędne jest przemienne stosowanie środków ochrony roślin zawierających substancje aktywne należące do różnych grup chemicznych i różniące się mechanizmem działania.
5. Asortyment dostępnych obecnie na rynku polskim substancji aktywnych, środków ochrony roślin, dostępność fungicydów zawierających po dwie substancje aktywne różniące się mechanizmem działania pozwala na prowadzenie ochrony w sposób pozwalający na zapobieganie wystąpieniu odporności.

LITERATURA

- Davidse L. C., Looijen D., Turkensteen L. J., Van der Wal D. 1981. Occurrence of metalaxyl-resistant strains of *Phytophthora infestans* in Dutch potato fields. *The Netherlands Journal of Plant Pathology* 87: 65 — 68.
- Davidse L.C., Danial D.L., Van Westen C.J. 1983. Resistance to metalaxyl in *Phytophthora infestans* in the Netherlands. *The Netherlands Journal of Plant Pathology*, 89: 1 — 20.
- Dereviagina M.K., Elanski S.N., Diakov Yu T. 1999. Resistance of *Phytophthora infestans* to the dimethomorph fungicide. *Mikologiya i Fitopatologiya* 33: 208 — 213.
- FRAC 2011. QoI Working Group. http://www.frac.info/frac/work/work_qolf.htm (data dostępu 01.06.2012).
- FRAC 2012 [I]. FRAC Code List: Fungicides sorted by mode of action (including FRAC Code numbering). <http://www.frac.info/frac/publication/anhang/FRAC%20Code%20List%202011-final.pdf> (data dostępu 01.06.2012).
- FRAC 2012 [II] FRAC List of plant pathogenic organisms resistant to disease control agents. http://www.frac.info/frac/work/List%20of%20resistant%20plant%20pathogens_2012%20edition.pdf (data dostępu 01.06.2012).
- FRAC 2012 [III]. Phenylamides. http://www.frac.info/frac/work/work_phen.htm (data dostępu 14.06.2012)
- FRAC 2012 [IV] CAA Working Group. http://www.frac.info/frac/work/work_CAA.htm (data dostępu 01.06.2012).
- Główny Urząd Statystyczny 2011. Rocznik statystyczny Rolnictwa 2011. 393 ss.
- Hartill W. F. T., Tompkins G. R., Kleinsman P. J. 1983. Development in New Zealand of resistance to dicarboximide fungicides in *Botrytis cinerea*, to acylalanines in *Phytophthora infestans*, and to guazatine in *Penicillium italicum*. *New Zealand Journal of Agricultural Research* Vol. 26: 261 — 269.
- Instytut Ochrony Roślin 2001. Zalecenia ochrony roślin na lata 2002/2003 dotyczące zwalczania chorób, szkodników oraz chwastów roślin uprawnych. Część II. Rośliny rolnicze. Praca zbiorowa pod redakcją prof. dr hab. S. Pruszyńskiego: 371 ss.
- Kapsa J. 1992. Nasilenie występowania form grzyba *Phytophthora infestans* odpornych na fenyloamidy w latach 1989–1991. Materiały XXXII Sesji Naukowej Instytutu Ochrony Roślin Cz. II - Postery: 38–42
- Kapsa J. 2009. Monitorowanie wczesnych infekcji *Phytophthora infestans* w uprawach ziemniaka. *Progress in Plant Protection* 49 (2): 645 — 654.
- Matyjaszczyk E., Sobczak J. 2010. Zmiany w substancjach aktywnych stosowanych w ochronie ziemniaków w Polsce i implikacje dla środowiska. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych*, Nr 557: 131 — 143.

- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi. 2012. Rejestr fungicydów stosowanych w ochronie ziemniaka (wyszukiwarka). [http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin/\(action\)/search](http://www.minrol.gov.pl/pol/Informacje-branzowe/Wyszukiwarka-srodkow-ochrony-roslin/(action)/search) (data dostępu 01.06.2012).
- Osowski J. 2007. Termin wystąpienia pierwszych objawów alternariozy ziemniaka w zależności od roku i województwa. *Progress in Plant Protection*, 47 (2): 216 — 223.
- Pasche J. S., Wharam C. M., Gudmestad N. C. 2002. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* (potato early blight) to strobilurin fungicides. *Proceedings of the BCPC Conference Pests & Diseases*: 841 — 846.
- Pasche J. S., Wharam C. M., Gudmestad N. C. 2004. Shift in sensitivity of *Alternaria solani* in response to QoI Fungicides. *Plant Disease*, Vol 88 No 2: 181 — 187.
- Pasche J.S., Piche L.M., Gudmestad N.C. 2005. Effect of the F129L mutation in *Alternaria solani* on fungicides affecting mitochondrial respiration. *Plant Disease* Vol. 89, No 3: 269 — 278.
- Pasche J.S. & Gudmestad N.C. 2008. Prevalence, competitive fitness and impact of the F129L mutation in *Alternaria solani* from United States. *Crop Protection*, 27 (2008): 427 — 435.

JERZY OSOWSKIInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Odporność odmian ziemniaka jako element integrowanej ochrony przed agrofagami

Resistance of potato varieties as an element of integrated pest management

W latach 2008–2011 w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie, przeprowadzono serię testów laboratoryjnych oceniających poziom odporności na mokrą zgniliznę bulw, suchą zgniliznę bulw oraz zarzę ziemniaka 25 wybranych odmian ziemniaka, zarejestrowanych w latach 2005–2008. W przeprowadzonych testach nie znaleziono odmian odpornych jednocześnie na wszystkie oceniane choroby. Spośród przebadanych odmian najczęściej odpornych odmian stwierdzono na suchą zgniliznę bulw a najmniej na zarzę ziemniaka. Wśród przebadanych odmian w grupie bardzo wczesnych i wczesnych, Annabelle wykazała się niską podatnością na mokrą i suchą zgniliznę oraz wrażliwością na zarzę ziemniaka; średnio wczesnych Agnes wrażliwością na mokrą i suchą zgniliznę oraz niską podatnością na *P. infestans* oraz późnych Niagara okazała się podatna na sucha zgniliznę i zarzę ziemniaka.

Słowa kluczowe: mokra zgnilizna, odmiany, odporność, sucha zgnilizna, zaraza ziemniaka

In the years 2008–2011, in the Department of Potato Protection and Seed Science in Bonin, we carried out a series of laboratory tests assessing the levels of resistance to: tuber wet rot, dry rot and late blight of potato tubers of 25 chosen potato cultivars, registered in 2005–2008. In the conducted tests we did not find varieties resistant at the same time to all evaluated diseases. Among the tested varieties, the most were resistant to tuber dry rot and only few to potato late blight. Among the varieties tested in the group of very early and early, Annabelle showed a low susceptibility to wet and dry rot, and sensitivity to the potato late blight. Medium early variety Agnes was sensitive to wet and dry rot, and weakly susceptible to *P. infestans* and late variety Niagara turned out to be susceptible to dry rot and potato late blight.

Key words: dry rot, late blight, resistance, varieties, wet rot

WSTĘP

Do najgroźniejszych chorób bulw w okresie przechowywania zaliczane są: zaraza ziemniaka, mokra i sucha zgnilizna bulw. W warunkach naszego kraju zebrane bulwy potomne, są w zależności od ich przeznaczenia, przechowywane od 6 do 9 miesięcy. W latach 2004–2010 średnie ubytki i straty wywołane rozwojem chorób w okresie

przechowywania wynosiły około 10% zebranego plonu bulw w danym roku (Rynek Ziemniaka, 2010).

Bulwy zainfekowane przez sprawców zgnilizn stanowią także groźne źródło przenoszenia materiału infekcyjnego na sezon następny. Wharton i in. (2010) oceniają, że porażenie suchą zgnilizną 60% materiału sadzeniakowego może spowodować obniżenie plonu bulw potomnych o około 25%. Wzrost znaczenia tych chorób wynika ze zmian zachodzących w populacji *Phytophthora infestans*, ale także z coraz powszechniejszej uprawy odmian o niskiej odporności na tego patogena oraz mechanizacji zbioru (kombajn), który powoduje zwiększenie udziału bulw potomnych z uszkodzeniami mechanicznymi, co znacznie sprzyja wtórnemu porażaniu bulw przez patogeny.

Celem badań była ocena podatności bulw wybranych odmian ziemniaka na porażenie przez *P. infestans* oraz patogeny powodujące mokrą i suchą zgniliznę bulw (*Pectobacterium* sp.; *Fusarium* sp.), przy użyciu testów laboratoryjnych.

MATERIAŁ I METODY

W latach 2008-2011 przeprowadzono badania charakteryzujące podatność bulw wybranych odmian na infekcje przez *Phytophthora infestans*, bakterie z rodzaju *Pectobacterium* oraz grzyby z rodzaju *Fusarium*. Ocenę wykonano na 25 odmianach zarejestrowanych w latach 2005-2008. Odmiany zostały podzielone na 4 grupy wczesności (tab. 1).

Tabela 1

Wykaz odmian ocenianych w Boninie w latach 2008-2011
The list of varieties evaluated in Bonin in the years 2008-2011

Grupy wczesności — Earliness group							
bardzo wczesne very early		wczesne early		średnio wczesne mid early		średnio późne i późne mid late and late	
odmiana cultivar	rok* year*	odmiana cultivar	rok year	odmiana cultivar	rok year	odmiana cultivar	rok year
Berber	2006	Annabelle	2007	Adam	2005	Cecile	2007
Flaming	2007	Aruba	2007	Agnes	2005	Niagara	2005
Justa	2006	Bellarosa	2006	Benek	2006	Wist	2005
Milek	2006	Carrera	2007	Courage	2006	Zagłoba	2007
		Cyprian	2007	Dali	2006		
		Eugenia	2006	Finezja	2007		
		Ewelina	2006	Tetyda	2008		
		Oman	2005	Zuzanna	2007		
		Owacja	2006				

* Rok rejestracji odmiany; Year of registration of the cultivar

Bulwy do oceny laboratoryjnej były pobierano poletka w okresie zbioru. Testy laboratoryjne przeprowadzono po okresie 6 tygodni przechowywania od daty zbioru oraz wiosną po okresie przechowywania. Ocenę podatności bulw wykonano za pomocą standardowych testów laboratoryjnych. Stosowane w testach izolaty patogenów *Phytophthora infestans*, *Pectobacterium* sp. i *Fusarium* sp. hodowane były na pożywkach

agarowych. W celu pobudzenia ich agresywności przed testami pasażowano je na tkankach podatnych odmian ziemniaka.

Ocenę podatności bulw wybranych odmian ziemniaka przeprowadzono metodą testów plastrowych dla mokrej zgnilizny i zarazy ziemniaka oraz na całych bulwach w przypadku suchej zgnilizny.

Przed przystąpieniem do testów bulwy umyto, zdezynfekowano i wysuszono, oceniając jednocześnie czy na skórze bulw nie są widoczne objawy uszkodzeń mechanicznych lub porażenia przez sprawców zgnilizn. Do testów wrażliwości na mokrą zgniliznę i zarazę ziemniaka wycinano z części środkowej dziesięciu bulw każdej odmiany po trzy plastry — jeden o grubości 10 mm, pozostałe 5 mm. Plaster o grubości 10 mm zakażano krążkiem bibuły o średnicy 8 mm nasączonym zawiesiną bakterii, o stężeniu 5×10^8 komórek w 1 ml.

Test podatności na zarazę ziemniaka przeprowadzono nanosząc inokulum *P. infestans* o stężeniu 30 zarodników konidialnych w 1 mm^3 pomiędzy dwa plastry o grubości 5 mm.

Wrażliwość bulw wybranych odmian na sprawcę suchej zgnilizny oceniano na całych bulwach. Do testu wybierano po 5 bulw średniej wielkości bez widocznych objawów uszkodzeń skórki. Na bulwach w odległości 30 mm wykonywano stalowym bolcem o średnicy 3 mm nakłucia na głębokość 10–11 mm. Do tak przygotowanych kanałów inokulacyjnych wprowadzano za pomocą pipety serologicznej 0,1 ml zawiesiny grzyba o stężeniu 24 tys. zarodników w 1 ml.

Zakażone plastry inkubowano w szczelnie zakrytych kuwetach fotograficznych (zachowanie wysokiej wilgotności względnej powietrza) w temperaturze 24°C (test na mokrą zgniliznę) i 18°C (test na zarazę ziemniaka). Bulwy do oceny wrażliwości na suchą zgniliznę inkubowano przez 3 tygodnie w temperaturze 16°C .

Kryterium oceny podatności bulw stanowiły:

- dla mokrej zgnilizny średnica plamy gnilnej (mm) po 5 dniach inkubacji,
- dla zarazy ziemniaka procent powierzchni górnego plastra pokrytego nalotem grzybnii po 7 dniach inkubacji,
- dla suchej zgnilizny powierzchnia zgnilizny (mm) po 3 tygodniach inkubacji.

Do obliczeń statystycznych otrzymane wyniki przekształcano za pomocą transformacji Bliss'a oraz wykonano analizę wariancji (ANOVA). Do porównania średnich wykorzystano test F–NIR (najmniejsze istotne różnice).

WYNIKI

1. Ocena podatności bulw wykonana jesienią

W tabeli 2 przedstawiono wyniki oceny podatności bulw na sprawców zgnilizn w testach laboratoryjnych przeprowadzonych po 6 tygodniach przechowywania. Spośród 13 odmian ocenianych w grupie odmian bardzo wczesnych i wczesnych najniższe porażenie przez sprawców mokrej zgnilizny stwierdzono dla odmian: Annabelle oraz Eugenia. Średnica plamy gnilnej wynosiła odpowiednio 33,8 mm i 37,8 mm. Największą podatność na mokrą zgniliznę zaobserwowano dla odmiany Oman (48,7 mm).

Tabela 2

Średnie porażenie bulw wybranych odmian w testach jesiennych
The average infection of tubers of some varieties in the autumn tests

Odmiana Variety	Wczesność* Maturity*	Mokra zgnilizna Wet rot	Sucha zgnilizna Dry rot	Zaraza ziemniaka Late blight
Berber	bw/ve	41,1 e**	43,3 ef	97,0 a
Flaming	bw	40,9 e	87,5 b	93,7 ab
Justa	bw	45,7 b	70,0 bc	91,3 ab
Milek	bw	46,3 b	64,2 cd	81,3 c
Annabelle	w/e	33,8 g	59,2 d	96,7 a
Aruba	w	40,5 e	70,0 bc	90,3 b
Bellarosa	w	42,5 d	38,3 ef	94,7 ab
Carrera	w	43,8 c	63,8 cd	78,0 c
Cyprian	w	41,8 d	80,0 b	93,3 ab
Eugenia	w	37,8 f	93,3 a	97,0 a
Ewelina	w	43,4 cd	35,0 f	97,0 a
Oman	w	48,7 a	56,7 d	66,0 d
Owacja	w	42,6 d	45,8 e	67,7 d
Średnio — Mean		42,2	62,1	88,0
NIR — LSD _(α=0.05)		1,2	10,7	6,5
Adam	sw/me	45,2 bc	49,2 c	83,7 ab
Agnes	sw	50,3 ab	80,8 a	74,7 b
Benek	sw	44,8 bc	53,3 c	78,0 b
Courage	sw	49,0 abc	81,7 a	96,0 a
Dali	sw	23,6 e	42,5 d	93,3 a
Finezja	sw	35,8 d	40,0 d	85,7 ab
Tetyda	sw	55,0 a	62,2 b	93,7 a
Zuzanna	sw	43,4 c	50,8 c	74,0 b
Średnio — Mean		43,4	57,6	84,9
NIR — LSD _(α=0.05)		6,5	4,8	13,6
Cecile	sp/ml	33,7 b	61,7 b	83,3 a
Niagara	sp	46,4 a	72,5 a	85,0 a
Wist	sp	33,9 b	50,0 c	80,0 a
Zagłoba	p/l	45,9 a	56,7 bc	67,0 b
Średnio — Mean		40,0	60,2	78,8
NIR — LSD _(α=0.05)		2,8	7,7	8,1

* bw/ve — bardzo wczesne, very early; w/v — wczesne, early; sw/me — średnio wczesne, mid early; sp/ml — średnio późne; mid late; p/l — późne; late

** Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie; Values marked with the same letters do not differ significantly

W grupie odmian średnio wczesnych największą podatność na sprawców mokrej zgnilizny stwierdzono dla odmiany Tetyda (55,0 mm), zaś Dali (23,6 mm) i Finezja (35,8 mm) okazały się odmianami o najmniejszej podatności na infekcję przez *Pectobacterium* sp. Spośród odmian późnych Cecile i Wist wykazały się istotnie niższym porażeniem mokrą zgnilizną. Odmiany Zagłoba i Niagara okazały się istotnie bardziej podatne.

W testach podatności bulw na sprawcę suchej zgnilizny w grupie odmian wczesnych najmniejszą wrażliwość stwierdzono dla odmian: Ewelina (35,0 mm), Bellarosa (38,3 mm), Berber (43,3 mm) oraz Owacja (45,8 mm). Największą podatność zaobserwowano dla Cypriana (80,0 mm), Flaminga (87,5 mm) i Eugenii (93,3 mm). Największą wrażliwość na suchą zgniliznę bulw stwierdzono w grupie odmian średnio wczesnych – Agnes (80,8

mm) oraz Courage (81,7 mm). Porażenie Finezji (40,0 mm) i Dali (42,5 mm) było istotnie najniższe w tej grupie.

Najmniej wrażliwa w grupie odmian późnych okazała się odmiana Wist (50,0 mm), a największą wrażliwość stwierdzono u Niagary (72,5 mm). Oba otrzymane wyniki różniły się istotnie.

W ocenie podatności bulw na zarazę ziemniaka w grupie odmian wczesnych największą wrażliwość na *P. infestans* stwierdzono u Berbera (97,0%), Eugenii (97,0%), Eweliny (97,0%) oraz Annabelle (96,7%). Odmiany Oman (66,0%) i Owacja (67,7%) wykazały się najmniejszą podatnością na sprawcę zarazy ziemniaka.

W grupie odmian średnio wczesnych Courage (96,0%), Tetyda (93,7%) oraz Dali (93,3%) wykazały się największą podatnością na zarazę ziemniaka, zaś Agnes (74,7%) i Benek (78,0%) okazały się odmianami o najmniejszej podatności.

Spośród odmian późnych tylko u Zagłoby (67,0%) stwierdzono najmniejszą podatność na *P. infestans*.

2. Ocena podatności bulw wykonana wiosną

W tabeli 3 przedstawiono wyniki testów laboratoryjnych wykonanych wiosną po okresie przechowywania.

Średnia wielkość plamy gnilnej w testach przeprowadzonych wiosną w grupie odmian wczesnych była mniejsza w porównaniu do średniej wielkości stwierdzonej w testach jesiennych. Tak jak w testach jesiennych najmniejszą podatność na mokrą zgniliznę w grupie odmian wczesnych stwierdzono dla: Berbera, Annabelle, Aruby oraz Eugenii. Potwierdzono także wysoką podatność dla odmian Miłek i Oman.

Spośród odmian średnio wczesnych, najniższe wielkości plam gnilnych stwierdzono u odmian: Dali, Finezji oraz Zuzanny. Odmiany: Courage, Tetyda oraz Agnes wykazały się w testach laboratoryjnych najwyższą podatnością na mokrą zgniliznę.

W grupie odmian późnych, najmniejszą istotną statystycznie wrażliwość na bakterie z rodzaju *Pectobacterium*, stwierdzono dla Cecile (29,2 mm) i Wista (31,5 mm). Poziom porażenia odmiany Zagłoba (39,5 mm) był najwyższy wśród odmian badanych w tej grupie.

Zakres porażenia bulw suchą zgnilizną w grupie odmian wczesnych wynosił od 27,5 mm (Annabelle) do 98,8 mm (Justa). Najmniejszą wrażliwość stwierdzono dla Annabelle i Miłek.

Odmiany: Justa, Flaming i Ewelina wykazały się istotnie wyższą podatnością na grzyby z rodzaju *Fusarium*.

W grupie odmian średnio wczesnych, tak jak w przypadku testów przeprowadzonych jesienią, najmniejszą istotną statystycznie wrażliwość na suchą zgniliznę stwierdzono dla Adam, Finezja i Benek. Odmiany Courage i Agnes wykazały się podobnie jak w testach jesiennych największą wrażliwością na suchą zgniliznę.

Wyniki testów przeprowadzonych w grupie odmian późnych wykazały najmniejszą podatność Cecile (57,5 mm) na sprawców suchej zgnilizny. Porażenie pozostałych odmian było istotnie wyższe.

Tabela 3

Średnie porażenie bulw wybranych odmian w testach wiosennych
The average infection of some varieties tubers in the spring tests

Odmiana Variety	Wczesność* Maturity*	Mokra zgnilizna Wet rot	Sucha zgnilizna Dry rot	Zaraza ziemniaka Late blight
Berber	bw/ve	34,5 g **	46,3 h	82,7 bc
Flaming	bw	38,1 e	77,5 b	88,7 abc
Justa	bw	39,8 d	98,8 a	97,7 a
Milek	bw	41,9 ab	47,5 h	96,3 ab
Annabelle	w/e	26,9 h	27,5 i	96,7 a
Aruba	w	36,3 f	56,3 fg	90,7 abc
Bellarosa	w	39,7 d	45,0 h	96,3 ab
Carrera	w	39,6 d	65,0 de	78,7 c
Cyprian	w	39,1 d	68,8 cd	91,0 abc
Eugenia	w	33,9 g	65,0 de	90,3 abc
Ewelina	w	40,8 c	73,8 bc	88,3 abc
Oman	w	42,3 a	58,8 ef	82,3 c
Owacja	w	41,3 bc	50,0 gh	89,7 abc
Średnio — Mean		38,0	60,0	89,9
NIR — LSD _(α=0,05)		0,9	6,3	13,8
Adam	sw/me	33,0 e	44,2 d	97,0 ab
Agnes	sw	48,0 a	70,0 a	85,7 abc
Benek	sw	34,0 d	48,3 d	98,0 ab
Courage	sw	40,0 c	66,0 a	99,0 a
Dali	sw	27,9 f	53,3 c	86,0 abc
Finezja	sw	27,6 f	45,8 d	94,3 ab
Tetyda	sw	41,0 b	60,0 b	78,3 c
Zuzanna	sw	32,7 e	55,8 bc	83,3 bc
Średnio — Mean		35,5	55,4	90,2
NIR — LSD _(α=0,05)		0,9	4,6	15,3
Cecile	sp/ml	29,2 d	57,5 b	82,0 a
Niagara	sp	35,4 b	77,5 a	88,0 a
Wist	sp	31,5 c	71,3 a	79,0 a
Zagłoba	p/l	39,5 a	75,0 a	85,0 a
Średnio — Mean		33,9	70,3	83,5
NIR — LSD _(α=0,05)		1,7	15,0	20,0

* bw/ve — bardzo wczesne, very early; w/v — wczesne, early; sw/me — średnio wczesne, mid early; sp/ml — średnio późne; mid late; p/l — późne; late

** Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie; Values marked with the same letters do not differ significantly

W ocenie podatności odmian na zarazę ziemniaka najmniejszą wrażliwość na *P. infestans* stwierdzono dla Bellarosy (78,7%) i Omana (82,3%) z grupy wczesnych oraz średnio wczesnej Tetydy (78,3%).

3. Podatność bulw wybranych odmian na infekcję przez mikroorganizmy patogeniczne

W tabeli 4 przedstawiono wyniki średniego porażenia bulw odmian badanych w testach laboratoryjnych. Wśród odmian testowanych w grupie bardzo wczesnych i wczesnych, Annabelle i Oman wykazały się zmienną podatnością na mokrą zgniliznę i zarazę ziemniaka. Otrzymane wyniki pokazały, że w przypadku mokrej zgnilizny Annabelle jest odmianą o najmniejszej podatności w przeciwieństwie do Omana. W przypadku podatności na *P. infestans* wyniki ułożyły się odwrotnie. Oman wykazał się najmniejszą podatnością.

Tabela 4

Średnie porażenie bulw wybranych odmian w testach wiosennych i jesiennych
The average infection of some varieties tubers in spring and autumn tests

Odmiana Variety	Wczesność* Maturity*	Mokra zgnilizna Wet rot	Sucha zgnilizna Dry rot	Zaraza ziemniaka Late blight
Berber	bw/ve	37,8 j **	44,8 fg	89,8 c
Flaming	bw	39,5 h	82,5 a	91,2 bc
Justa	bw	42,7 c	84,4 a	94,5 ab
Milek	bw	44,1 b	55,8 e	88,8 c
Annabelle	w/e	30,4 l	43,3 fg	96,7 a
Aruba	w	38,4 i	63,1 cd	90,5 bc
Bellarosa	w	41,1 f	41,7 g	95,5 ab
Carrera	w	41,7 de	64,4 c	78,3 d
Cyprian	w	40,5 g	74,4 b	92,2 abc
Eugenia	w	35,8 k	79,2 ab	93,7 abc
Ewelina	w	42,1 d	54,4 e	92,7 abc
Oman	w	45,5 e	57,7 de	74,2 d
Owacja	w	41,9 d	47,9 f	78,7 d
Średnio — Mean		40,1	61,0	89,0
NIR — LSD _(α=0,05)		0,4	5,5	5,1
Adam	sw/me	39,1 d	46,7 e	90,3 ab
Agnes	sw	49,2 a	75,4 a	80,2 c
Benek	sw	39,4 d	50,8 d	88,0 b
Courage	sw	44,5 c	73,8 b	97,5 a
Dali	sw	25,8 g	47,9 e	89,7 b
Finezja	sw	31,7 f	42,9 f	90,0 ab
Tetyda	sw	48,0 b	61,1 c	86,0 bc
Zuzanna	sw	38,1 e	53,3 d	78,7 c
Średnio — Mean		39,5	56,5	87,5
NIR — LSD _(α=0,05)		0,8	2,8	7,5
Cecile	sp/ml	31,4 d	59,6 c	82,7 ab
Niagara	sp	40,9 b	75,0 a	86,5 a
Wist	sp	32,7 c	60,6 c	79,5 bc
Zagłoba	p/l	42,7 a	65,8 b	76,0 c
Średnio — Mean		36,9	65,3	81,2
NIR — LSD _(α=0,05)		0,8	4,3	6,6

* bw/ve — bardzo wczesne, very early; w/v — wczesne, early; sw/me — średnio wczesne, mid early; sp/ml — średnio późne; mid late; p/l — późne; late

** Wartości oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie; Values marked with the same letters do not differ significantly

W grupie odmian średnio wczesnych bulwy odmiany Agnes wykazały się największą podatnością na mokrą i suchą zgniliznę oraz najmniejszą na zarazę ziemniaka. Stwierdzono także niską podatność bulw odmiany Dali na mokrą zgniliznę, odmiany Finezja na suchą zgniliznę oraz Zuzanny na zarazę ziemniaka.

W grupie odmian średnio późnych i późnych najmniej wrażliwa na rozwój mokrej i suchej zgnilizny okazała się odmiana Cecile. Odmiana Niagara wykazała się z kolei największą podatnością bulw na suchą zgniliznę i zarazę ziemniaka. Wyniki uzyskane dla Zagłoby wykazały jego dużą podatność na suchą zgniliznę oraz małą wrażliwość bulw na zarazę ziemniaka.

DYSKUSJA

Różnorodny kierunek użytkowania ziemniaków sprawia, że prace hodowlane muszą brać pod uwagę długą listę cech jakościowych, których doskonalenie pozwoli na otrzymanie nowych odmian odpowiadających wymaganiom rynku i konsumenta, uwzględniając jednocześnie odporności na ważne gospodarczo patogeny. Aby mogły być spełnione wszystkie te wymagania, programy hodowlane muszą wychodzić z populacji hodowlanych o bardzo dużej zmienności genetycznej (Domański, 2008).

Z punktu widzenia producenta ziemniaków, oprócz cech przydatności do konsumpcji i przetwórstwa, bardzo ważna jest także odporność na ważne gospodarczo patogeny powodujące znaczne straty, zarówno w okresie wegetacji jak i przechowywania bulw. Pogląd ten potwierdza także Gawińska-Urbanowicz (2007).

W uprawie ziemniaków do ważnych gospodarczo patogenów zaliczyć możemy *Phytophthora infestans*, grzyby z rodzaju *Fusarium* oraz bakterie z rodzaju *Pectobacterium*. Straty wywołane rozwojem tych patogenów mogą prowadzić do znacznych ubytków plonu bulw potomnych oraz znacznie zwiększać nakłady ponoszone na produkcję. International Potato Center (1997) podaje, że w USA straty plonu bulw wywołane rozwojem zarazy ziemniaka mogą rocznie osiągać sumę 2,75 mld dolarów a na ochronę wydaje się corocznie 100 mln dolarów. Wielkość strat wywołanych zakażeniem bulw zarodnikami *P. infestans* w świecie określa się na 8–10% (Kapsa 2001).

W przeprowadzonych testach laboratoryjnych stwierdzono duże zróżnicowanie w podatności badanych odmian na mokrą i suchą zgniliznę bulw oraz mniejsze w podatności na zarazę ziemniaka (tab. 4). Do odmian o niskiej podatności na mokrą zgniliznę zakwalifikowano z grupy bardzo wczesnych i wczesnych: Berber, Flaming, Annabelle, Aruba oraz Eugenia; średnio wczesnych — Dali, Finezja i Zuzanna oraz późnych Cecile i Wist.

W ocenie podatności na suchą zgniliznę ilość odmian, które wykazały się mniejszą podatnością zaliczono z grupy bardzo wczesnych i wczesnych: Bellarosa, Annabelle, Berber oraz Owacja; średnio wczesnych: Finezja, Dali i Adam oraz późnych: Cecile i Wist.

W testach odporności na zarazę ziemniaka najmniejszą podatność bulw stwierdzono dla Owacji i Omana z grupy wczesnych; średnio wczesnych Tetydy i Agens oraz późnej Zagłoby.

PODSUMOWANIE

Podsumowując uzyskane wyniki można stwierdzić, że wśród przebadanych odmian zdecydowanie zbyt mało jest odmian odpornych na sprawców zgnilizn bulw.

Od 1 stycznia 2014 roku wszystkie kraje członkowskie Unii Europejskiej będą zobowiązane do wprowadzenia i przestrzegania dyrektywy 2009/128/WE, która nakłada obowiązek stosowania zasad integrowanej ochrony roślin. Ważnym elementem integrowanej ochrony roślin jest wykorzystanie agrotechniki i postępu biologicznego — podatność lub odporność odmian.

Uzyskane wyniki potwierdzają doniesienia Zimnoch-Guzowskiej i in. (2006) o konieczności kontynuowania prac hodowlanych, ponieważ mimo wielu lat badań nadal nie osiągnięto zadowalającego poziomu cech odpornościowych.

LITERATURA

- CIP. 1997. CIP in 1996. The International Potato Center Annual Report. International Potato Center, Lima: 59 pp.
- Domański L. 2008. Kryteria selekcji na cechy jakościowe w hodowli ziemniaka. *Ziemniak Polski* 4: 22 — 24.
- Dzwonkowski W., Szczepaniak I., Zalewski A., Chotkowski J., Rembeza J., Mieczkowski M. 2010. Rynek ziemniaka. Stan i perspektywy. Analizy rynkowe. IERiGŻ-PIB, ARR, MRiRW. Październik 2010, nr 37: 26 s.
- Kapsa J. 2001. Zaraza (*Phytophthora infestans* [Mont.] de Bary) występująca na łodygach ziemniaka. Monogr. i Rozpr. Nauk., IHAR, Radzików.
- Wharton P., Hammerschmidt R., Kirk W. 2010. *Fusarium* dry rot. www.potatodiseases.org.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B., Pawlak A. 2006. Strategiczne kierunki hodowli ziemniaka. W: Ulepszanie roślin uprawnych dla zróżnicowania agroekosystemów. Materiały z Sympozjum Naukowego z okazji 55-lecia IHAR. IHAR, Radzików.

WACŁAW MOZOLEWSKI**ANNA GAŁARSKA****TOMASZ ŁAZICKI**Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Wpływ metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na profilowanie ich aromatu

The influence of heat treatment methods on French fries aroma profiling

Celem badań było określenie wpływu metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na ich profile zapachowe. Handlowe frytki mrożone firmy Aviko i McCain o kształcie prostym i karbowanym przygotowano do spożycia przy użyciu piekarnika, kuchni mikrofalowej oraz poprzez smażenie we frytownicy. W badaniach dokonano profilowania ich aromatu. Określenia profili zapachowych frytek wg PN-ISO 6564 dokonał przeszkolony i wytrenowany 6 osobowy zespół. Oceny natężenia aromatu poszczególnych deskryptorów dokonano z zastosowaniem 100 milimetrowej niestrukturowanej skali graficznej. Wyniki oceny natężenia cech zapachowych poddano obliczeniom statystycznym stosując metodę analizy wariancji. Technika restytucji w piekarniku i kuchence mikrofalowej ukształtowała we frytkach charakterystyczny zapach o profilu pieczonego ziemniaka i był on istotnie wyższy ($\alpha = 0,01$) niż we frytkach smażonych we frytownicy. We frytkach smażonych we frytownicy dominowały profile zapachowe: ziemniaczany i smażonego ziemniaka. We frytkach przygotowanych do spożycia przy użyciu piekarnika i kuchni mikrofalowej, natężenia negatywnych profili takich, jak: spalony, obcy, gnilny czy fermentacyjny były istotnie wyższe ($\alpha = 0,01$) niż we frytkach smażonych we frytownicy. W środowisku oleju nagrzanego do temperatury 180°C parująca gwałtownie woda porywa ze sobą skuteczniej cząsteczki lotnych związków, niż krążące w piekarniku i kuchence gorące powietrze. Ponadto przy ogrzewaniu gorącym powietrzem nie zawsze starcza czasu na uwolnienie wszystkich składników sensorycznie aktywnych

Słowa kluczowe: frytki, analiza sensoryczna, profile zapachowe, metody restytucji

Straight cut and crinkle cut frozen French fries produced by Aviko and McCain were prepared for consumption using an electric oven, a microwave oven and a deep fryer. Their aroma was profiled in the study. The sensory evaluation was performed according to PN-ISO 6564 by a well-trained professional panel of 6 experts. The intensity of particular aroma descriptors was evaluated by the use of a 100 millimeter non-structural graphic scale. The results were subjected to statistic calculation using the method of variance analysis. The heat treatment methods using an electric oven and a microwave oven produced French fries with a characteristic aroma of roasted potato and it was significantly higher ($\alpha = 0,01$) than in French fries prepared in a deep fryer. The predominant aroma profiles of French fries prepared in a deep fryer were those of potato and fried potato. In French fries prepared for consumption using electric and microwave ovens the intensity of negative aroma profiles such as: burnt, unfamiliar, putrid or fermentative were significantly higher ($\alpha = 0.01$) than in those prepared in a deep fryer. In the

environment of oil heated to the temperature of 180°C water evaporating rapidly carries away the volatile particles of negative compounds more effectively than the hot air circulating in an electric and microwave oven. Furthermore, during hot air treatment there is sometimes not enough time to release all sensorically active components.

Key words: French fries, sensory evaluation, smell profile, heat treatment

WSTĘP

Ziemniaki są jednym z warzyw najbardziej popularnych nie tylko w Polsce, ale i na świecie. Mogą być one przygotowywane na wiele sposobów m.in. jako gotowane, pieczone, smażone, smażone w głębokim tłuszczu, mikrofalowane, co pozwala na urozmaicenie potraw z tego surowca (Nowacki, 2010). Zmiana stylu życia Polaków przejawia się m.in. w zmianie struktury spożycia ziemniaka i jego przetworów (Andrzejewska, 2012). Konsumenci coraz częściej sięgają po gotowe mrożone wyroby lub półprodukty, nie tylko w punktach żywienia, lecz również w gospodarstwie domowym.

Paski ziemniaka smażone w gorącym oleju, zwane frytkami, są popularną żywnością o charakterystycznym przyjemnym smaku i aromacie (Lisińska i Leszczyński, 1989). Taka forma potraw ułatwia i skraca czas przygotowania posiłków i pozwala również na stosowanie różnorodnych technik kulinarnych. Techniki te powodują zarówno pozytywne, jak i negatywne przemiany w wysokich temperaturach obróbki (Dobarganes i Marquez-Ruiz, 2007; Tabee i in., 2008).

W przeciwieństwie do dojrzałych, świeżych owoców ziemniaki nie wydzielają aromatycznych lotnych składników, natomiast obserwuje się to zjawisko po pokrojeniu lub obróbce termicznej bulw (Jansky, 2010). Oceniając aromat świeżych frytek ziemniaczanych Wagner i Grosch (1997) zidentyfikowali przy użyciu metody headspace 48 związków aromatycznych. Wraz z rozwojem nowych technik analitycznych wykrywane i opisywane są nowe związki aromatyczne ziemniaka poddanego obróbce termicznej, głównie frytek (Oruna-Concha, 2002; Van Loon, 2005; Van Loon i in., 2005; Belitz i in., 2009; Dresow i Böhm, 2009; Elmore i in., 2010).

Producenci wychodząc na przeciw konsumentom proponują również przygotowywanie ich w kuchniach mikrofalowych lub piekarnikach, czy też piecach konwekcyjno-parowych. Użycie piekarnika, kuchni mikrofalowej czy frytownicy, ze względu na różne warunki restytucji, może tworzyć jakościowo i ilościowo odmienne związki aromatyczne, które mogą nadawać frytkom różne profile zapachowe.

Celem pracy było określenie wpływu metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na kształtowanie ich profili zapachowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły mrożone frytki ziemniaczane, Firmy Aviko i McCain, o kształcie prostym i karbowane, zakupione w handlu detalicznym na terenie Olsztyna na przełomie roku 2010/2011. Opakowania jednostkowe były pobierane w sposób losowy, po 6 opakowań dla każdego asortymentu o masie 450–750 g. W laboratorium Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności UWM w Olsztynie po dokonaniu oceny

organoleptycznej półproduktu mrożonego wg PN-A-82350:1996 zawartość opakowania łączono w próbę ogólną, z której wydzielano średnie próbki laboratoryjne. Zamrożony półprodukt poddawano, zgodnie z przepisem widniejącym na opakowaniu, obróbce termicznej następującymi metodami restytucji:

- we frytownicy — smażenie przeprowadzono w temp. 180°C przez $3 \pm 0,5$ min. w elektrycznej frytownicy firmy Philips, stosując olej sojowy,
- w piekarniku — pieczenie odbywało się w nagrzanym do temp. 225°C w piekarniku kuchenki elektrycznej Amica typ Exclusive przez 12 ± 1 min.
- w kuchence mikrofalowej — pieczenie prowadzono w kuchence mikrofalowej Samsung model RE 1100 w temp. 225°C z zastosowaniem mikrofal (420 W) i termoobiegu.

Restytucję każdej z prób prowadzono w dwóch powtórzeniach technologicznych. Wszystkie próbki osączano z nadmiaru tłuszczu na bibule filtracyjnej, następnie umieszczano w pojemniku GN ze stali kwasoodpornej ogrzewanym do temp. 70°C i po zakonodowaniu poddawano ocenie.

Określenie deskryptorów, wybór próbek referencyjnych i trening (PN-ISO6564.1999)

W czasie pracy zespołu, każdy z oceniających sporządził listę określeń kojarzących się z produktem a trening z użyciem próbek referencyjnych prowadzono przez kolejnych 10 sesji, po których lider zespołu podczas dyskusji panelowej dokonał redukcji deskryptorów drogą eliminacji. Do przygotowania próbek referencyjnych z użyciem bulw użyto ziemniaka odmiany Lotos pochodzącego z SHR w Szylaku.

Poniżej przedstawiono sposób przygotowania próbek referencyjnych profili, które występowały w ocenie badanych frytek:

- gotowanego ziemniaka — gotowany w wodzie bez dodatku soli, podawany w całości,
- smażonego ziemniaka-plastry o grubości 1 cm smażone w świeżym oleju; rzepakowym w temp. 180°C przez 10 min., osączone z nadmiaru tłuszczu,
- pieczonego ziemniaka — obrany, owinięty w folię aluminiową, pieczony w piekarniku w temp. 225°C przez 40 min.,
- tłuszczowy — plastry ziemniaka grubości 1 cm smażone w świeżym oleju; sojowym w temp. 170°C przez 10 min., osączone z nadmiaru tłuszczu,
- orzechowo-ziemniaczany — handlowe snaki ziemniaczane o smaku orzechowym;
- ziemniaczany — plastry ugotowanego i ostudzonego ziemniaka z dodatkiem tłuszczu duszone na patelni o temp około 100°C,
- jełki-plastry ziemniaka smażone w przeterminowanym oleju sojowym
- spalony-umieszczony na pręcie metalowym tłuszcz ogrzany nad palnikiem gazowym do punktu dymienia,
- obcy-trudny do zidentyfikowania,
- zielony-gotowany ziemniak uprzednio poddany działaniu promieni słonecznych w temp. 20°C przez około 50 godz.,
- nuty owocowej — handlowe chrupki kukurydziane o smaku owocowym,
- gnilny-skaleczony, zawilgocony ziemniak poddany procesowi gnicia w temp. 20°C;

— fermentacyjny-handlowe pierogi ruskie.

Oceny profili zapachowych dokonywano użyciem 100 milimetrowej niestrukturowanej skali graficznej w specjalistycznej pracowni analizy sensorycznej będącej w dyspozycji Katedry. Określenia profili smakowych frytek dokonał 6 osobowy zespół spełniający wymogi formalne, zgodnie z metodyką zawartą w PN-ISO 6564.1999.

Wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. Do zróżnicowania średnich obiektowych poszczególnych czynników zastosowano Test F- Senedecora, oznaczając istotność różnic przy poziomach istotności $\alpha = 0,01$ i $\alpha = 0,05$. W tabelach zamieszczono wyniki średnie oraz ich zróżnicowanie. Liczebność prób dla każdej techniki $n = 48$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza wykazała, że technika przygotowania frytek wpływała różnicująco na natężenie ich pozytywnych profili zapachowych (tab. 1). Frytki przygotowane trzema technikami nie różniły się istotnie natężeniem profili zapachowych pozytywnych takich, jak: gotowanego ziemniaka, tłuszczowo ziemniaczanego i orzechowo-ziemniaczanego. Natężenie profilu smażonego ziemniaka było istotnie ($\alpha = 0,05$) wyższe we frytkach smażonych we frytownicy (4,17 pkt.) w porównaniu do produktu pieczonego w kuchence mikrofalowej (2,21 pkt.) i piekarniku (2,02 pkt.).

Tabela 1

Pozytywne profile zapachowe frytek uzyskanych różnymi metodami restytucji
Positive aroma profiles of French fries prepared using **different heat treatment methods**

Technika przygotowania frytek Method of preparation	n	Profil zapachowy, natężenie (punkty 1–10) Aroma profile, intensity (points 1–10)					ziemniaczany potato
		gotowanego ziemniaka boiled potato	smażonego ziemniaka fried potato	pieczonego ziemniaka roasted potato	tłuszczowo- ziemniaczany fatty potato	orzechowo- ziemniaczany nutty potato	
W piekarniku Electric oven	48	1,15a	2,01b	3,28A	3,01a	3,20a	4,52B
W kuchni mikrofalowej Microwave oven	48	1,61a	2,21b	3,63A	3,40a	2,78a	5,09B
We frytownicy Deep fryer	48	0,93a	4,17a	2,32B	3,55a	3,86a	6,75A
NIR — LSD		0,68	1,31	0,95	0,54	1,12	1,57

Wartości oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,01$)

The values denoted with the same letters (A, B, C) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,01$)

Wartości oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,05$)

The values denoted with the same letters (a, b, c) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,05$)

NIR — najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant difference

Na wyższe natężenie profilu smażonego ziemniaka we frytkach smażonych we frytownicy miał prawdopodobnie użyty w badaniach tłuszcz. Zawartość tłuszczu w półprodukcie nie przekracza zwykle wartości 4,0–7,0% (PN-A-82201), jednak podczas

smażenia we frytownicy jego ilość w produkcie wzrasta do wartości od 7 do 25%. (Machowska i in., 2003; Kita i Lisińska 2007; Kita i in., 2009; Mozolewski, 2009). Według Zalewskiego (1997) do właściwego zrumienienia frytek i uzyskania charakterystycznego aromatu potrzebne są związki karbonylowe, które gromadzą się w tłuszczu w czasie smażenia. Należy zatem sądzić, że użyty w badaniach olej sojowy dostarczał znacznie więcej substratów reakcji Maillarda, niż rodzimy tłuszcz z półproduktu (handlowe frytki) zawarty we frytkach pieczonych w piekarniku i kuchni mikrofalowej.

Natężenie profilu pieczonego ziemniaka było istotnie ($\alpha = 0,01$) wyższe we frytkach pieczonych w kuchence mikrofalowej (3,63 pkt.) i piekarniku (3,28 pkt.) niż we frytkach smażonych we frytownicy (2,32 pkt.). Za kluczowy składnik zapachu pieczonego ziemniaka uważane są związki pirazynowe, które są rezultatem interakcji amin z cukrami w temperaturze powyżej 100°C (Duckham i in., 2002; Ju i Ho, 2005; Shedid, 2010). Większe natężenie profilu pieczonego ziemniaka we frytkach restytuowanych w piekarniku i kuchni mikrofalowej z termoobiegiem w niniejszych badaniach prawdopodobnie mogło być spowodowane gorącym powietrzem wywołującym wzrost temperatury powierzchni produktu do temperatury otoczenia (ok. 220°C). W warunkach tych następuje miejscowe odwodnienie produktu i tworzenie się charakterystyczne skórki. Według Becalski i in. (2003) reakcje Maillarda zachodzą szybciej w środowisku o mniejszej zawartości wody i wyższych temperaturach, powoduje to intensyfikację powstawania związków smakowo-zapachowych.

Potwierdzeniem tego może być istotnie ($\alpha = 0,05$) wyższe natężenie profilu spalonego frytek pieczonych w kuchence mikrofalowej (1,57 pkt.) i piekarniku (1,07 pkt.) w porównaniu do produktu smażonego we frytownicy (0,35 pkt.) (tab. 2). Natężenie negatywnych profili zapachowych obcego i gnilnego było istotnie ($\alpha = 0,01$) wyższe we frytkach restytuowanych w kuchence mikrofalowej i piekarniku, niż we frytkach smażonych we frytownicy. Według Jansky'ego (2010), składnikiem wpływającym na negatywne cechy gotowanego ziemniaka jest m.in. metylopyrazyna, która może pochodzić ze świeżego ziemniaka oraz bakterii glebowych — tworzy ona posmak określany jako ziemisty i stęchły (ang. earthy; musty).

Pieczenie frytek w piekarniku i kuchni mikrofalowej z termoobiegiem powodowało, że natężenie zapachu fermentacyjnego było istotnie ($\alpha = 0,05$) wyższe niż we frytkach smażonych we frytownicy. Fakt ten można uzasadnić prawdopodobnie tym, że smażenie frytek we frytownicy pozwoliło na uwolnienie wraz z parą wodną niepożądanych zapachów. Wpływ mógł mieć też prawdopodobnie użyty tłuszcz, który odznaczał się przyjemnym i delikatnym aromatem i mógł powodować maskowanie tej cechy.

Gorące powietrze krążące w piekarniku i kuchence porywa ze sobą lotne cząsteczki związków negatywnych mniej efektywnie, niż parująca gwałtownie woda podczas procesu smażenia produktu we frytownicy (olej o temp. 180°C). Ponadto przy ogrzewaniu gorącym powietrzem nie zawsze starcza czasu na uwolnienie wszystkich składników sensorycznie aktywnych, co w większym stopniu mogłoby maskować negatywne posmaki.

Tabela 2

Negatywne profile zapachowe frytek uzyskanych różnymi metodami restytucji
Negative aroma profiles of French fries prepared using different heat treatment methods

Technika przygotowania frytek Method of preparation	n	Profil zapachowy, natężenie (punkty 1–10) Aroma profile, intensity (points 1–10)						
		jełki rancid	spalony burnt	obcy unfamiliar	zielony green	nuty owocowej fruity	gnilny putrid	fermentacyjny fermentative
W piekarniku Electric oven	48	1,19a	1,07a	2,96A	0,22a	0,81a	2,95A	1,93a
W kuchni mikrofalowej Microwave oven	48	1,16a	1,57a	3,05A	0,30a	0,88a	2,79A	1,54a
We frytownicy Deep fryer	48	0,34a	0,35b	0,46B	0,19a	0,73a	0,52B	0,42b
NIR — LSD		0,86	0,61	2,15	0,13	0,29	1,43	1,03

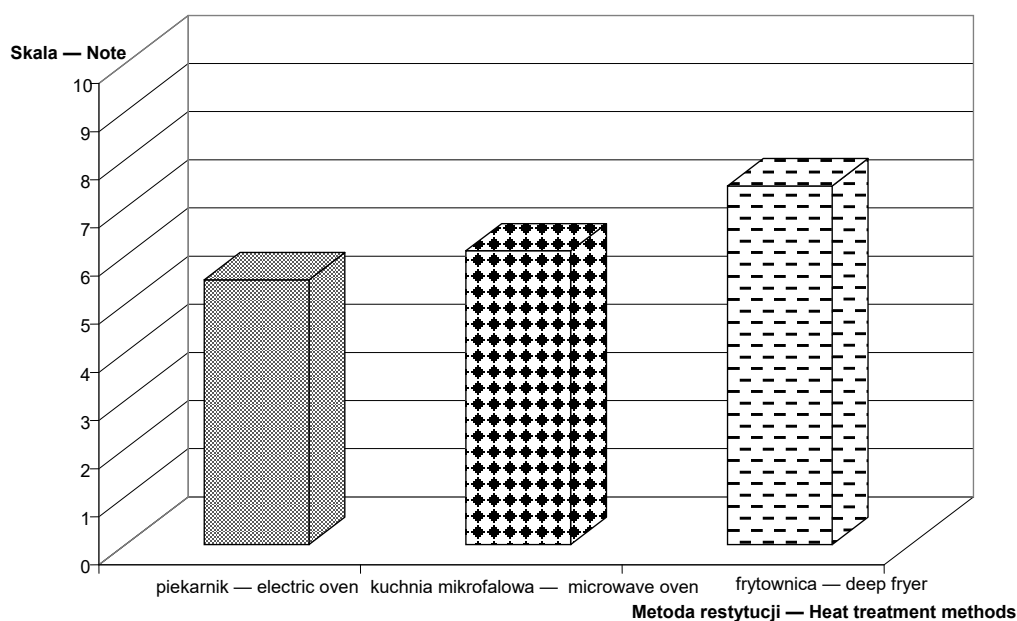
Wartości oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,01$)

The values denoted with the same letters (A, B, C) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,01$)

Wartości oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,05$)

The values denoted with the same letters (a, b, c) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,05$)

NIR —. najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant difference



Rys. 1. Ogólne wrażenie sensoryczne frytek uzyskanych różnymi metodami restytucji (skala 1–10)

Fig. 1. Total sensory impression of French fries prepared using different heat treatment methods (scale 1–10)

W ocenie wrażenia ogólnego (rys. 1) frytki smażone we frytownicy uzyskały w dziesięciopunktowej skali najwyższą notę 7,45 punktu. Frytki pieczone w kuchni

mikrofalowej i piekarniku uzyskały odpowiednio noty 6,10 punktu i 5,50 punktu. Z przeprowadzonych badań zatem wynika, że mrożone frytki należałoby restytuować we frytownicy w celu uzyskania najbardziej atrakcyjnego sensorycznie wyrobu.

WNIOSKI

1. Restytucja frytek w piekarniku nadaje produktowi gotowemu do spożycia aromat ziemniaczany o profilu ziemniaka smażonego.
2. Metoda restytucji frytek we frytownicy niesie ze sobą pozytywny skutek zmniejszenia negatywnych profili zapachowych.
3. Frytki przygotowane w piekarniku i kuchni mikrofalowej uzyskiwały aromat o profilu ziemniaka pieczonego jednakże z nutą spalenizny.

LITERATURA

- Andrzejewska O. 2012. Fresh & Cool Market Nr 4 [<http://www.fcmarket.pl/spis/50/c-spis.html>].
- Becalski A., Lau B., Lewi D., Seaman S. W. 2003. Acryloamid in foods. Occurrence and modeling. *J Agric. Food Chem.* 51 (3): 802 — 808.
- Belitz H. D., Grosch W., Schieberle P. 2009. Aroma Compounds. In: *Food Chem.*, Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York: 340 — 402.
- Dobarganes M.C., Marquez-Ruiz G. 2007. Formation and analysis of oxidized monomeric, dimeric and higher oligomeric triglycerides, Erickson M. D. (Ed.) *Deep Frying, Chemistry, Nutrition, and Practical Applications*, AOCS Press, Urbana IL.:87 — 110.
- Dresow J. F., Böhm H. 2009. The influence of volatile compounds of the flavour of raw, boiled and baked potatoes: Impact of agricultural measures on the volatile components. *Landbauforschung* 59 (4) 309 — 338
- Duckham S. C., Dodson A. T., Bakker J., Ames J. M. 2001. Volatile flavour components of baked potato flesh: A comparison of eleven potato cultivars. *Nahrung/Food* 45: 317 — 323.
- Elmore J. S., Wooldgrove J. A., Wang D. K., Dodson A. T., Mottram D. S. 2010. Aroma compounds in French fries from three potato varieties. Expression of Multidisciplinary Flavour Science. *Proceeding of the 12th Weurman Symposium* Ed by Blank I., Wüst M., Yeretizian C. Switzerland: 305 — 308.
- Jansky S. H. 2010. Potato flavor. *Am. J. Pot. Res.* 87: 209 — 217.
- Ju T. H., Ho C. T. 1995. Volatile compounds generated from thermal reaction of methionine and methionine sulfoxide with or without glucose. *J. Agric. Food Chem.* 43: 1642 — 1646.
- Kita A., Lisińska G. 2007. Ocena składu chemicznego i jakości organoleptycznej mrożonych produktów ziemniaczanych pochodzących z sieci handlowej. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (52): 15 — 27.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Pęksa A., Rytel E. 2009. The properties of potato snacks influenced by the frying medium. In: Yee N., Bussel W. (Eds) *Potato IV. Food 3 (Special Issue 2)*: 93 — 98.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. *Potato Science and Technology*. Elsevier Applied Science, London.
- Machowska S., Skibniewska K. A., Mozolewski W., Smoczyński S. S. 2003. Wartość zdrowotna produktów typu „Fast-Food”. *Żywność*. 1 (34) Supl.: 115 — 126.
- Mozolewski W., Pomianowski J. F., Kopeć M. 2009. Metody restytucji warunkiem jakości frytek ziemniaczanych, *Inż. Ap. Chem.* 2: 106 — 107.
- Nowacki W. 2010. *Ziemniaki. Cenne warzywo w polskiej tradycji*. Wyd. Mulico, Warszawa.
- Oruna-Concha M. J., Bakker J., Ames J. M. 2002. Comparison of the volatile components of two cultivars of potato cooked by boiling, conventional baking and microwave baking. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1080 — 1087.
- PN-A-82350:1996. Mrożone wyroby kulinarne-Pobieranie próbek i metody badań.

- PN-ISO 6564. 1999. Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.
- Shedid A.S. 2010. Volatile compounds from potato-Like Model system. *World J. Dairy & Food Sci.* 5 (2): 107 — 113.
- Tabee E., Azadmard-Damirchi S., Jägerstad M., Dutta P. C. 2008. Lipids and phytosterol oxidation in commercial French fries commonly consumed in Sweden. *J. Food Comp. and Anal.* 21, 2: 169 — 177.
- Van Loon W. A. M., Linssen J. P.H., Legger A., Posthumus M. A., Voragen A. G. J. 2005. Identification and olfactometry of French fries flavour extracted at mouth conditions. *Food Chem.* 90: 417 — 425.
- Van Loon W. A. M. 2005. Process innovation and quality aspects of French fries. Ph D thesis Wageningen University, The Netherlands. ISBN: 90-8504-210-0.
- Wagner R., Grosch W. 1997. Evaluation of potent Odorants of French fries. *Food Sci. Technol.* 30: 164 — 169.
- Zalewski S. 1997. Wykorzystanie tłuszczu w procesach kulinarnych. *Mat. Konf. Nauk. Żywnienie Człowieka-Hotelarstwo-Piekarstwo.*, Bydgoszcz 6–7 luty: 84 — 114.

WACŁAW MOZOLEWSKI¹**MAGDALENA WARMIŃSKA²****ANETA DĄBROWSKA²**¹ Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie² Wyższa Szkoła Gospodarki w Bydgoszczy

Metody restytucji mrożonych frytek czynnikiem kształtującym ich profil smakowy

Heat treatment methods of frozen French fries as a factor determining their flavour profile

Celem pracy było określenie wpływu metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na ich profile smakowe. Materiałem do badań były handlowe mrożone frytki ziemniaczane firmy Aviko i McCain o kształcie prostym i karbowanym. Frytki przygotowano do spożycia zgodnie z informacją umieszczoną na opakowaniu przy użyciu piekarnika, kuchni mikrofalowej oraz smażąc we frytownicy. Określenia profili smakowych frytek wg PN-ISO 6564 dokonał odpowiednio przygotowany 6 osobowy zespół. Oceny natężenia poszczególnych deskryptorów cech smakowych dokonano z użyciem 100 milimetrowej niestrukturowanej skali graficznej i poddano obliczeniom statystycznym z zastosowaniem analizy wariancji. Przygotowanie frytek w kuchni mikrofalowej wytworzyło we frytkach typowy smak gotowanego ziemniaka, co różnicowało je istotnie ($\alpha = 0,05$) od frytek restytuowanych w piekarniku i frytownicy. Gorący tłuszcz znajdujący się we frytownicy okazał się najlepszym medium grzewczym wpływającym na wytworzenie się charakterystycznego smaku ziemniaka smażonego oraz tłuszczowo-orzechowego ($\alpha = 0,01$) zaś gorące powietrze piekarnika i mikrofałe kuchenki w mniejszym stopniu wpływały na powstawanie pozytywnych profili smakowych frytek. Stwierdzono zmniejszenie się negatywnych profili smakowych we frytkach restytuowanych w frytownicy: kwaśnego, gnilnego i obcego. Środowisko piekarnika i kuchni mikrofalowej z termoobiegiem wytwarzało charakterystyczny profil produktu przypalonego. Najlepsze smakowo frytki otrzymano smażąc mrożony półprodukt we frytownicy, były one bardziej akceptowane i charakteryzowały się większym natężeniem profili pozytywnych niż negatywnych w porównaniu z frytkami otrzymanymi pozostałymi technikami.

Słowa kluczowe: analiza sensoryczna, frytki, metody restytucji, profile smakowe

The aim of the study was to establish the influence of different heat treatment methods used for frozen potato French fries on their flavour profiles. The material for this study were straight cut and crinkle cut French fries produced by Aviko and Mc'Cain. The fries were prepared for consumption according to the instruction on the packaging by the use of an electric oven, a microwave oven and a deep fryer. The sensory evaluation was performed according to PN-ISO 6564 by a well-trained professional panel of 6 experts. The intensity of particular flavour descriptors was evaluated by the use of a 100 millimeter non-structural graphic scale and subjected to statistic calculation using the method of variation analysis. Preparation of French fries in the microwave oven produced typical flavour of

boiled potato, which differentiated them significantly ($\alpha = 0.05$) from the French fries reheated in the electric oven and deep fryer. The hot oil of the deep fryer proved to be the best heating medium contributing to the emergence of characteristic flavour of fried potato and a fatty nut-like ($\alpha = 0.01$), whereas the hot air of the oven and the microwave had less influence on the appearing of positive flavour profiles of the French fries. It was observed that negative flavour profiles diminished in French fries reheated in a fryer: sour, putrid, and unfamiliar one. The environment of electrical and microwave oven with thermal cycling created a typical profile of a slightly burnt product. The tastiest French fries were obtained by frying the product in the deep fryer — they were the most acceptable and with a higher intensity of positive rather than negative profiles as compared with French fries prepared using other methods.

Key words: French fries, flavour profile, heat treatment, sensory evaluation

WSTĘP

Żywność smażona, szczególnie frytki są chętnie spożywane przez konsumentów ze względu na ich przyjemny smak, zapach i chrupką skórkę. Poza tym są bardzo łatwe w przygotowaniu zarówno w gastronomii, jak i gospodarstwie domowym.

Na polskim rynku obecni są producenci frytek przede wszystkim tacy, jak: Aviko, McCain, Farm Frites, Fritar, Stöver, Lutosa a ich produkcja zwiększa się corocznie i szacuje się że w najbliższym dziesięcioleciu trend taki będzie się utrzymywał (Grochulska, 2008).

Mrożone, handlowe frytki podlegają różnym procesom technologicznym w zakładzie przetwórczym, w tym smażeniu. Olej lub inny tłuszcz, użyty w procesie, ulega przemianom hydrolitycznym, oksydacyjnym i polimeryzacyjnym (Dobarganes i Marquez-Ruiz, 2007). Podczas procesu przetwarzania oraz zamrażalniczego przechowywania jakość półproduktu może pogarszać się, pozbawiając produkt finalny właściwych walorów smakowych i zapachowych (Kita i Lisińska, 2007; Orthoefer i in., 1996; Tabee i in., 2008;). Jakość tłuszczu ma istotne znaczenie z powodu jego absorpcji przez produkt podczas smażenia, tym samym wpływa on na jakość produktu finalnego (Kita i in., 2009; Orthoefer i in., 1996).

Przygotowanie frytek do konsumpcji, najczęściej mrożonych, odbywa się podczas krótkiego okresowego smażenia w głębokim oleju frytownicy. Dotyczy to głównie restauracji fast food, ale i gospodarstw domowych. Producenci wychodząc na przeciw konsumentom proponują również przygotowywanie ich w kuchniach mikrofalowych lub piekarnikach, czy też piecach konwekcyjno- parowych.

Różne techniki przygotowania mrożonych frytek do konsumpcji przebiegają w wysokich temperaturach: 175–180°C w czasie 2–3 minut podczas smażenia w tłuszczu lub 225–250°C w czasie 20–30 minut w powietrzu gorącego piekarnika (Dobarganes i Marquez-Ruiz, 2007; Kita i in., 2009; Mozolewski i in., 2009). Techniki te powodują zarówno pozytywne, jak i negatywne przemiany w wysokich temperaturach restytucji. Przykładowo przygotowanie frytek we frytownicy zwiększa w nich zawartość tłuszczu, natomiast środowisko gorącego powietrza w piekarniku powoduje miejscowe przypalenia, zmniejszając jakość sensoryczną (Mozolewski i in., 2009). Zarówno medium grzewcze, jak i jego temperatura mogą mieć zatem różnorodny wpływ na tworzenie się profili

smakowo-zapachowych, szczególnie typowego, ziemniaczano-olejowego oraz smażonego ziemniaka (van Loon i in., 2005).

Celem pracy było określenie wpływu metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na kształtowanie ich profili smakowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły mrożone frytki ziemniaczane, Firmy Aviko i McCain, o kształcie prostym i karbowane, zakupione w handlu detalicznym na terenie Olsztyna na przełomie roku 2010/2011 a półprodukt był w początkowym okresie przydatności do spożycia. Opakowania jednostkowe były pobierane w sposób losowy, po 6 opakowań dla każdego asortymentu o masie 450–750 g. W laboratorium Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności UWM w Olsztynie po dokonaniu oceny organoleptycznej półproduktu mrożonego wg PN-A-82350:1996 zawartość opakowania łączono w próbę ogólną, z której wydzielano średnie próbki laboratoryjne. Zamrożony półprodukt poddawano, zgodnie z przepisem widniejącym na opakowaniu, obróbce termicznej następującymi metodami restytucji:

- we frytownicy — smażenie przeprowadzono w temp. 180°C przez $3 \pm 0,5$ min. w elektrycznej frytownicy firmy Philips, stosując olej sojowy a próbki frytek osączano z nadmiaru tłuszczu na bibule filtracyjnej,
- w piekarniku — pieczenie odbywało się w nagrzanym do temp. 225°C w piekarniku kuchenki elektrycznej Amica typ Exclusive przez 12 ± 1 min.
- w kuchence mikrofalowej — pieczenie prowadzono przez 10 min. w kuchence mikrofalowej Samsung model RE 1100 w temp. 225°C z zastosowaniem mikrofal (420 W) i termoobiegu.

Restytucję każdej z prób prowadzono w dwóch powtórzeniach technologicznych Wszystkie próbki osączano z nadmiaru tłuszczu na bibule filtracyjnej, następnie umieszczano w pojemniku GN ze stali kwasoodpornej ogrzewanym do temp. 70°C i po zakończeniu poddawano ocenie.

Określenie deskryptorów, wybór próbek referencyjnych i trening (PN-ISO 6564.1999)

W czasie pracy zespołu, każdy z oceniających sporządził listę określeń kojarzących się z produktem, a trening z użyciem próbek referencyjnych prowadzono przez kolejnych 10 sesji, po których lider zespołu podczas dyskusji panelowej dokonał redukcji deskryptorów drogą eliminacji. Do przygotowania próbek referencyjnych z użyciem bulw użyto ziemniaka odmiany Lotos pochodzącego z SHR w Szyldaku

Poniżej przedstawiono sposób przygotowania próbek referencyjnych profili, które występowały w ocenie badanych frytek:

- gotowanego ziemniaka — w wodzie bez dodatku soli, podawany w całości,
- smażonego ziemniaka — plastry o grubości 1 cm smażone w świeżym oleju rzepakowym w temp. 180°C przez 10 min., osączone z nadmiaru tłuszczu,
- pieczonego ziemniaka — obrany, owinięty w folię aluminiową, pieczony w piekarniku w temp. 225°C przez 40 min.,

- delikatny posmak tłuszczu-plasty ziemniaka grubości 1 cm smażone w świeżym oleju; sojowym w temp. 180°C przez 10 min., osączone z nadmiaru tłuszczu,
- tłuszczowo-orzechowy — handlowe snaki ziemniaczane o smaku orzechowym,
- tłuszczowo-ziemniaczany — chipsy ziemniaczane solone,
- przyjemny słodki, słodki-ziemniak przechowywany w chłodziarce w temp. $2\pm 1^{\circ}\text{C}$ przez 10 dni, gotowany w wodzie bez dodatku soli,
- przypalony-plasty ziemniaka smażone na patelni teflonowej bez użycia tłuszczu,
- obcy-trudny do zidentyfikowania,
- jełki-plasty ziemniaka smażone w przeterminowanym oleju sojowym,
- kwaśny-handlowe pierogi ruskie,
- gnilny-skaleczony, zawilgocony ziemniak poddany procesowi gnicia w temp. 20°C,

Oceny profili smakowych dokonywano użyciem 100 milimetrowej niestrukturowanej skali graficznej w specjalistycznej pracowni analizy sensorycznej będącej w dyspozycji Katedry. Określenia profili smakowych frytek dokonał 6 osobowy zespół spełniający wymogi formalne, zgodnie z metodyką zawartą w PN-ISO 6564.1999.

Wyniki badań poddano obliczeniom statystycznym, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. Do zróżnicowania średnich obiektowych poszczególnych czynników zastosowano Test F- Snedecora, oznaczając istotność różnic przy poziomach istotności $\alpha = 0,01$ i $\alpha = 0,05$. W tabelach zamieszczono wyniki średnie oraz ich zróżnicowanie. Liczebność prób dla każdej techniki $n = 48$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Poniżej w tabeli 1 przedstawiono wyniki uzyskane w ocenie natężenia profili smakowych frytek przygotowanych do spożycia z użyciem różnych metod obróbki termicznej. Średnie noty natężenia profili nie były wysokie, a metody restytucji wpływały w zróżnicowany sposób na tworzenie lub brak odpowiedniego natężenia poszczególnych profili. Najniższe natężenie cechy smakowej (profil smażonego ziemniaka) wykazywały frytki przygotowane w piekarniku (1,66 pkt.) najwyższe zaś cechy smakowej (pieczonego ziemniaka) frytki restytuowane w kuchni mikrofalowej z notą 4,18 punktu.

Przygotowanie frytek w kuchni mikrofalowej, pomimo zastosowania opcji opiekania wytworzyło we frytkach typowy smak gotowanego ziemniaka, co odróżniało istotnie ($\alpha = 0,05$) produkt otrzymany tą metodą od frytek restytuowanych w piekarniku i frytownicy. Frytki restytuowane we frytownicy uzyskały charakterystyczny smak ziemniaka smażonego oraz profil tłuszczowo-orzechowy. Niższe natężenia profili smakowo-zapachowych frytek uzyskiwano w gorącym powietrzu piekarnika i mikrofalach kucharki.

Prekursory związków smakowo-zapachowych ziemniaka obecne są w świeżych bulwach, a należą do nich głównie cukry, aminokwasy, kwasy nukleinowe oraz lipidy. Podczas obróbki termicznej biorą one udział w reakcji Maillarda, w wyniku której powstają produkty ich degradacji (Jansky, 2010). Powstawanie ziemniakopodobnego smaku i zapachu następuje w wyniku rozpadu α -aminokwasów, które ulegają deaminacji i dekarboksylacji dając aldehydy i ketony. Przykładem tej reakcji może być powstawanie metionalu z metioniny, który stanowi ważny udział w smaku pieczonego ziemniaka oraz

odpowiada za zapach gotowanego ziemniaka. Do innych grup związków powstających podczas obróbki termicznej zaliczane są pochodne pyrazyny, które nadają produktom smak orzechowy oraz smażonego ziemniaka (Duckham i in., 2001; Oruna-Concha i in., 2002).

Tabela 1

Pozytywne profile smakowe frytek uzyskanych różnymi metodami restytucji
Positive flavour profiles of French fries prepared using different heat treatment methods

Technika przygotowania frytek Method of preparation	n	Profil smakowy, natężenie (punkty 1-10) Flavour profile, intensity (points 1-10)					
		gotowanego ziemniaka boiled potato	smażonego ziemniaka fried potato	pieczonego ziemniaka roasted potato	delikatny posmak tłuszczu faint fatty flavour	przyjemny słodkawy pleasant sweetish	tłuszczowo-orzechowy fatty nut-like
W piekarniku Electric oven	48	1,95a	1,66B	3,73a	2,92b	3,10b	2,39B
W kuchni mikrofalowej Microwave oven	48	2,49b	2,16B	4,18a	2,72b	2,63b	2,61B
We frytownicy Deep fryer	48	2,09a	3,70A	3,08a	4,07a	3,86a	3,68A
NIR — LSD		0,34	1,32	1,11	0,56	0,71	0,99

Wartości oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,01$)

The values denoted with the same letters (A, B, C) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0.01$)

Wartości oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,05$)

The values denoted with the same letters (a, b, c) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0.05$)

NIR —. najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant differences

Zdaniem Palazoglu i in. (2010), Sawickiej i Mikos-Bielak (2001) oraz Tajner-Czopek i in. (2008) to tłuszcz smaźalniczy kształtuje smak i zapach gotowych wyrobów, wpływa również na ich wygląd. Mozolewski i in. (2009) we wcześniejszych badaniach nad metodami przygotowania mrożonych frytek do konsumpcji wykazali, że frytki smażone we frytownicy zawierały więcej tłuszczu, niż restytuowane w piekarniku i kuchence mikrofalowej i uzyskały w ocenie organoleptycznej istotnie wyższe noty.

Potwierdzeniem tezy, że tłuszcz i jego pochodne tworzą również smak i zapach produktu są wyniki niniejszych badań (tab. 1). Gorący tłuszcz znajdujący się we frytownicy, okazał się najlepszym medium grzewczym wpływającym na wytworzenie się charakterystycznego smaku ziemniaka smażonego oraz tłuszczowo-orzechowego ($\alpha = 0,01$) zaś gorące powietrze piekarnika i mikrofały kuchenki w mniejszym stopniu wpływały na powstawanie pozytywnych profili smakowych. Co prawda zbyt duża zawartość tłuszczu we frytkach podraża koszty ich produkcji oraz sprawia, że są oleiste w smaku, jednakże zbyt mała, powoduje, że nie mają one odpowiedniego smaku i zapachu charakterystycznego dla produktów smażonych. Mając jednakże na uwadze, że w ciągu ostatnich lat zwiększyło się w Polsce spożycie produktów typu „fast food”, bogatych w tłuszcze, do których należą frytki (Sawicka i Barbaś, 2011) oraz problem zdrowotny współczesnego społeczeństwa, jakim jest nadwaga i otyłość, należy poszukiwać możliwości ograniczenia zawartości tłuszczu w smażonych produktach, w tym we frytkach.

Wyniki pomiaru ilościowego negatywnych profili smakowych powstających podczas restytucji frytek przedstawiono w tabeli 2. Dane wskazują, że natężenia negatywnych cech smakowych były zróżnicowane. Wysoką notę (3,86 pkt.) za smak słodki otrzymały frytki restytuowane we frytownicy, co różniło je od frytek przygotowanych w piekarniku i kuchni mikrofalowej. We frytkach pieczonych w piekarniku i kuchni mikrofalowej natężenia negatywnych profili takich, jak przypalony, obcy, gnilny, czy kwaśny były istotnie ($\alpha = 0,01$) wyższe niż we frytkach smażonych we frytownicy.

Tabela 2

Negatywne profile smakowe frytek uzyskanych różnymi metodami restytucji
Negative flavour profiles of French fries prepared using different heat treatment methods

Technika przygotowania frytek Method of preparation	n	Profil smakowy, natężenie (punkty 1-10) Flavour profile, intensity (points 1-10)					
		słodki sweet	przypalony burnt	obcy unfamiliar	jełki rancid	kwaśny sour	gnilny putrid
W piekarniku Electric oven	48	3,10b	1,67A	4,12A	1,48a	2,95a	2,73A
W kuchni mikrofalowej Microwave oven	48	2,63b	2,11A	2,82B	1,07a	2,77a	2,94A
We frytownicy Deep fryer	48	3,86a	0,57B	1,19C	0,77a	1,56b	1,07B
NIR — LSD		0,55	1,09	1,19	0,86	0,78	1,11

Wartości oznaczone tymi samymi literami (A, B, C) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,01$)

The values denoted with the same letters (A, B, C) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,01$)

Wartości oznaczone tymi samymi literami (a, b, c) nie różnią się istotnie na poziomie ($\alpha = 0,05$)

The values denoted with the same letters (a, b, c) do not significantly differ at the level of ($\alpha = 0,05$)

NIR — najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant differences

O profilu smakowym żywności poddanej obróbce termicznej decydują prekursorzy związków smakowo-zapachowych pochodzące z użytych surowców, zaś o profilu smakowym frytek głównie: ziemniak oraz tłuszcz (Michalska i Zieliński 2007; Tajner-Czopek i in., 2008; Jansky, 2010).

Typowy przypalony smak tworzący profil frytek restytuowanych w piekarniku i kuchni mikrofalowej może wynikać z faktu, że krawędzie frytek, głównie karbowanych, są szczególnie podatne na dehydratację w tych urządzeniach przez gorące powietrze (Dobarganes i Marquez-Ruiz, 2007). W piekarniku i kuchni mikrofalowej produkt piecze się nierównomiernie. Obrzeża frytek narażone są na miejscowe przegrzanie, a część ma bezpośredni kontakt z powierzchnią naczynia, co może przyczyniać się do intensywnego smaku przypaleniźny. W warunkach tych (temp. 225°C) dochodzi do karmelizacji cukrów oraz termicznego rozkładu białek, co może dawać odczucie określane jako przypalony, gorzki smak.

Interesujące jest w niniejszych badaniach występowanie we frytkach przygotowanych w piekarniku i kuchni mikrofalowej negatywnych profili takich, jak kwaśny i gnilny. Fakt ten może świadczyć o niewłaściwym procesie technologicznym, zachodzeniu procesów gnilnych podczas ich produkcji oraz nieodpowiednim procesem mycia i zbyt oszczędną gospodarką wodną. Jak widać z uzyskanych wyników natężenia niewyczuwalne w pro-

dukcje handlowym przez przeciętnego konsumenta mogą być określone wartościowo przez wyszkolony zespół. Jak podaje Jansky (2010), składnikiem wpływającym na negatywne cechy gotowanego ziemniaka jest m.in. metylopyrazyna, która może pochodzić ze świeżego ziemniaka oraz bakterii glebowych — tworzy ona posmak określany jako ziemisty i stęchły (ang. earthy; musty). I to one mogły być wyczuwane przez panelistów jako smak obcy.

Metoda restytucji frytek we frytownicy niesie ze sobą pozytywny skutek zmniejszenia natężenia negatywnych profili. W środowisku oleju nagrzanego do temperatury 180°C parująca gwałtownie woda porywa ze sobą lotne cząsteczki związków negatywnych skuteczniej, niż krążące w piekarniku i kuchence gorące powietrze.

WNIOSKI

1. Ogrzewanie w kuchni mikrofalowej wytworzyło we frytkach typowy smak gotowanego ziemniaka a ogrzewanie we frytownicy charakterystyczny smak ziemniaka smażonego oraz tłuszczowo-orzechowego.
2. Gorące powietrze piekarnika i mikrofae kuchenki w mniejszym stopniu wpływały na powstawanie pozytywnych profili smakowych frytek .
3. Stwierdzono niższe natężenie negatywnych profili smakowych we frytkach restytuowanych we frytownicy: kwaśnego, gnilnego i obcego.
4. Ogrzewanie w piekarniku i kuchni mikrofalowej wytwarzało charakterystyczny profil produktu przypalonego.
5. Frytki smażone we frytownicy były najlepsze smakowo i charakteryzowały się większym natężeniem profili pozytywnych niż negatywnych w porównaniu z frytkami otrzymanymi pozostałymi technikami.

LITERATURA

- Dobarganes M. C., Marquez-Ruiz G. 2007. Formation and analysis of oxidized monomeric, dimeric and higher oligomeric triglycerides, Erickson M. D. (Ed.) Deep frying, chemistry, nutrition, and practical applications. AOCS Press, Urbana IL.: 87-110.
- Duckham S. C., Dodson A. T., Bakker J., Ames J. M. 2001. Volatile flavour components of baked potato flesh: A comparison of eleven potato cultivars. *Nahrung/Food* 45: 317-323.
- Grochulska C. 2008. Wszechstronne ziemniaczki — raport o rynku frytek i przetworów ziemniaczanych. *Fresh & Cool Market* nr 8 (14): 1 — 5.
- Jansky S. H. 2010. Potato flavor. *Am. J. Pot. Res.* 87: 209 — 217.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Pęksa A., Rytel E. 2009. The properties of potato snacks influenced by the frying medium. In: Yee N., Bussel W. (Eds) *Potato IV. Food 3 (Special Issue 2)*: 93 — 98.
- Kita A., Lisińska G. 2007. Ocena składu chemicznego i jakości organoleptycznej mrożonych produktów ziemniaczanych pochodzących z sieci handlowej *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*, 3 (52): 15 — 27.
- Michalska A., Zieliński H. 2007. Produkty reakcji Maillarda w żywności. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2 (51): 5 — 16.
- Mozolewski W., Pomianowski J. F., Kopeć M. 2009. Metody restytucji warunkiem jakości frytek ziemniaczanych, *Inż. Ap. Chem.* 2: 106 — 107.
- Orthoefer F. T., Gurkin S., Liu K. 1996. Dynamics of frying, Perkins E. G., Erickson M. D. (Ed.): *Deep frying: Chemistry, nutrition, and practical applications*, AOCS Press, Champaign, IL: 223 — 244.

- Oruna-Concha M.J., Bakker J., Ames J.M. 2002. Comparison of the volatile components of two cultivars of potato cooked by boiling, conventional baking and microwave baking. *J. Sci. Food Agric.* 82: 1080 — 1087.
- Palazoglu T.K., Savrand D., Gökmen V. 2010. The effect of cooking method (baking compared with frying) on acrylamide level of potato chips was investigated in this study. *J. Food Sci.* 75, 1: 25 — 29.
- PN-A-82350:1996. Mrożone wyroby kulinarne-Pobieranie próbek i metody badań.
- PN-ISO 6564:1999. Analiza sensoryczna. Metodologia. Metody profilowania smakowości.
- Sawicka B., Barbaś P. 2011. Zależność jakości frytek od składu chemicznego bulw ziemniaka w ekologicznym i integrowanym systemie uprawy. *Nauka Przyr. Technol.* 5, 1: 5 — 11.
- Sawicka B., Mikos-Bielak M. 2001. Quality of French-fries of 37 potato cultivars in conditions of application of growth regulators Mival and Poteitin. *Electr. J. Pol. Agric. Univ. Ser. Food Sci. Technol.* 5, 2: 1 — 6.
- Tabee E., Azadmard-Damirchi S., Jägerstad M., Dutta P. C. 2008. Lipids and phytosterol oxidation in commercial French fries commonly consumed in Sweden. *J. Food Comp. Anal.* 21, 2: 169 — 177.
- Tajner-Czopek A., Kita A., Lisińska G. 2008. Zawartość akrylamidu we frytkach w zależności od temperatury i czasu smażenia. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 530: 371 — 379.
- van Loon W. A. M., Linssen J. P. H., Legger A., Posthumus M. A., Voragen A. G. J. 2005. Identification and olfactometry of French fries flavour extracted at mouth conditions. *Food Chem.* 90: 417 — 425.

WACŁAW MOZOLEWSKI**TOMASZ ŁAZICKI**Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Jakość i przydatność technologiczna płatków ziemniaczanych

The quality and technological usefulness of potato flakes

Celem pracy było określenie jakości świeżych rynkowych płatków ziemniaczanych pochodzących od pięciu producentów — Farm Frites Poland w Łęborku, Solan S.A. w Głownie, ZPZ „Stolon” w Słupsku, Hügli Food Polska Sp. z o.o. w Łodzi oraz PPZ Sp. z o.o. w Bronisławiu. W badanym materiale określano: cechy fizyko-chemiczne, zawartość wilgoci, cukrów redukujących i cukrów ogółem, a także hydroxymetylofurfural (HMF) oraz ilość wolnej skrobi. Ocenę sensoryczną płatków i purée przeprowadzono w pracowni analizy sensorycznej Katedry. Stwierdzono, iż płatki wybranych producentów różnią się od siebie znacząco masą nasypową (164,56–501,94 g/dm³), zawartością wilgoci (7,74–9,97%). Płatki charakteryzowały się zróżnicowaną, lecz wysoką, zawartością cukrów redukujących (0,58–5,35%) i sumy cukrów (1,32–5,95%). Ponadnormatywna zawartość cukrów ogranicza zastosowanie suszu m.in. przy produkcji przekąsek typu chipsy i prażynki. Zawartości wolnej skrobi w płatkach ziemniaczanych (*blue value*) mieściły się w przedziale: 1,21–4,04 g/100g.

Słowa kluczowe: cukry redukujące, HMF, płatki ziemniaczane, purée, suma cukrów, wolna skrobia

The aim of this study was to investigate the quality and the technological value of market fresh potato flakes from five manufacturers: Farm Frites Poland in Łębork, Solan S.A. in Głowno, ZPZ „Stolon” in Słupsk, Hügli Food Polska Sp. z o.o. in Łódź and PPZ Sp. z o.o. in Bronisław. Physicochemical properties, moisture content, reducing and total sugars, hydroxymethylfurfural (HMF) and free starch contents were determined in the potato flakes. The sensory evaluation of potato flakes and purée was performed in chair's sensory analysis lab. It was found that the potato flakes from different manufacturers have different bulk weight (164.56–501.94 g/dm³) and also moisture (7.74–9.97%). The potato flakes had varying but high content of reducing (0.58–5.35%) and total sugars (1.32–5.95%). When the content of sugars in dried potato is too high it's difficult to use it in production of snacks like crisps or others. The content of free starch (*blue value*) ranged from 1.21 to 4.04 g/100g.

Key words: reducing and total sugars, HMF, potato flakes, purée, blue value index starch

WSTĘP

Suszenie ziemniaków, jako najskuteczniejsza metoda utrwalania i przechowywania żywności w okresie między zbiorami, znana była już przed naszą erą. Usystematyzowany proces utrwalania surowca ziemniaczanego ewaluował, jednak jego europejskie początki

datuje się na początek wieku XX. Pierwsze zakłady powstawały w Niemczech, a produkowane wówczas susze wykorzystywano do wypieku pieczywa. Podczas I wojny światowej płatkami ziemniaczanymi zastępowano w chlebowej recepturze mąkę pszenną lub żytnią. W późniejszych latach wprowadzono zmiany w technologii produkcji płatków, co miało na celu poprawę ich jakości oraz możliwość szerszego wykorzystania (Zgórska, 1993).

Płatki ziemniaczane definiuje się jako rodzaj suszu otrzymywany z ugotowanego ziemniaka. Zakwalifikowano je do jednej z sześciu grup produktów ziemniaczanych — produkty suszone z ziemniaków surowych i ugotowanych (Lisińska i in., 2002). Wśród odmian, które zalecane są do tego rodzaju przetwórstwa wymienia się: Augusta, Etola, Justa, Karlana, Lady Florina, Orlik, Bryza, Fianna, Finezja, Monsun, Redstar i Wiking (Krysiak i Nebesny, 2002; Zgórska i Grudzińska, 2010).

Z roku na rok susze ziemniaczane odgrywają coraz większą rolę w przemyśle spożywczym oraz w gastronomii i gospodarstwie domowym ze względu na ich szerokie zastosowanie. Wzbudza to zainteresowanie producentów suszu w poprawie jego jakości i dostosowaniu do wymagań odbiorców. Popularność zawdzięcza on przedłużonej trwałości uzyskanej dzięki procesowi suszenia. Dzięki zmniejszeniu zawartości wody, a tym samym obniżeniu aktywności drobnoustrojów i spowolnieniu procesów biochemicznych, półprodukt ten można dłużej i łatwiej przechowywać, czy transportować. Mówiąc o przechowywaniu podkreślić należy zmniejszenie masy, a także objętości, co bez wątpienia korzystnie wpływa na proces magazynowania od strony ekonomicznej (Rytel i Lisińska, 2007; Zgórska, 2011).

Od wielu lat płatki ziemniaczane są podstawowym surowcem do produkcji mrożonych przetworów ziemniaczanych takich jak: pyzy, knedle, kopytka, uszka, krokiety, placki czy paszteciki ziemniaczane. Coraz częściej producenci wykorzystują susze także do produkcji przekąsek takich jak chipsy, chrupki czy prażynki (Czerwińska, 2010; Grochulska, 2008; Wójtowicz i Baltyn, 2006; Zgórska, 1993).

Celem pracy było określenie jakości świeżych rynkowych płatków ziemniaczanych pochodzących od pięciu producentów.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były handlowe płatki ziemniaczane pięciu producentów: Farm Frites Poland w Łęborku, Solan S.A. w Głownie, ZPZ „Stolon” w Słupsku, Hügli Food Polska Sp. z o.o. w Łodzi oraz PPZ Sp. z o.o. w Bronisławiu. Wszystkie płatki, z wyjątkiem tych czeskiego pochodzenia (Hügli Food), zostały pobrane bezpośrednio u producentów. Płatki pochodzące z Czech pobrano natomiast w hurtowni. Próby płatków zakodowano przypisując numery od 1 do 5.

Wszystkie badania mające na celu określenie jakości rynkowych płatków ziemniaczanych przeprowadzono w laboratoriach Katedry Towaroznawstwa i Badań Żywności Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie.

Ocenę organoleptyczną płatków i purée wykonano zgodnie z Polską Normą (PN-A-74702-1:1998). Purée przygotowano zgodnie z instrukcjami producenta. W badaniu brało udział pięciu testerów spełniających kryteria testerów jakości sensorycznej.

Wykonano również: oznaczenie masy nasypowej — zgodnie z PN-A-74702-3:1998, oznaczenie wilgotności — zgodnie z PN-EN ISO 1666:2000, oznaczenie cukrów redukujących i sumy cukrów metodą Lane — Eynona (PN-A-7108:1996), oznaczenie wolnej skrobi według metodyki podanej przez Lamberti i in. (2004), zawartości hydroxymetylofurfuralu (HMF) metodą Keeney’a i Bassette’a (1959).

Wyniki badań poddano analizie statystycznej, wykorzystując programy komputerowe: Statistica oraz Microsoft Excel. Przeprowadzono jednokierunkową analizę wariancji i wyznaczono grupy homogeniczne za pomocą testu Dunkana (na poziomie istotności $p \leq 0,05$ oraz $p \leq 0,01$).

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie przeprowadzonej oceny sensorycznej stwierdzono, że płatki pochodzące od różnych producentów różnią się od siebie poszczególnymi cechami jakościowymi (tab. 1). Różnice dostrzeżono w postaci płatków, gdzie można wyróżnić trzy zasadnicze grupy: płatki drobne, sypkie (płatki 5); drobne, sypkie z domieszką proszku (płatki 1,2,3) oraz sypki proszek (płatki 4).

Tabela 1

Wyróżniki jakości płatków ziemniaczanych 5 producentów
The quality factors of potato flakes from 5 manufacturers

Producent płatków Flakes manufacturer	Barwa Colour	Masa nasypowa (g/dm ³) Bulk weight (g/dm ³)	Wilgotność (%) Moisture (%)	Cukry redukujące (%) Reducing sugars (%)	Cukry ogółem (%) Total sugars (%)	HMF (mg/kg) HMF (mg/kg)	Wolna skrobia (g/100g) Free starch (g/100g)
1	jasnokremowa light cream	273,42 A	7,74 A	1,61 C	1,76 B	105,86 D	2,91 C
2	kremowa cream	298,31 C	8,45 C	0,94 B	1,32 A	52,97 B	3,38 D
3	intensywnie żółta intense yellow	388,76 D	9,97 E	4,98 D	5,38 C	203,03 E	1,87 B
4	intensywnie żółta intense yellow	501,94 E	8,10 B	5,35 E	5,95 D	94,90 C	1,21 A
5	biała white	164,56 A	8,72 D	0,58 A	1,36 A	31,29 A	4,04 E
NIR LSD	—	6,34	0,17	0,49	0,26	9,80	0,36

A, B — grupy homogeniczne na poziomie ($\alpha = 0,01$); A,B — homogenous groups at the level of ($\alpha = 0.01$)

NIR — najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant difference

HMF — hydroxymetylo-furfural; HMF — hydroxymethylfurfural

Produkt zróżnicowany był również pod względem barwy: od białej (płatki 5), przez jasnokremową (płatki 1), kremową (płatki 2) aż po intensywny żółty (płatki 3 i 4). Różnice

te mogą wynikać z zawartości barwników karotenoidowych i chlorofilowych w surowcu, a także stosowanych w procesie produkcyjnym dodatków np. barwników.

Wizualna ocena barwy jest subiektywna, gdyż wynik oceny uzależniony jest od wielu czynników, np. czułości wzroku oceniającego, powierzchni ocenianego produktu czy składu spektralnego światła.

Potwierdzeniem tego są badania Tomaszewskiej i Nerynga (2007), którzy oceniając barwę produktów ziemniaczanych i jej zmiany podczas obróbki cieplnej, przy użyciu kolorymetru odbiciowego, wykazali zależność pomiędzy parametrami L^* (jasność) i a^* (nasycenie barwy od zielonej do czerwonej), uznając ją za konsekwencję procesów ciemnienia produktu. Wydaje się zatem, że obiektywizację wyników można uzyskać przy pomocy czułych metod spektralnych, jednakże należałoby stosować je rutynowo.

Wszystkie przebadane płatki miały zapach typowy dla użytego surowca, a także były wolne od zanieczyszczeń. Zatem zgodnie z normą (PN-A-74722: 1997) płatki te spełniały wymagania organoleptyczne dla suszu ziemniaczanego otrzymanego z gotowanych ziemniaków.

Wskaźnikiem wyróżniającym jakość suszu ziemniaczanego jest masa nasypowa. Jej wartość mówi o objętości produktu, przestrzeniach pomiędzy jego cząsteczkami, a także tych wewnątrz materiału. Im wyższa wartość masy nasypowej, tym objętość badanego materiału jest mniejsza. Najmniejszą wartością tego parametru charakteryzował się susz nr 5 ($164,56 \text{ g/dm}^3$), największą zaś płatki nr 4 ($501,94 \text{ g/dm}^3$). Ich objętość — największa spośród badanych płatków — świadczy o obecności większych przestrzeni między cząsteczkami, puszystości materiału i małym stopniu rozdrobnienia. Uzyskane wartości są zbliżone do deklarowanych przez producenta Biorąc pod uwagę aspekt przechowywania produktu — materiał powinien charakteryzować się dużą masą nasypową, tak aby zajmowana przez niego powierzchnia magazynowa była jak najmniejsza.

Podobnie jak w przypadku masy nasypowej, płatki pochodzące od pięciu różnych producentów charakteryzowały się zróżnicowaną ($\alpha = 0,01$) wilgotnością. Wilgotność badanego suszu mieściła się w przedziale od 7,73% (płatki nr 1) do 9,97% (płatki nr 3). Wszystkie badane próby spełniają wymagania normy (PN-A-74722:1997), według której susz z gotowanych ziemniaków nie powinien zawierać więcej niż 10% wilgoci. Zbyt wysoki poziom wilgotności może prowadzić do zbrylania się produktu, a także szybszego psucia. W produkcie takim w czasie przechowywania mogą zachodzić reakcje nieenzymatycznego brązowienia.

Badane płatki ziemniaczane charakteryzowały się również zróżnicowaną zawartością cukrów redukujących ($\alpha = 0,01$). Ich najmniejszą ilość oznaczono w suszu nr 5 (0,58%), natomiast najwięcej cukrów redukujących zawierały płatki nr 3 (4,98%) oraz 4 (5,35%). Jedynie trzy z pięciu badanych produktów nie przekroczyły dopuszczalnego poziomu zawartości cukrów redukujących, który zdaniem Lisińskiej i in. (2002) nie powinien przekraczać 2% w przeliczeniu na suchą masę.

Według Samborskiego (2005) uzyskanie suszonych produktów z ziemniaka o bardzo niskiej ilości cukrów redukujących jest praktycznie niemożliwe. Ich koncentracja w suszu ziemniaczanym ma istotny wpływ na intensywniejszy przebieg reakcji Maillarda,

objawiających się brązowaniem produktów. Pogorszeniu ulega także smak i zapach, a dodatkowo powstawać mogą szkodliwe dla zdrowia człowieka związki heterocykliczne.

Zawartość cukrów redukujących dodatkowo ogranicza możliwości wykorzystania płatków ziemniaczanych w przemyśle spożywczym. W ostatnich latach nastąpił gwałtowny wzrost wykorzystania tego rodzaju suszu, głównie do produkcji przekąsek (chipsów i prażynek). Zbyt wysoka zawartość cukrów redukujących przyczynia się do procesu karmelizacji, co pogarsza jakość produktu końcowego i może negatywnie wpływać na jego akceptację przez konsumentów (Lisińska, 2006).

W płatkach oznaczano również zawartość wolnej skrobi, której ilość okazała się również zróżnicowana ($\alpha = 0,01$). Jej zawartość mieściła się w granicach od 1,21 (płatki nr 4) do 4,04 g/100g (płatki nr 5). Zawartość wolnej skrobi, inaczej zwana wskaźnikiem blue value index, świadczy o konsystencji purée otrzymywanym z suszu ziemniaczanego (Lisińska i in., 2002). Tekstura uchodzi za jedno z najważniejszych kryteriów konsumenckiej akceptacji produktów przetwórstwa ziemniaczanego. Przyjęto, iż duża kleistość i ciastowatość produktów ziemniaczanych skorelowana jest z poziomem zawartości wolnej skrobi. Powstaje ona wskutek pękania komórek w procesie przetwarzania żywności. Jej ilość można zredukować poprzez hartowanie (podgrzewanie i schładzanie) poprzedzające dalszą obróbkę surowca ziemniaczanego (Lamberti i in., 2004). Różnice w zawartości wolnej skrobi w płatkach różnych producentów mogą świadczyć o odmiennym sposobie prowadzenia procesu technologicznego oraz użycia ziemniaków różnych odmian.

Płatki ziemniaczane różniły się między sobą ($\alpha = 0,01$) również zawartością hydroxymetylofurfuralu (HMF). Największą zawartość tego związku (tab. 1) oznaczono w płatkach pochodzących od Producenta 3 (203,03 mg/kg), natomiast najmniejszą w suszu Producenta 5 (31,29 mg/kg).

HMF to związek powstający podczas obróbki termicznej produktów, które bogate są w monosacharydy. Wnioskować można zatem, że powstawanie HMF następowało w procesie suszenia płatków z różnym natężeniem. Oprócz wyżej wymienionych czynników na wzrost stężenia hydroxymetylofurfuralu wpływa również zawartość cukrów redukujących, a także aktywność wodna (Capuano i Fogliano, 2011).

Zestawiając wyniki zawartości HMF oraz cukrów redukujących w badanym materiale dostrzeżono zależność między nimi. W płatkach pochodzących od Producenta 5, gdzie znajdowało się najmniej cukrów redukujących (0,58%), zawartość HMF również była najniższa (31,29 mg/kg). Podobnie było w przypadku suszu producentów: 1, 2 i 3. Wyjątkiem były natomiast płatki Producent 4, gdzie przy najwyższej zawartości cukrów redukujących spośród badanego materiału (5,35%) — zawartość HMF nie była najwyższa i wynosiła 94,9 mg/kg. Biorąc pod uwagę cztery pozostałe wyniki można wskazać zależność, iż wraz ze wzrostem ilości cukrów redukujących w płatkach wzrasta również w nich zawartość hydroxymetylofurfuralu.

W przypadku płatków ziemniaczanych Producenta 3, które charakteryzowały się najwyższą zawartością HMF, dostrzeżono również zależność pomiędzy zawartością wilgoci (najwyższą — 9,97%) a HMF. Związek ten powstaje jednak najszybciej w produktach o niższej zawartości wody, dlatego też w powyżej opisywanym przypadku

wysoka zawartość HMF mogła być spowodowana technologią produkcji badanych płatków.

Dostępne dane literaturowe nie dostarczają zbyt wielu informacji na temat badań HMF w produktach ziemniaczanych. Z badań Mozolewskiego (1987) wynika, że chipsy ziemniaczane zawierały 104,2 mg HMF/kg. Natomiast według Szczęsnej i Rybak-Chmielewskiej (1999) zawartość hydroxymetylofurfuralu w miodzie wynosi 62,41 mg/kg produktu. Należy zwrócić uwagę, iż zarówno w przypadku spożycia miodu, jak i chipsów do organizmu trafia zdecydowanie mniej HMF ze względu na wielkość pobranej z diety porcji. Według Brandt i in. (2006), w raporcie dotyczącym bezpieczeństwa żywności i środków żywienia zwierząt, ilość HMF, który powstaje w produktach ziemniaczanych, nie zagraża zdrowiu człowieka. Dlatego też stwierdzono, iż nie istnieje potrzeba jego określania i kontrolowania zawartości. Ze względów poznawczych, badania tego typu mają duże znaczenie, gdyż potencjalnie związek ten uważany jest za szkodliwy, ale również może zapobiegać procesom autooksydacji (Michalska i Zieliński, 2007).

Purée przygotowane z płatków ziemniaczanych uzyskało zróżnicowane noty ($\alpha = 0,05$) dla poszczególnych cech jakościowych (tab. 2). Zgodnie z normą PN-A-74722:1997 przyrządzana i oceniana potrawa, aby uzyskać ocenę dostateczną musi w ocenie ogólnej zdobyć trzy punkty.

Tabela 2

Wyniki oceny sensorycznej puree ziemniaczanego (punkty 1–10)
The results of puree sensory evaluation (points 1–10)

Producent płatków Flakes manufacturer	Barwa Colour	Zapach Aroma	Konsystencja Consistency	Smakowitość Tastiness	Jakość ogólna Total quality
1	3,20 a	3,20 a	3,40 b	2,70 a	3,17 a
2	4,10 a	3,70 a	3,80 b	2,80 a	3,74 a
3	4,80 b	4,50 b	3,50 b	4,20 b	4,25 b
4	4,80 b	3,50 a	2,50 a	2,70 a	3,46 a
5	4,10 a	3,50 a	3,80 b	3,40 a	3,86 ab
NIR	0,85	1,10	0,96	1,02	—
LSD					

a,b — grupy homogeniczne na poziomie ($\alpha = 0,05$); a,b — homogenous groups at the level of ($\alpha = 0,05$)

NIR — najmniejsza istotna różnica; LSD — least significant difference

Najniższą notę za barwę i zapach (3,2 pkt.) otrzymało purée z płatków ziemniaczanych producenta 1 (tab. 2). Najlepiej oceniono barwę potraw przyrządzonych z płatków pochodzących od Producenta nr 3 oraz 4 (4,8 pkt.). Najwyższą notę za zapach otrzymało natomiast purée odtworzone z płatków producenta 3 (3,5 pkt.).

Smakowitość puree została oceniona najniżej w przypadku potraw przygotowanych z płatków nr 1, 2 i 4 (odpowiednio: 2,7; 2,8; 2,7 pkt.). Puree ziemniaczane, które uzyskało noty za smakowitość poniżej 3 punktów posiadało ziemisty, gnilny posmak. Najwyżej oceniono smakowitość purée odtworzone z płatków nr 3 (4,2 pkt.).

Najmniej właściwą konsystencją charakteryzowało się purée przyrządzone z płatków nr 4 i otrzymało ono notę na poziomie 2,5 pkt. Najwyżej pod względem konsystencji oceniono natomiast purée z suszu pochodzącego od Producentów nr 2 i 5 (3,8 pkt.).

Podsumowując, najwyższą ocenę jakości ogólnej otrzymało purée z płatków Producenta nr 3 (4,25), nieco niższej oceniono natomiast purée z płatków pochodzących od Producentów nr 5 i 2 — odpowiednio 3,86 i 3,74 pkt. Najniższą notę przepisano natomiast purée otrzymanemu z suszu Producenta nr 1 (3,17 pkt.).

WNIOSKI

1. Badane płatki różniły się od siebie istotnie: barwą, granulacją, masą nasypową i zawartością wilgoci.
2. Zawartość cukrów redukujących i sumy cukrów w płatkach była ponadnormatywna, co ogranicza zastosowanie suszu do dalszego wykorzystania m.in. przy produkcji przekąsek typu chipsy i prażynki
3. Nie wszystkie badane płatki są przydatne do sporządzenia z nich puree ze względu na wady konsystencji.
4. Większe ilości hydroksymetylofurfuralu stwierdzono w płatkach ziemniaczanych zawierających wyższą zawartość cukrów redukujących, z wyjątkiem płatków nr 4

LITERATURA

- Brandt P., Binner R., Sommerfeld G., Krumrey V. 2006. Report on Food and Feed Safety 2005. Food Monitoring. 20.
- Capuano E., Fogliano V. 2011. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies, Food Sci. Techn., 44: 793 — 810.
- Czerwińska D. 2010. Ziemniaczane różności. Przeg. Gastr. 7-8. 10 — 11.
- Grochulska C., 2008, Wszechstronne ziemniaczki — raport o rynku frytek i przetworów ziemniaczanych. Fresh & Cool Market” nr 8 (14): 1 — 5.
- Keeney M., Bassette R. 1959. Determination of intermediate compounds in the dairy stage of browning reaction in milk products. J. Dairy Sci. 13: 945 — 960.
- Krysiak W., Nebesny E. 2002. Wpływ sposobu blanszowania na jakość otrzymanego suszu ziemniaczanego. Zesz. Nauk. Pol. Łódź. 66: 5 — 16.
- Lamberti M., Geiselman A., Conde-Petit B., Escher F. 2004. Starch transformation and structure development in production and reconstitution of potato flakes, Lebensm. — Wiss. Technol., 37: 417 — 427.
- Lisińska G., Leszczyński W., Golachowski A., Regiec P., Pęksa A., Kita A. 2002. Wyroby suszone z ziemniaka — ocena jakości. Ćwiczenia z technologii przetwórstwa węglowodanów: 141 — 149.
- Lisińska G. 2006. Wartość technologiczna i jakość konsumpcyjna polskich odmian ziemniaka. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 511. 81 — 94.
- Michalska A., Zieliński H., 2007. Produkty reakcji Maillarda w żywności. Żywność Nauka. Technologia. Jakość 2 (51): 5 — 16.
- Mozolewski W. 1987. Jakość czipsów i spożywczego suszu ziemniaczanego w zależności od surowca i zastosowanej technologii. Praca doktorska. ART w Olsztynie.
- Polska Norma PN-A-72722:1997. Przetwory ziemniaczane. Susz z gotowanych ziemniaków.
- Polska Norma PN-A-74702-1:1998. Przetwory ziemniaczane. Metody badań. Określanie postaci, barwy i zapachu.
- Rytel E., Lisińska G. 2007. Zmiany zawartości witaminy C w bulwach ziemniaka podczas gotowania i przetwarzania na produkty smażone i suszone. Żywność. Nauka. Technologia. Jakość. 6 (55): 186 — 197.
- Samborski S. 2005. Przemysłowy przerób ziemniaków. Polska wieś w Europie, Warszawa: 1 — 17.
- Szczęsna T., Rybak-Chmielewska H. 1999. Determination of hydroxymethylfurfural (HMF) in honey by HPLC. Pszczeln. Zesz. Nauk. 43: 219 — 225.

- Tomaszewska M., Neryng A. 2007. Wpływ środowiska obróbki cieplnej oraz warunków przechowywania na barwę gotowych produktów ziemniaczanych przygotowanych według technologii gwałtownego schładzania. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3 (52): 173 — 183.
- Wójtowicz A., Baltyn P. 2006. Ocena wybranych cech jakościowych popularnych przekąsek ziemniaczanych. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość*. 2 (47). 112 — 123.
- Zgórska K. 1993. Przetwory spożywcze z ziemniaka. *Ziem. Pol.* 3: 3 — 8.
- Zgórska K., Grudzińska M. 2010. Przydatność odmian ziemniaka do przetwórstwa spożywczego. *Ziem. Pol.* 3: 39 — 42.
- Zgórska K. 2011. Jak uzyskać dobrą jakość suszonej kostki ziemniaczanej. *Ziem. Pol.* 2: 35 — 39.

SŁAWOMIR WRÓBELInstytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie

Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemniak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości

Effects of fertilization of potato cultivar Jelly with foliar fertilizers YaraVita Ziemniak and Actisil

Doświadczenie polowe przeprowadzono na północy kraju w województwie zachodniopomorskim (Bonin k/Koszalin) w latach 2009–2011. Określano efekty produkcyjne i jakościowe dolistnego nawożenia ziemniaka odmiany Jelly nawozami YaraVita Ziemniak (P_2O_5 — 44%, K_2O — 7,5%, MgO — 6,7%, Mn i Zn) oraz Actisil (Si — 0,6%). Warunki pogodowe najkorzystniej oddziaływały na plonowanie w latach 2009 i 2011, kiedy notowano plony przekraczające $600\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, w roku 2010 plony nie przekraczały $400\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$. Zastosowanie nawozów dolistnych nie wpłynęło dodatnio na efekt plonotwórczy. Stwierdzono natomiast ich istotny wpływ na redukcję frakcji bulw najdrobniejszych w plonie o około 50% oraz wzrost udziału bulw największych (powyżej 60 mm), szczególnie po zastosowaniu preparatu Actisil (+ 23%) samodzielnie lub w połączeniu z YaraVita Ziemniak (+ 10%). Ocena plonów pod kątem występowania chorób na bulwach wykazała, że zastosowanie krzemu zdecydowanie ograniczało udział bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami. Natomiast zastosowanie nawozu YaraVita Ziemniak miało działanie ograniczające występowanie bulw z ospowatościami. Nie stwierdzono istotnego wpływu nawozów dolistnych na występowanie pustowatości bulw, rdzawej plamistości miąższu, parcha zwykłego i suchej zgnilizny. Zaobserwowano natomiast niższe porażenie bulw mokrą zgnilizną po okresie przechowywania, szczególnie po zastosowaniu preparatu krzemowego Actisil.

Słowa kluczowe: Actisil, fosfor, krzem, potas, YaraVita Ziemniak, ziemniak

Field experiments were conducted in 2009–2011 in the north of Poland (Bonin near Koszalin). Productive and qualitative effects of foliar fertilization of potato cv. Jelly with fertilizers YaraVita Ziemniak (P_2O_5 — 44%, K_2O — 7.5%, MgO — 6.7%, Mn i Zn) and Actisil (Si — 0.6%) were evaluated. The best weather conditions for yield were in the years 2009 and 2011 when the yield was over $600\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$, while in 2010 the yield did not exceed $400\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$. Application of foliar fertilizers had no additional yield-forming effect. We found a significant effect on the reduction of the fraction of smallest tubers in the yield by about 50% and an increased share of the largest tubers (over 60 mm), especially after treatment with Actisil (+ 23%) alone or in combination with YaraVita Ziemniak (+ 10%). The assessment of yields for the presence of disease on the tubers showed that the application of silicon definitely limited share of tubers with symptoms of soft rot while the number of tubers with black scurf increased. The application of the fertilizer YaraVita Ziemniak limited the occurrence of

black scurf. The foliar fertilizers had no significant effect on the occurrence of hollow hearts, rusty internal spots, common scab and dry rot. We observed a lower soft rot infection of tubers after storage, especially after application of Actisil.

Key words: Actisil, phosphorus, potassium, silicon, potato, YaraVita Ziemniak

WSTĘP

Doglebowe nawożenie mineralne jest podstawowym elementem prawidłowej agrotechniki ziemniaków. Jednakże coraz powszechniej stosuje się dolistne dokarmianie roślin makro- i mikroelementami. W ten sposób można uzupełnić podstawowe nawożenie doglebowe np. w sytuacjach wystąpienia niedoborów przy czym nie można go zastąpić, szczególnie w przypadku makroelementów (Szewczuk, 2009 a). Jest to również jedyny sposób na dostarczenie roślinom w trakcie wegetacji składników pokarmowych w sytuacji np. zahamowanego bądź utrudnionego ich pobierania przez system korzeniowy. Najczęściej stosowane jest dolistne dokarmianie azotem, który w największym stopniu decyduje o plonowaniu roślin (Grzebisz, 2009). Przy czym można również spotykać w literaturze informacje dotyczące braku wpływu nawożenia dolistnego na plonowanie ziemniaka (Bogucka i in., 2010). Dostarczanie w ten sposób innych makroelementów, jak fosfor i potas może również wpłynąć na wzrost plonów (Jabłoński, 2009). Efekty nawożenia dolistnego są tym większe im wyższy jest poziom agrotechniki (Jabłoński, 1999), ponadto dolistne dokarmianie według niektórych autorów (Gorlach, 1996; Jabłoński, 2003; Sawicka i Skiba, 2009; Szewczuk, 2009b) zwiększa efektywność nawożenia doglebowego, ogranicza występowanie chorób i poprawia jakość bulw. Huber (1996) w oparciu o 1180 doniesień literaturowych stwierdził, że poza azotem, aplikacja fosforu, potasu i magnezu w porównaniu do innych pierwiastków wpływa w największym stopniu na wzrost odporności roślin na choroby.

Obok powszechnie stosowanych makro- i mikroelementów w nawożeniu ziemniaka coraz większego znaczenia nabiera wykorzystanie krzemu. Choć pierwiastek ten występuje w przyrodzie nader powszechnie (Hou i in., 2006), głównie jako składnik frakcji mechanicznych gleby, jego przyswajalność jest bardzo mała, ponieważ występuje w formach trudnodostępnych (Brogowski, 2000). Przez rośliny krzem jest pobierany w postaci kwasu ortokrzemowego (H_4SiO_4) i w tej formie lub jako żel krzemionkowy występuje w tkankach roślinnych (Jones i Handreck, 1967). Trudności w jego pobieraniu występują szczególnie na glebach nadmiernie wapnowanych oraz intensywnie nawożonych azotem i fosforem. Zadaniem krzemu w roślinie oprócz impregnacji zewnętrznych komórek epidermy (Jones i Handreck, 1967), które tworzą mechaniczną barierę chroniącą jej tkanki przed np. nadmiernymi stratami wody w procesie transpiracji jest również wpływ na metaboliczną i fizjologiczną aktywność roślin (Sacała, 2009). W warunkach stresu wodnego dostarczenie krzemu może zwiększyć odporność roślin oraz poprawić ich wzrost. Krzem ogranicza również toksyczne działanie glinu, manganu, kadmu oraz innych związków na roślinę (Brogowski, 2000; Badora i Grenda, 2002; Grenda i Skowrońska, 2004). W literaturze spotyka się wiele prac dotyczących wpływu preparatów

krzemowych stosowanych w nawożeniu roślin warzywnych i sadowniczych, brakuje natomiast informacji dotyczących ziemniaka.

Celem przeprowadzonych badań było określanie efektów produkcyjnych i jakościowych dolistnego nawożenia ziemniaka nawozem bezazotowym YaraVita Ziemniak oraz preparatem krzemowym Actisil.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe na glebie średnio zwięzłej klasy IV (kompleks żytni bardzo dobry) przeprowadzono na północy kraju w województwie zachodniopomorskim w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka IHAR — PIB w Boninie k/Koszalina, w latach 2009–2011. Efekty produkcyjne i jakościowe dolistnego nawożenia określano na średnio późnej jadalnej odmianie ziemniaka Jelly, nawozem YaraVita Ziemniak (P_2O_5 — $440\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, K_2O — $75\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, MgO — $67\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$, Mn — $10\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$ i Zn — $5\text{ g}\cdot\text{l}^{-1}$) oraz preparatem krzemowym Actisil (Si — $0,6\%$). Oceniano następujące kombinacje (zabiegi wykonywano małym podwieszanym opryskiwaczem ciągnikowym):

- A — Kontrola (bez zabiegów dolistnego nawożenia),
- B — YaraVita Ziemniak (3 zabiegi)
 - 1. zabieg po zwarcu rzędów — $2\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 2. zabieg po 14 dniach od pierwszego — $10\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 3. zabieg 14 dni po drugim zabiegu — $10\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- C — Actisil (3 zabiegi)
 - 1. zabieg — pełnia wschodów — $0,3\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 2. zabieg po 14 dniach od pierwszego — $0,4\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
 - 3. zabieg 14 dni po drugim zabiegu — $0,3\text{ l}\cdot\text{ha}^{-1}$
- D — YaraVita Ziemniak + Actisil (stosowano oba nawozy w ilości i terminach jak w kombinacji B i C)

Doświadczenie założono w czterech powtórzeniach metodą pełnej randomizacji poletek, na stanowisku po pszenicy ozimej. Po zbiorze pszenicy, na początku sierpnia wysiewano poplon — gorczycę białą — w ilości $25\text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ pod, którą stosowano mocznik w dawce $23\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na przełomie października i listopada po rozdrobnieniu poplonu broną talerzową wykonywano orkę zimową. W latach 2008 i 2010 pod orkę zimową zastosowano dodatkowo obornik bydlęcy w dawce $150\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2008) i $250\text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ (2010). W roku 2009 nie stosowano obornika. Wiosną (początek kwietnia) wykonywano kultywatorowanie w celu zlikwidowania skorupy, przzerwiania parowania, wyrównania powierzchni gleby i przyspieszenia jej ogrzewania. W połowie kwietnia wysiewano wieloskładnikowy nawóz mineralny Yara Mila (NPK — 14-14-21), który mieszano z glebą poprzez 2-krotne kultywatorowanie i doprowadzono agregatem uprawowym z wałem strunowym. Stosowano stały poziom nawożenia NPK w ilości $100\text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$, $100\text{ kg P}_2\text{O}_5\cdot\text{ha}^{-1}$, $150\text{ kg K}_2\text{O}\cdot\text{ha}^{-1}$. Ziemniaki sadzono w III dekadzie kwietnia. Każde poletko składało się ze 100 roślin ziemniaka plus dodatkowa izolacja w postaci jednorzędowej obsady. Około 25 dni po sadzeniu wykonywano obsypywanie roślin z ostatecznym profilowaniem redlin. Następnie (w tym samym dniu) zastosowano oprysk przeciwko

chwastom stosując Plateen 41,5 WG w dawce 2 kg·ha⁻¹. W trakcie wegetacji w zależności od presji infekcyjnej prowadzono ochronę przed zarazą ziemniaka (4–8 zabiegów) i stonką ziemniaczaną (1–2 zabieg) — tabela 1.

Tabela 1

Wykaz stosowanych środków ochrony roślin w doświadczeniu w latach 2009–2011
List of pesticides used in experiment in the years 2009–2011

2009	2010	2011
Herbicydy Herbicides Plateen 41,5 WG (2 kg)*	Plateen 41,5 WG (2 kg)	Plateen 41,5 WG (2 kg)
Insektycydy Insecticides Bancol 50 WP (0,4 kg)	Bancol 50 WP (0,4 kg) Karate Zeon 050 CS (0,16 l)	Nomolt 150 SC (0,25 l)
Fungicydy Fungicides Pyton Concento 450 SC (1 l) Infinito 687,5 SC (1,5 l) Pyton Concento 450 SC (2 l) Acrobat MZ 69 WG (1,5 kg) Altima 500 SC (0,5 l) Unikat 75 WG (2 kg) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l)	Ridomil Gold MZ 67,8 WG (2 kg) Revus 250 SC (0,6 l) Altima 500 SC (0,4 l) Infinito 687,5 SC (1,6 l)	Infinito 687,5 SC (1,5 l) Infinito 687,5 SC (1,6 l) Acrobat MZ 69 WG (2 kg) Revus 250 SC (0,6 l) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l) Altima 500 SC (0,4 l)

* W nawiasach podano zastosowaną dawkę na 1 hektar

* In parentheses dose per hectare is given

Trzy tygodnie przed zbiorem wykonano niszczenie naci metodą mechaniczno-chemiczną z użyciem Reglone 200 SL w dawce 3–4 l·ha⁻¹. Zbiór przeprowadzano w III dekadzie września. W trakcie zbioru pobierano z każdego poletka próby:

- do oceny struktury plonu — plon z 10 kolejnych roślin pobranych ze środkowej redliny,
- do oceny pustowatości bulw — 10 bulw dużych,
- do oceny ciemnienia miąższu surowego — po 10 bulw średniej wielkości,
- do oceny rdzawej plamistości miąższu — 20 bulw średniej wielkości,
- do oceny przechowalniczej — po około 10–12 kg bulw,
- do oceny zawartości suchej masy, azotanów, fosforu, potasu, magnezu i wapnia — po 6 bulw średniej wielkości — oceny dokonano w Stacji Chemiczno-Rolniczej.

Wielkość plonu ogólnego oceniano na podstawie zebranej masy bulw z całego poletka (włącznie z pobranymi próbami).

Doświadczenie przeprowadzono na glebie o składzie mechanicznym gliny piaszczystej o zróżnicowanej w zależności od stanowiska zawartości podstawowych makroelementów (tab. 2).

Analizy statystyczne wykonano przy użyciu programu firmy StatSoft, Inc. (2011). Statistica (data analysis software system), version 10. www.statsoft.com. W przypadku stwierdzenia w analizie wariancji (ANOVA) istotnego wpływu testowanych nawozów na oceniany parametr, średnie porównywano testem Tukeya dla $\alpha = 0,05$. Procentowe

wartości porażenia bulw chorobami transformowano według Bliss'a: $y = \arcsin \sqrt{x}$, gdzie „x” oznacza wartość procentową, a „y” wartość po transformacji. W pracy przedstawiono wartości retransformowane.

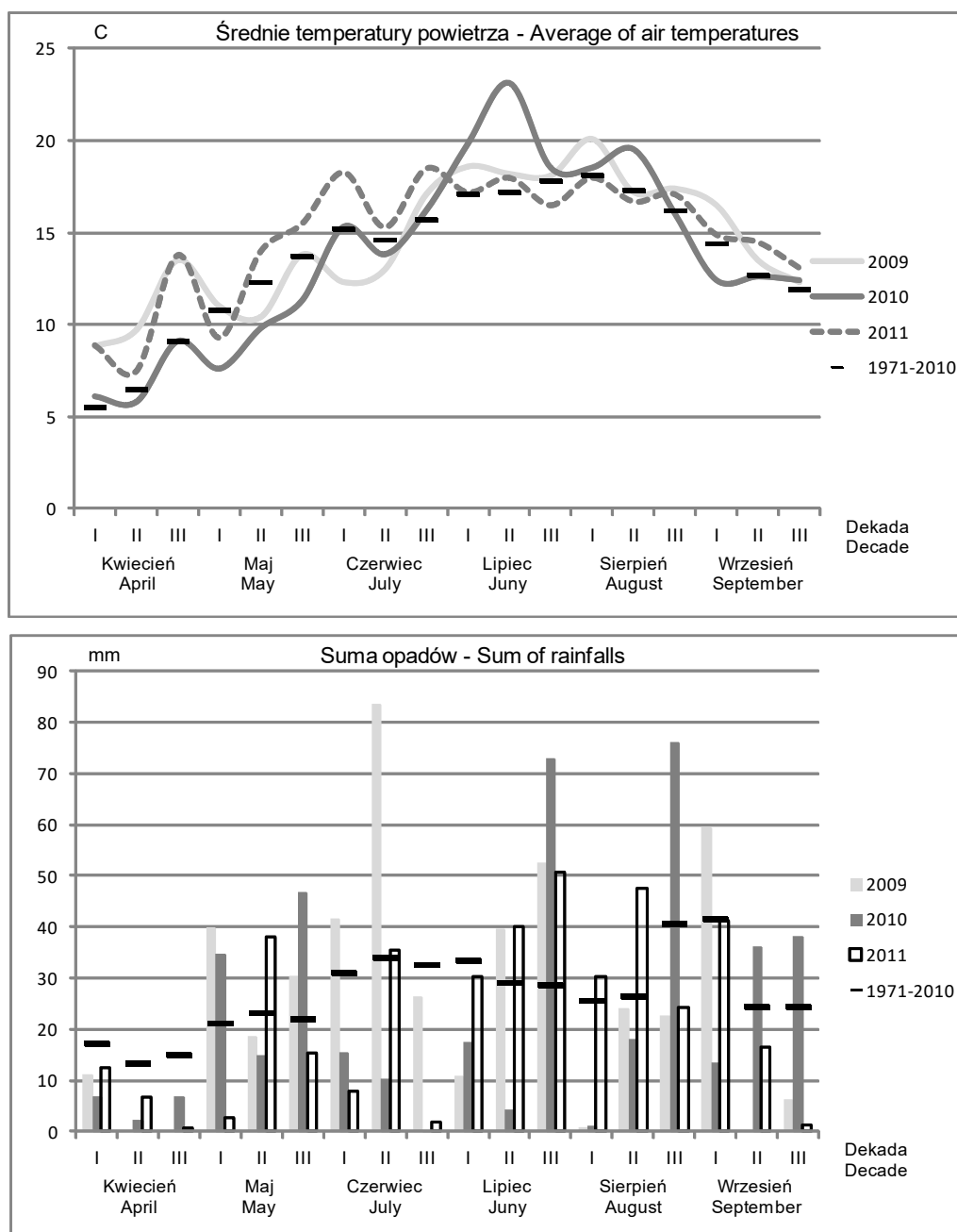
Tabela 2

Zawartość podstawowych makroskładników w glebie
The content of basic macroelements in the soil

Rok Year	Próchnica Humus (%)	pH (KCl)	Zawartość w glebie (mg·kg gleby ⁻¹) Macroelements in soil (mg·kg soil ⁻¹)					
			P		K		Mg	
2009	1,4	5,7	67	wysoka high	91	średnia middle	49	średnia middle
2010	1,9	5,2	77	wysoka high	75	niska low	58	wysoka high
2011	2,0	5,5	103	bardzo wysoka very high	116	średnia middle	56	wysoka high

WYNIKI I DYSKUSJA

Sesony wegetacyjne w poszczególnych latach badań były zróżnicowane. Pomimo tego dolistne nawożenie nawozami YaraVita Ziemiak i Actisil nie wpływało w sposób widoczny na rozwój roślin w trakcie wegetacji. Warunki pogodowe najkorzystniej oddziaływały na plonowanie w latach 2009 i 2011 (rys. 1), kiedy notowano plony przekraczające 600 dt·ha⁻¹, w roku 2010 plony nie przekraczały 400 dt/ha (tab. 3). Również na niższe plony w roku 2010 wpływ miało niezastosowanie jesiennego nawożenia stanowiska obornikiem. Według Jabłońskiego (1997) dawka obornika 250 dt·ha⁻¹ zwiększa plonowanie ziemniaków średnio o około 20%. Aplikacja nawozów dolistnych nie wpłynęła jednak na dodatkowy efekt plonotwórczy co częściowo było zgodne z oczekiwaniami, gdyż głównym czynnikiem plonotwórczym jest z reguły azot (Jabłoński, 2002; Trawczyński, 2002, 2009), który w tych nawozach nie występował. Natomiast zastosowanie nawożenia dolistnego azotem niezależnie od poziomu nawożenia dogłębowego przyczynia się do wzrostu plonu bulw ziemniaka (Trawczyński i Korycki, 2008), chociaż według Boguckiej i in. (2010) dodatkowe nawożenie dolistne nie zawsze wpływa na wzrost plonów bulw. W literaturze spotyka się jednak doniesienia o stymulującym plonowanie nawożeniu dolistnym nawozami fosforowo-potasowymi (Jabłoński, 2007, 2009 a, 2009 b; Szewczuk, 2009). Autorzy wskazują na istotny wzrost plonu bulw (od 8 do ponad 20%) po zastosowaniu 2–3 zabiegów dolistnego dokarmiania nawozami bezazotowymi. Brak podobnych efektów plonotwórczych w przeprowadzonych badaniach może wynikać z zasobnego w fosfor stanowiska, na którym uprawiano ziemniaki.



Rys. 1. Warunki pogodowe w latach 2009-2011 na tle średnich wieloletnich 1977-2010 — stacja meteorologiczna w Boninie

Fig. 1. Weather conditions in the years 2009-2011 on a background of average for the period 1977-2010 — meteorological station in Bonin

Tabela 3

Plon bulw (dt·ha⁻¹) Tuber yield (dt·ha⁻¹)				
Kombinacje Treatments	2009	2010	2011	Średnia Mean
A — Kontrola — control	685,3 a	361,3 a	689,4 a	578,6 a
B — YaraVita Ziemniak	673,4 a	378,9 a	636,4 a	562,9 a
C — Actisil	679,0 a	377,8 a	623,7 a	560,1 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	675,8 a	370,0 a	678,9 a	574,8 a
Średnia Mean	678,2 a	372,0 b	657,1 a	

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha=0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha=0.05$)

Pomimo obserwowanych pewnych różnic pomiędzy kombinacjami nawożenia dolistnego nie miało również istotnego wpływu na strukturę plonu z wyjątkiem frakcji najdrobniejszej — bulwy o średnicy poniżej 30 mm (tab. 4).

Tabela 4

Struktura plonu bulw (dt·ha⁻¹) — średnie z lat 2009–2011 Tuber yield structure (dt·ha⁻¹) — average from 2009–2011					
Kombinacje Treatments	< 30 mm	30–40 mm	40–50 mm	50–60 mm	> 60 mm
A — Kontrola — control	10,7 a	13,7 a	59,9 a	173,1 a	255,2 a
B — YaraVita Ziemniak	4,4 b	11,1 a	61,9 a	168,7 a	251,2 a
C — Actisil	4,6 b	11,2 a	47,2 a	152,1 a	314,9 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	4,6 b	12,0 a	50,7 a	173,6 a	283,0 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha = 0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha = 0.05$)

Stwierdzono, że zastosowanie nawozów dolistnych zawierających jedynie fosfor i potas lub krzem wysoce istotnie wpływało na redukcję frakcji najdrobniejszej w plonie bulw o około 50%. Pomimo, że Jelly należy do odmian grubokłębowych, znacznie więcej bulw dużych o średnicy powyżej 60 mm, notowano w kombinacjach, gdzie stosowano dolistne zabiegi preparatem krzemowym Actisil. Po samodzielnej aplikacji tylko tym preparatem plon tej frakcji był wyższy o 23% w stosunku do kontroli, natomiast w połączeniu z nawozem YaraVita Ziemniak — wyższy o 10%. Przy czym różnice nie były statystycznie istotne, pomimo obserwowania w okresie 3 lat badań podobnego zjawiska. Na wzrost plonu bulw największych po zastosowaniu dolistnego nawożenia PK wskazywał również Jabłoński (2007, 2009 b). Brakuje natomiast informacji dotyczących oddziaływania preparatów krzemowych na plony bulw ziemniaka. Według Crusciola i in. (2009) zastosowanie dolistnego dokarmiania krzemem w warunkach szklarniowych wpłynęło na istotny wzrost masy bulw z rośliny przy czym efekt ten był większy w sytuacji braku stresu wodnego. Natomiast z doniesień dotyczących innych gatunków roślin można zauważyć, że dolistne dokarmianie krzemem często istotnie wpływało na wzrost ich plonu (Abro i in., 2009; Hanafy i in., 2008; Hellal i in., 2012), a czasami jedynie na poprawę jego jakości (Gembara i in., 2009).

W trakcie wegetacji nie zaobserwowano istotnych różnic w tempie szerzenia się zarazy ziemniaka pomiędzy obiektami z nawożeniem dolistnym i bez nawożenia. Obserwowano nieznacznie wolniejszy jej rozwój na roślinach nawożonych dolistnie, jednakże tylko w roku 2011, bardzo korzystnym dla rozwoju tej choroby. Zastosowane nawożenie dolistne preparatem Actisil wraz z prowadzoną ochroną chemiczną wyraźnie hamowało rozwój zarazy ziemniaka na liściach w trakcie wegetacji. Szewczuk (2009 b) testując 11 różnych nawozów dolistnych pod kątem ograniczania szerzenia się *Phytophthora infestans* w ziemniaku, stwierdził znaczne różnice w skuteczności zabiegu pomiędzy nawozami, przy czym dodatek fungicydu do nawozu skuteczność tę istotnie zwiększał. Z kolei według Jabłońskiego (2009 b) zastosowanie YaraVita Ziemniak przyczyniło się do lepszych warunków rozwoju zarazy ziemniaka w końcowym stadium wegetacji ziemniaka. W dostępnej literaturze brakuje jednak informacji na temat wpływu dolistnego dokarmiania ziemniaka krzemem na szerzenie się *P. infestans*. W przypadku innych roślin wiele prac wskazuje na dodatni wpływ aplikacji krzemu w ochronie przed chorobami powodowanymi przez rodzaj *Phytophthora* spp. (Lee i in., 2004; Bekker i in., 2007), chociaż niektórzy autorzy efektów pozytywnych nie stwierdzali (Jeun i Hwang, 1991).

Ocena bulw po zbiorze pod kątem porażenia chorobami nie była jednoznaczna w każdym roku badań ze względu na istotne różnice w nasileniu występowania poszczególnych chorób (tab. 5).

Tabela 5

Udział bulw z objawami chorób w latach 2009–2011 (% kg)
Share of tuber infected with different diseases in the years 2009–2011 (% kg)

Kombinacja / rok Treatments / year	Parch zwykły Common scab	Mokra zgnilizna Soft rot	Ospowatość bulw (rizoktonioza) Black scurf	Rdzawa plamistość miąższu Rust internal spots
2009				
A — Kontrola — control	0,7 a	0,0 a	12,2 b	0,7 a
B — YaraVita Ziemniak	3,3 a	0,0 a	5,3 b	3,3 a
C — Actisil	0,8 a	0,0 a	40,3 a	0,8 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	2,0 a	0,0 a	12,1 b	2,0 a
2010				
A — Kontrola — control	0,0 a	0,1 a	5,0 a	4,2 a
B — YaraVita Ziemniak	0,0 a	0,1 a	1,2 a	0,0 a
C — Actisil	0,0 a	0,0 a	0,6 a	0,5 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	0,0 a	0,5 a	10,2 a	2,4 a
2011				
A — Kontrola — control	0,0 a	0,9 a	0,0 a	0,0 a
B — YaraVita Ziemniak	0,0 a	2,4 a	0,0 a	0,0 a
C — Actisil	0,0 a	0,2 a	0,0 a	0,0 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	0,0 a	0,5 a	0,0 a	0,0 a
2009	1,9 a	0,0 b	15,8 a	1,6 a
2010	0,0 b	0,1 ab	2,5 b	1,2 a
2011	0,0 b	0,8 a	0,0 c	0,1 a

Srednie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha = 0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha = 0.05$)

Generalnie w żadnym roku badań nie stwierdzono bulw z objawami zarazy ziemniaka. Zaobserwowano natomiast, że zastosowanie preparatu krzemowego Actisil zdecydowanie

ograniczało udział bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami (przetrwalniki rizoktoniozy). Natomiast zastosowanie nawozu YaraVita Ziemniak miało działanie ograniczające występowaniu bulw z ospowatościami. Nie stwierdzono istotnego wpływu nawozów dolistnych na występowanie pustowatości bulw, rdzawej plamistości miąższu, parcha zwykłego i suchej zgnilizny.

Przeprowadzone w roku 2011 dodatkowe badania wpływu zastosowanych nawozów dolistnych YaraVita Ziemniaka i Actisil na jakość bulw pod kątem ciemnienia miąższu surowego, zawartości fosforu, potasu, magnezu i wapnia nie wykazały istotnych różnic w ich poziomie (tab. 6). Stwierdzono jednakże, że oceniane nawozy istotnie ograniczały kumulację szkodliwych azotanów w bulwach, szczególnie w kombinacjach, gdzie stosowano preparat krzemowy Actisil w połączeniu z nawozem YaraVita Ziemniak — poziom azotanów w tym roku był niższy o prawie 60%. Choć jedna seria badań nie pozwala na sformułowanie odpowiednich wniosków, to na podobny wpływ dolistnego nawożenia fosforem i potasem wskazywali wcześniej również Jabłoński (2007, 2009 a), Spiak i in. (2010) natomiast w innym opracowaniu (Jabłoński, 2009 b) autor stwierdził, że zastosowanie YaraVita Ziemniak wpływało na wzrost zawartości azotanów w bulwach ziemniaka, co częściowo potwierdzają badania w innych roślinach (Tyksiński i in., 2006). Zatem brakuje jednomyślnych wniosków w tej kwestii. Ponieważ może to mieć bardzo duże znaczenie praktyczne u odmian bardzo wczesnych, gdzie istnieje największe zagrożenie kumulacji tych związków w bulwach, badania w tym kierunku będą kontynuowane.

Tabela 6

Cechy jakości i zawartość wybranych makroelementów (% w sm) w bulwach ziemniaka — rok 2011
Quality features and content of selected macroelements in potato tubers — year 2011

Kombinacja Treatments	Sucha masa Dry mass (%)	P	K	Mg	Ca	Ciemnienie miąższu surowego* Darkening of raw tubers*	Azotany (NO ₃) Nitrates (NO ₃) (mg·kg ⁻¹ sm)
Kontrola Control	21,7	0,15	1,60	0,10	<0,12	8,7	43,5 a
YaraVita Ziemniak	20,9	0,20	1,73	0,10	<0,12	8,8	29,5 ab
Actisil	21,0	0,21	1,63	0,10	<0,12	8,7	23,6 b
YaraVita Ziemniak + Actisil	21,5	0,20	1,55	0,10	<0,12	8,8	18,6 b

* Ciemnienie miąższu surowego po 4 godzinach w skali 1–9, gdzie 9 oznacza brak ciemnienia

* Darkening of raw tubers after 4 hours, in 1–9-scale, where 9 mean lack of darkening

sm — sucha masa; dry mass;

śm — świeża masa; fresh mass

Warunki przechowalnicze (temperatura i wilgotność) były bardzo korzystne przez cały okres magazynowania. Średnie temperatury w okresie październik-marzec w przechowalni wahały się w przedziale 2–8°C. W trakcie oceny (koniec marca) bulwy we wszystkich ocenianych kombinacjach były jedynie pobudzone (długość kielków około 3–5 mm). Średni ubytek masy bulw po okresie przechowywania wyniósł w zależności od roku od 6% (2010) do 11,6% (2011), a różnice pomiędzy latami były statystycznie istotne (tab. 7). Nie stwierdzono natomiast statystycznych różnic między kombinacjami w tym zakresie.

Tabela 7

Ubytki naturalne oraz udział bulw z mokrą i suchą zgnilizną po 6 miesiącach przechowywania (% kg)
Natural losses and share of tubers with soft and dry rot after 6 month of storage (% kg)

Kombinacja / rok Treatments / year	Ubytki naturalne Natural losses	Sucha zgnilizna Dry rot	Mokra zgnilizna Soft rot
2009			
A — Kontrola — control	11,7 a	0,4 a	5,7 a
B — YaraVita Ziemniak	11,2 a	0,3 a	1,9 a
C — Actisil	11,6 a	0,4 a	0,2 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	11,9 a	0,9 a	1,4 a
2010			
A — Kontrola — control	5,9 a	0,0 a	0,0 a
B — YaraVita Ziemniak	6,3 a	0,0 a	0,0 a
C — Actisil	6,1 a	0,0 a	0,0 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	5,9 a	0,0 a	0,0 a
2011			
A — Kontrola — control	12,1 a	0,4 a	1,6 a
B — YaraVita Ziemniak	10,1 a	0,1 a	2,0 a
C — Actisil	11,1 a	0,2 a	0,5 a
D — YaraVita Ziemniak + Actisil	9,4 a	0,1 a	0,7 a
2009	11,6 a	0,5 a	1,8 a
2010	6,0 b	0,0 b	0,0 b
2011	10,7 a	0,1 ab	1,1 a

Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się między sobą istotnie ($\alpha=0,05$)

Means within a column with the same letters do not differ significantly according to the Tukey test ($\alpha=0.05$)

W ocenie występowania chorób bulw (suchej i mokrej zgnilizny), zaobserwowano, że zastosowane nawozy wpływały na ograniczenie porażenia mokrą zgnilizną w latach 2009 i 2011, choć ze statystycznego punktu widzenia były to różnice nieistotne (tab. 7). Najniższe porażenie bulw tą chorobą stwierdzono dla kombinacji, w której stosowany był tylko Actisil. Po okresie przechowywania w zależności od roku badań, jedynie 0,2-0,5% masy bulw wykazywało porażenie mokrą zgnilizną, gdzie tymczasem na obiektach kontrolnych bez nawożenia dolistnego było to 1,6–5,7%. Stwierdzono istotne różnice w nasileniu występowania chorób w okresie przechowywania. Więcej zgnilizn notowano w roku 2009 i 2011, natomiast w 2010 choroby te nie wystąpiły. Już w latach '70 XX wieku, Perrenoud (1977) na podstawie literatury stwierdził, że zastosowanie potasu ogranicza porażenie roślin chorobami grzybowymi i bakteryjnymi aż w 70%. W latach późniejszych według informacji zebranych przez Hubera (1996) wynika, że oprócz potasu również krzem ma bardzo duży wpływ na reakcje odpornościowe roślin na patogeny.

WNIOSKI

1. Nawozy dolistne YaraVita Ziemniak oraz Actisil nie wpływały na wzrost plonów ogólnych ale istotnie oddziaływały na redukcję frakcji bulw najdrobniejszych w plonie oraz wzrost udziału bulw największych (powyżej 60 mm).
2. Preparat krzemowy Actisil wykazywał tendencję do ograniczania udziału bulw z objawami mokrej zgnilizny przy jednoczesnym wzroście liczby bulw ze sklerocjami (przetrwalniki rizoktoniozy), natomiast nawóz fosforowo-potasowy YaraVita Ziemniak działanie ograniczające występowanie bulw z ospowatościami.

LITERATURA

- Abro S. A., Qureshi R., Soomro F. M., Mirbahar A. A., Jakhar G. S. 2009. Effects of silicon levels on growth and yield of wheat in silty loam soil. Pak. J. Bot. 41 (3): 1385 — 1390.
- Badora A., Grenda A. 2002. Wpływ krzemianów i zmodyfikowanych związków glinokrzemianowych na toksyczność Cd i Zn dla niektórych roślin uprawnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 482: 37 — 46.
- Bekker T., Labuschagne N., Aveling T., Kaiser C. 2007. Inhibition of *Phytophthora* root rot of avocado with potassium silicate application. Proceedings VI World Avocado Congress Viña Del Mar, Chile: 12 — 16 Nov. 2007: <http://www.avocadosource.com> (stan na: 13.08.2012).
- Bogucka B., Cwalina-Ambroziak B., Zięba T. 2010. The effects of varied soil and foliar mineral fertilization levels in the production of high-starch potatoes. Pol. J. Natur. Sci. 25 (3): 215 — 228.
- Brogowski Z. 2000. Krzem w glebie i jego rola w żywieniu roślin. Post. Nauk Rol. 6: 9 — 16.
- Crusciol C. A. C., Pulz A. L., Lemos L. B., Soratto R. P., Lima G. P. P. 2009. Effects of silicon and drought stress on tuber yield and leaf biochemical characteristics in potato. Crop Sci. 49: 949 — 954.
- Gembara J., Chelpiński P., Mikiciuk G., Ochmian I., Sosnowska M., Lewandowski J. 2009. Wpływ preparatu Actisil na ograniczenie pęknięcia i jakości owoców czereśni. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 536: 81 — 86.
- Gorlach E. 1996. Rola mikroelementów w redukcji azotanów. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 440: 109 — 120.
- Grenda A., Skowrońska M. 2004. Nowe trendy w badaniach nad biogeochemią krzemu. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 502: 781 — 789.
- Grzebisz W. 2009. Nawożenie roślin uprawnych. T 2. Nawozy i systemy nawożenia. PWRiL. Poznań: 376 ss.
- Hanafi Ahmed A. H., Harb E. M., Higazy M. A., Morgan Sh. H. 2008. Effect of silicon and boron foliar applications on wheat plants grown under saline soil conditions. Intern. J. Agric. Research 3: 1 — 26.
- Hellal F. A., Zeweny R. M., Yassen A. A. 2012. Evaluation of nitrogen and silicon application for enhancing yield production and nutrient uptake by wheat in clay soil. J. App. Sci. Res. 8 (2): 686 — 692.
- Hou L., Szwonek E., Xing S. 2006. Advances in silicon research of horticultural crops. Veg. Crops Res. Bul. 64: 5 — 17.
- Huber D. M. 1996. Management of nutrition to control plant pathogens. X Congreso Nacional Agronomico / III Congreso de Fitopatologia: http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_x/a50_2388-II_indice.html (stan na: 5.06.2012).
- Jabłoński K. 1997. Ogólne zasady uprawy ziemniaka. [W:] Produkcja ziemniaków. Pr. zb. pod red. J. Chotkowskiego. Inst. Ziemn. Bonin: 8 — 82.
- Jabłoński K. 1999. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków nawozami z mikroelementami na kształtowanie się plonów i efekty ekonomiczne. Biul. IHAR 212: 165 — 177.
- Jabłoński K. 2002. Wpływ nawożenia azotem na plon i jakość bulw oraz współczynnik rozmnażania nowych odmian ziemniaków jadalnych. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 530: 217 — 224.
- Jabłoński K. 2003. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków nawozami dolistnymi ADOB na plon i jego strukturę oraz porażenie roślin i bulw chorobami. Acta Agroph. 85: 137 — 145.
- Jabłoński K. 2007. Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaków Alkalinem PK 10:20 na plony, porażenie zarazą ziemniaka i niektóre cechy jakości bulw. Prog. Plant Prot. / Post. Ochr. Roślin 47(2): 114 — 118.
- Jabłoński K. 2009 a. Produkcyjne i jakościowe efekty dolistnego nawożenia ziemniaków Sonatą Z i Alkalinem PK 10-20. Annales UMCS, Agricultura 64 (1): 59 — 67.
- Jabłoński K. 2009 b. Efekty dolistnego nawożenia ziemniaków YaraVita Ziemniak i Nutrifolem czerwonym. Ziem. Pol. 3: 1 — 4.
- Jeun Y. C., Hwang B. K. 1991. Carbohydrate, amino acid, phenolic and mineral nutrient contents of pepper plants in relation to age-related resistance to *Phytophthora capsici*. J. Phytopathol 131: 40 — 52.
- Jones L., Handreck K. 1967. Silica in soil, plants and Animals. Adv. Agron. 19: 107 — 149.
- Lee J. S., Seo S. T., Wang T. C., Jang H. I., Pae D. H., Engle L. M. 2004. Effect of potassium silicate amendments in hydroponic nutrient solution on the suppressing of *Phytophthora* blight (*Phytophthora capsici*) in pepper. Plant Pathol. J. 20 (4): 277 — 282.
- Perrenoud S. 1977. Potassium and plant health. IPI Research Topics No. 3, Worblaufen-Bern, Switzerland: 218 ss.
- Sacała E. 2009. Role of silicone in plant resistance to water stress. J. Elementol. 14(3): 619 — 630.

- Sawicka B., Skiba D. 2009. Wpływ dokarmiania dolistnego na zdrowotność roślin ziemniaka w okresie wegetacji. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 39 — 51.
- Spiak Z., Śmiatacz S., Piszcz U. 2010. Effect of phosphorus and potassium fertilization on nitrates (V) content in maize and buckwheat. *Ecological Chemistry and Engineering* 17 (7): 847 — 854.
- Szewczuk C. 2009 a. Wpływ dokarmiania dolistnego na plon bulw ziemniaka. *Annales UMCS, Agricultura* 64 (1): 7 — 12.
- Szewczuk Cz. 2009 b. Wpływ dokarmiania dolistnego roślin ziemniaka na ich porażenie przez patogen zarazy *Phytophthora infestans*. *Annales UMCS, Agricultura* 64(1): 13 — 18.
- Trawczyński C. 2002. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 187 — 196.
- Trawczyński C. 2009. Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich* 3, PAN O/Kraków: 55 — 67.
- Trawczyński C., Korycki B. 2008. Wpływ dolistnego stosowania nawozów typu CompoFort na plonowanie ziemniaka przydatnego do przetwórstwa spożywczego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 197 — 206.
- Tyksiński W., Kozik E., Bosiacki M. 2006. Wpływ zróżnicowanego nawożenia fosforem na plon rzodkiewki i zawartość w niej azotanów. *Acta Agr.* 7 (3): 733 — 740.

ANNA PĘKSA
ELŻBIETA RYTEL
AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK
AGNIESZKA KITA

MARIA PYTLARZ-KOZICKA ¹

JOANNA MIEDZIANKA

Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania

¹ Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Porównanie składu aminokwasowego preparatów białkowych uzyskanych z bulw ziemniaka uprawianych systemem ekologicznym i konwencjonalnym

The comparison of amino acid composition of the protein in preparations obtained from potato tubers cultivated within ecological and conventional systems

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu termicznej koagulacji białek w soku ziemniaczanym uzyskanym z bulw trzech odmian ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym na skład aminokwasowy i wartość odżywczą uzyskanych koncentratów białkowych. W uprawie ziemniaka systemem ekologicznym stosowano użyźniacz glebowy i fungicyd, miedzian 50 WP, a w uprawie systemem konwencjonalnym nawożenie wysokimi dawkami NPK, herbicydy, insektycydy i fungicydy. Koagulację białka w soku przeprowadzono z udziałem CaCl_2 . Oznaczono skład chemiczny otrzymanych preparatów oraz zawartość 18 aminokwasów w białku ogółem, po uprzedniej hydrolizie białka, przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów. Koncentraty białkowe otrzymane z bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały więcej związków azotowych, w tym form azotu białkowego niż preparaty uzyskane z soku bulw pochodzących z uprawy konwencjonalnej. Również w składzie aminokwasowym wyodrębnionych białek stwierdzono więcej takich aminokwasów egzogennych, jak: leucyna, fenyloalanina i tyrozyna oraz treonina, a wśród pozostałych aminokwasów więcej kwasu asparaginowego, seryny i glicyny. Wskaźnik wartości odżywczej CS badanych koncentratów, w zależności od przyjętego białka wzorcowego był zbliżony lub przewyższał wartości przewidziane dla standardu, szczególnie gdy preparaty pochodziły z surowca uprawianego systemem ekologicznym.

Słowa kluczowe: białko ziemniaka, koncentraty, system uprawy, wartość odżywcza

The aim of the experiment was to study the influence of thermal coagulation of protein in potato juice isolated from tubers of three potato varieties cultivated conventionally and in ecological system on amino acid composition and nutritive value of obtained preparations. A soil fertilizer and copper salt

50 WP as a fungicide were used within ecological system of potato cultivation and in conventional system fertilizing with high doses of NPK, herbicides, insecticides and fungicides were applied. Protein coagulation was performed in juice containing dissolved CaCl_2 . After suitable hydrolysis of the obtained concentrates, the chemical composition and contents of 18 amino acids were determined in total protein with the use of automatic amino acid analyser. Potato protein concentrates (PPC) obtained from tubers cultivated within ecological system contained more nitrogen compounds and also forms of protein nitrogen than there were found in preparations originating from juice of tubers cultivated conventionally. Also, in amino acid composition of isolated protein we found more such essential amino acids as Leucine, Phenylalanine, Tyrosine and Threonine. Among remaining amino acids in PPC originating from potatoes cultivated within ecological system there was more of Asparagine acid, Serine and Glycine. Chemical Score (CS) expressing nutritive value of studied concentrates, in dependence of protein standard chosen for comparison occurred similar or higher than it was established for standard, particularly in the case of preparations obtained from tubers cultivated within ecological system.

Key words: concentrates, cultivation system, nutritive value, potato protein

WSTĘP

Około 75% obecnych w ziemniakach białek stanowią frakcje rozpuszczalne w wodzie, w roztworach soli, alkoholi czy słabych roztworach zasad, przy czym około 50% azotu ogólnego wchodzi w skład dwóch dużych frakcji: albumin rozpuszczalnych w wodzie i wodnych roztworach soli oraz globulin rozpuszczalnych wyłącznie w słabych roztworach soli (Seibles, 1979; Løkra. i in., 2008; Pęksa i in., 2009). Jak dowodzą badania różnych autorów prowadzone od wielu lat (Kapoor i in., 1975; Knoor, 1978) większość frakcji białkowych budujących białko ziemniaka charakteryzuje się dobrze zbilansowanym składem aminokwasowym i wysoką wartością odżywczą o czym świadczą odpowiednie wskaźniki: CS w przedziale 57–96 (Kapoor i in., 1975; Mitrus i in., 2003; Pęksa i in., 2009) czy BV w przedziale 45–88 (Eppendorfer i Eggum, 1994). Chemiczne wskaźniki takie, jak np. CS (chemiczny wskaźnik punktowy) umożliwiają w prosty i szybki sposób określenie jakości badanego białka poprzez porównanie jego składu aminokwasowego ze składem białka przyjętego za wzorcowe oraz wskazanie aminokwasu ograniczającego. Oprócz zmodyfikowanego w roku 1991 przez Komitet Ekspertów FAO/WHO składu aminokwasowego białka wzorcowego, proponuje się nowsze wzorce, jak np. opracowany przez WHO/FAO/UNU w 2007 roku, o mniejszej ilości aminokwasów odpowiadający aktualnym badaniom zapotrzebowania człowieka na aminokwasy (Gawęcki, 2011).

Aminokwasami ograniczającymi wartość odżywczą białka ziemniaka mogą być, zależnie od odmiany, warunków uprawy i przechowywania, leucyna, izoleucyna (Mitrus i in., 2003), metionina, cysteina oraz rzadziej treonina i lizyna (Eppendorfer i Eggum, 1994; Rodrigues i in., 2010) oraz walina (Stankiewicz i in., 2008). Białko ziemniaka jest szczególnie bogate w takie aminokwasy, jak kwas glutaminowy i asparaginowy, które stanowią 30–50% wszystkich aminokwasów w bulwach. W mniejszych, ale znaczących ilościach (4–8%) występują leucyna, walina, alanina, lizyna i arginina, natomiast metionina i histydyna stanowią niewielki udział w białku ziemniaka (Danilchenko i in., 2008).

Warunki uprawy i przechowywania ziemniaka mają wpływ na zawartość azotu ogólnego w suchej masie bulw, w tym na ilość aminokwasów (Danilchenko i in., 2008;

Stankiewicz i in., 2008). W badaniach Eppendorfer i Eggum (1994) oraz Mitrusa i wsp. (2003) intensywne nawożenie azotowe przyczyniało się do zmniejszenia zawartości sumy aminokwasów egzogennych, natomiast Wyszkowski (1996), Cieccko i in. (2004), Stankiewicz i in. (2008) stwierdzili, że wysoki poziom nawożenia azotowego i potasowego wiąże się ze zwiększeniem zawartości aminokwasów egzogennych w ziemniaku. Według Eppendorfer i Eggum (1994) zawartość aminokwasów egzogennych w bulwach ziemniaka jest negatywnie skorelowana z poziomem nawożenia, a zmiany udziału aminokwasów egzogennych w sumie wszystkich aminokwasów są wywołane przede wszystkim zmianami we frakcjach azotu niebiałkowego, szczególnie wolnych aminokwasów oraz amidów, które stanowią około 40–60% białka ogólnego w bulwach. Według Eppendorfer i Eggum (1994) niedobór w glebie siarki przyczynia się do zmniejszenia zawartości w białku ziemniaka aminokwasów siarkowych, cysteiny i metioniny oraz powoduje odchylenia od stałej zależności pomiędzy zawartością azotu i aminokwasów, co można tłumaczyć wpływem tego składnika na metabolizm azotu i skład aminokwasowy białka surowego. Tak, więc ograniczenie nawożenia azotowego jakie m.in. ma miejsce w uprawie ekologicznej ziemniaka może przyczynić się do zwiększenia udziału azotu białkowego oraz aminokwasów egzogennych w białku ogólnym, a tym samym i do zwiększenia udziału tych składników w uzyskiwanych z soku ziemniaczanego preparatach białkowych.

Na skład aminokwasowy i wartość odżywczą preparatów białkowych otrzymanych z soku ziemniaka mają wpływ warunki koagulacji białka. W warunkach laboratoryjnych, szerokie zastosowanie znajdują zarówno metody koagulacji termicznej, jak i kriokoncentracja oraz chromatograficzne i membranowe metody izolacji i rozdzielania białek ziemniaka (Wojnowska i in., 1981; Ahlden i Trägårdh, 1992; Ralet i Gueguen, 2000; van Koningsveld i in., 2001), dzięki którym możliwym staje się otrzymanie preparatów o dużej czystości, w tym też zawierających wybrane frakcje białek ziemniaka. W przemyśle stosowane są metody kwasowo-termiczne prowadzące do otrzymania preparatów zawierających około 80% zdenaturowanego białka (Knoor, 1980; Pęksa i in., 2009). W zależności od odczynu soku, w którym prowadzi się koagulację białka, strąceniu ulegają inne frakcje. W warunkach niskiego pH (2–4) łatwo koagulują przede wszystkim białka o dużej masie cząsteczkowej, w zakresie 32000–87000 Da, w skład których wchodzi około 32% albumin rozpuszczalnych w wodzie (Lindner i in., 1980/81; Pęksa i in., 2009). Frakcje białkowe o masie cząsteczkowej mniejszej od 27 000 Da są rozpuszczalne w kwasach i ulegają koagulacji w środowisku o odczynie obojętnym lub zasadowym i wymagają zastosowania dodatkowego czynnika koagulującego, jakim jest podwyższona temperatura.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu termicznej koagulacji białek w soku ziemniaczanym uzyskanym z bulw trzech odmian ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym na skład aminokwasowy i wartość odżywczą uzyskanych koncentratów białkowych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowił sok ziemniaczany otrzymany z nieobranych bulw odmian ziemniaka jadalnego: dwóch średnio wczesnych (Bartek i Tetyda) i jednej późnej (Zagłoba)

pochodzących z poletek doświadczalnych Katedry Szczegółowej Uprawy w Pawłowicach Wielkich koło Wrocławia, z sezonu wegetacyjnego 2008. W doświadczeniu polowym zastosowano dwa systemy uprawy: ekologiczny i konwencjonalny (tab. 1). Użyte w badaniach odmiany ziemniaka stanowiły powtórzenia technologiczne.

Tabela 1

Charakterystyka doświadczenia rolniczego
Characteristic of field experiment

System uprawy Cultivation system	Ekologiczny (E) Ecological	Konwencjonalny (K) Conventional
Nawożenie Fertilizing	użyźniacz glebowy dwukrotnie, w ilości 1 kg·ha ⁻¹ natural soil fertilizer, twice (1 kg·ha ⁻¹)	Mocznik/Urea 46% — 160 kg·ha ⁻¹ Superfosfat / Super phosphate 46% — 160 kg·ha ⁻¹ Sól potasowa / potassium salt 60% — 240 kg·ha ⁻¹
Odchwaszczanie Weeds removing	Mechaniczne Mechanical	Chemiczne/ Chemical: Avalon 50WP — 2 kg·ha ⁻¹ Targa Super 05 EC — 3 l·ha ⁻¹
Insektycydy Insecticides	—	Fastac 100 EC — 0,1 l·ha ⁻¹ Bancol 50 WP — 0,4 l·ha ⁻¹
Fungicydy Fungicides	2x Miedzian Cupric preparation 50 WP — 3 kg·ha ⁻¹	Altima 500 S.C. — 0,4 l·ha ⁻¹ Curzate M 72,5 WP — 2 kg·ha ⁻¹ 2x Bravo 500 S.C. — 3 l·ha ⁻¹ 2x Tattoo 550 S.C. — 3 l·ha ⁻¹ Miedzian / Cupric preparation 50 WP — 4 kg·ha ⁻¹
Odmiany Varieties	Bartek (B), Tetyda (T), Zagłoba (Z)	Bartek (B), Tetyda (T), Zagłoba (Z)

Próby bulw ziemniaka w ilości około 6 kg każdej z odmian, krojono w ćwiartki, dzielono na porcje 2-kilogramowe i zraszano roztworem zapobiegającym ciemnieniu miąższu (10 g Na₂SO₃ + 7,5 g Na₂S₂O₅ / 50 cm³ roztworu wodnego) w ilości 4 cm³·kg⁻¹ krajanki. Otrzymywano sok przy użyciu sokowirówki, oddzielano skrobię i części tkanki bulw z wykorzystaniem tkaniny filtracyjnej używanej w krochmalnictwie w odwadniaczach próżniowych. Doprowadzano pH klarownego soku do 7 stosując 1M NaOH, a następnie dodawano roztwór CaCl₂ do uzyskania stężenia soli około 0,04% w soku. Białko koagulowano w temperaturze 65–70°C przez 20 minut. Oddzielone w procesie wirowania przy użyciu wirówki przepływowej Centrifuge Stratos firmy Hearaeus skoagulowane białko suszono metodą liofilizacji.

W soku oraz w liofilizowanych koncentratkach określono zawartość suchej substancji poprzez suszenie prób do stałej masy w temperaturze 105°C, azot ogólny metodą Kjeldahla (PN-75/A-04018; Büchi, 1998), zawartość cukrów stosując metodą redukcyjną oraz popiół całkowity zgodnie z AOAC (1990). Azot ogólny przeliczano na białko stosując współczynnik przeliczeniowy 6,25. (Young i Pellett, 1991). Białko właściwe (koagulujące) strącano alkalicznym roztworem CuSO₄ (metodą Bersteina) (Lisińska i Leszczyński, 1972).

Zawartość aminokwasów oznaczono z wykorzystaniem chromatografii jonowymiennej po 24 godzinnej hydrolizie w warunkach beztlenowych stosując 6M HCl, w temperaturze 105°C (oprócz tryptofanu i aminokwasów siarkowych) (Spackman i in., 1958). Oznaczając zawartość metioniny i cysteiny przeprowadzano osobną hydrolizę kwaśną białek,

poprzedzoną reakcją z kwasem nadmrowkowym w temperaturze 0°C przez 24 godziny (Moore, 1963). Skład aminokwasowy określano przy użyciu automatycznego analizatora aminokwasów typ AAA T 339 firmy „Mikrotechna” produkcji czeskiej. Tryptofan oznaczano przeprowadzając hydrolizę zasadową białka, z użyciem 4M roztworu LiOH, w temperaturze 105°C przez 16 godzin w warunkach beztlenowych i mierząc ekstynkcję roztworu barwy niebieskofioletowej powstałej na skutek utleniania azotynem sodowym produktu kondensacji tryptofanu z p – dwumetyloaminobenzaldehydem (Spies i Chambers, 1949). Zastosowano chemiczną metodę oceny wartości odżywczej uzyskanych preparatów białkowych obliczając, na podstawie zawartości aminokwasów egzogennych, wskaźnik CS w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007 (Gawęcki, 2011). Zawartość aminokwasów wyrażano wg/16 g N_{og.} (tj. g/100 g białka, w którym 16% stanowi azot).

Otrzymane wyniki badań poddano jednokierunkowej dwuczynnikowej analizie wariancji, stosując pakiet Statistica 10,0. Obliczenia wykonano na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Grupy jednorodne określano za pomocą testu porównań wielokrotnych Duncana. Istotność różnic pomiędzy średnimi obliczono na podstawie kryterium najmniejszej istotnej różnicy (NIR).

WYNIKI I DYSKUSJA

Koncentraty białkowe otrzymane w wyniku termicznej koagulacji z soku pochodzącego z ziemniaków uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym wykazywały różnice pod względem składu chemicznego oraz aminokwasowego zawartego w nich białka.

W suchej substancji soku bulw uprawianych systemem konwencjonalnym stwierdzono średnio 12,9% cukrów ogółem, w tym 7,72% cukrów redukujących, oraz 45,8% białka ogólnego (tab. 2), natomiast w suchej substancji soku uzyskanego z bulw uprawianych systemem ekologicznym więcej cukrów ogółem (średnio 18,44%) i redukujących (średnio 13,11%) oraz mniej białka ogólnego (średnio 33,3).

Tabela 2

Skład chemiczny soku ziemniaczanego użytego w badaniach (wartości średnie z trzech odmian ziemniaka)
Chemical composition of potato juice tested in the experiment (average results of three cultivars)

System uprawy System of cultivation	Sucha substancja Dry matter (%)	Cukry redukujące Reducing sugars		Cukry ogółem Total sugars		Białko ogółem Total protein	
		(%)	(% s.s)	(%)	(% s.s/ % d.m)	(%)	(% s.s/ % d.m)
K	5,51	0,43	7,72	0,71	12,9	2,53	45,8
E	4,69	0,60	13,11	0,85	18,44	1,55	33,3
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	0,04	0,08	1,67	0,07	2,10	0,08	1,50

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

Wielu autorów (Knoor i in., 1977; Eppendorfer i Egum, 1994; Leszczyński, 2000) dowodzi, że intensywne nawożenie azotowe, charakterystyczne w uprawie konwencjonalnej, nie powoduje istotnych zmian zawartości białka właściwego. Może natomiast przyczynić się do zwiększenia zawartości azotu ogólnego, niebiałkowego, a tym samym wpłynąć na udział białka właściwego, koagulującego w białku ogólnym zawartym w

ziemniaku. Zależnie od odmiany ziemniaka udział białka właściwego w białku ogółem może wahać się w przedziale 25–60%. Sok ziemniaczany powstający jako produkt odpadowy w krochmalni zawiera około 5% suchej substancji, w której około 35% stanowią substancje azotowe (białka, peptydy, aminokwasy), około 30% cukry ogółem, 20% składniki mineralne, 4% kwasy organiczne i około 6–10% inne składniki, jak włókno, lipidy czy polifenole (Knoor i in., 1977). W zależności od zastosowanej metody wydzielenia frakcji białkowych z soku otrzymane preparaty zawierają od 30 do kilku procent składników niebiałkowych.

Otrzymane w trakcie badań liofilizowane preparaty (koncentraty) białkowe uzyskane z soku bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały średnio więcej cukrów, białka i popiołu niż koncentraty z surowca uprawianego systemem konwencjonalnym, tj., odpowiednio: 1,78; 63,05; 7,43% i 1,2; 61,18; 5,57% (tab. 3).

Tabela 3

Skład chemiczny koncentratów białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka pochodzących z uprawy konwencjonalnej i ekologicznej (wartości średnie z trzech odmian ziemniaka)
Chemical composition of protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated within conventional and ecological systems (average results of three cultivars)

System uprawy System of cultivation	Sucha substancja Dry matter (%)	Cukry (95% s.s) Sugars (95% d.m)		Białko (95% s.s) Protein (95% d.m)		Popiół (95% s.s) Ash (95% d.m.)
		redukujące reducing	ogółem total	właściwe coagulable	ogółem total	
K	97,26	0,61	1,20	54,11	61,18	5,57
E	95,18	1,21	1,78	57,37	63,05	7,43
NIR _{0,05} — LSD _{0,05}	1,80	0,16	0,15	1,71	1,71	0,15

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

Przy czym zawartości cukrów i popiołu całkowitego, niezależnie od systemu uprawy ziemniaka były zbliżone do zawartości tych składników w preparatach białka ziemniaczanego otrzymywanych przez różnych autorów (Knoor i in., 1977; Knoor, 1980; Pęksa 2006), w których cukry ogółem stanowią 0,3–3,6%; popiół całkowity najczęściej 2,5–7,0%. Badane koncentraty w niewielkim stopniu różniły się zawartością białka. Otrzymane z soku ziemniaków uprawianych systemem konwencjonalnym zawierały od 55,32 do 66,12% białka ogólnego i od 59,70 do 66,61% gdy surowcem był sok bulw pochodzących z uprawy ekologicznej. Koncentraty białka ziemniaczanego otrzymywane przez innych autorów, zależnie od technologii izolacji, zawierają od 40 do 85% białka ogólnego (Knoor i in., 1977; Knoor, 1980; Wojnowska i in., 1981; Pęksa 2006). Różnice w składzie chemicznym preparatów mogły mieć również związek z różnym udziałem frakcji białkowych w białku ogólnym bulw uprawianych bez nawożenia mineralnego w stosunku do uprawianych w systemie konwencjonalnym (Eppendorfer i Egum, 1994).

Analizując skład aminokwasowy białka zawartego w otrzymanych preparatach białkowych (tab. 4 i 5), stwierdzono istotny wpływ systemu uprawy na kształtowanie się zawartości niektórych aminokwasów.

Tabela 4

Zawartość aminokwasów egzogennych w koncentratkach białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym (g/16 g N). Wartości średnie z trzech odmian ziemniaka

Essential amino acid contents in protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated in conventional and ecological systems (g/16 g N). Average results of three cultivars

Aminokwas Amino acid	System uprawy System of cultivation	Zawartość AA AA content (g/16 g N)	NIR _{0,05} LSD _{0,05}	Białko wzorcowe Protein standard	
				FAO/WHO 1991	WHO/FAO UNU 2007
Izoleucyna Isoleucine	K E	3,08 3,36	BIR NSD	2,80	3,01
Leucyna Leucine	K E	6,21 6,90	0,53	6,59	5,30
Lizyna Lysine	K E	4,87 5,45	BIR NSD	5,79	4,50
Metionina + Cysteina Methionine + Cysteine	K E	2,27 2,46	BIR/ NSD	2,50	2,21
Fenylalanina + Tyrozyna Phenylalanine + Tyrosine	K E	6,86 7,80	0,86	6,29	3,81
Treonina Threonine	K E	3,64 4,07	0,29	3,39	2,30
Tryptofan Tryptophan	K E	0,80 0,87	BIR NSD	1,10	0,61
Walina Valine	K E	3,88 4,24	BIR NSD	3,49	3,90
Suma aminokwasów egzogennych The sum of essential amino acids	K E	31,58 35,14	3,37	31,95	25,63

K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

NIR — LSD — najmniejsza istotna różnica; least significant difference

BIR — NSD — brak istotnych różnic; not significant difference

Jak wynika z danych w tabeli 4 koncentraty białkowe otrzymane z bulw uprawianych systemem ekologicznym zawierały w porównaniu do pozostałych preparatów więcej takich aminokwasów egzogennych, jak: leucyna, fenylalanina i tyrozyna oraz treonina. Zawartość tych aminokwasów kształtowała się w przedziale, odpowiednio: 6,63–7,08; 7,31–8,12; 3,93–4,16 mg/16 N, gdy analizowane były preparaty uzyskane z bulw uprawianych w systemie ekologicznym oraz w przedziale 5,98–6,44; 6,50–7,12; 3,53–3,79 mg/16 N oznaczone w koncentratkach pochodzących z ziemniaków uprawianych w systemie konwencjonalnym. Zawartość pozostałych aminokwasów w białku badanych koncentratów białkowych była podobna, niezależnie od systemu uprawy. W odniesieniu do zawartości aminokwasów egzogennych w białku wzorcowym FAO/WHO z 1991 roku stwierdzono (szczególnie w preparatach pochodzących z ziemniaków uprawianych w systemie konwencjonalnym) niedobór takich aminokwasów, jak leucyna, lizyna, metionina i cysteina oraz tryptofan. Zawartość sumy aminokwasów egzogennych oznaczonych w białku preparatów otrzymanych z soku bulw uprawianych w systemie ekologicznym była większa i wynosiła średnio 35,14 mg/16 N, a w białku preparatów uzyskanych z bulw pochodzących z uprawy konwencjonalnej 31,58 mg/16 N, przy czym ilości te

dorównywały lub przewyższały zawartość sumy aminokwasów egzogennych w białku wzorcowym (tab. 4).

Zawartość aminokwasów względnie egzogennych, jak histydyna i arginina w białku koncentratów białkowych otrzymanych z bulw uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym była podobna i wynosiła średnio, odpowiednio: 1,51 i 1,73 mg/16 N oraz 3,66 i 4,15 mg/16 N (tab. 5).

Tabela 5

Zawartość aminokwasów względnie egzogennych i endogennych w koncentratkach białkowych otrzymanych z bulw ziemniaka uprawianych w systemie konwencjonalnym i ekologicznym (g/16 g NW). Wartości średnie z trzech odmian ziemniaka
Relative essential and other amino acid contents in protein concentrates obtained from tubers of potato cultivated in conventional and ecological systems (g/16 g N). Average results of three cultivars

Aminokwas Amino-acid	System uprawy System of cultivation	Zawartość AA AA content (g/16gN)	NIR _{0,05} LSD _{0,05}
Histydyna*	K	1,51	BIR
Histidine	E	1,73	NSD
Arginina*	K	3,66	BIR
Arginine	E	4,15	NSD
Kwas asparaginowy	K	7,99	1,05
Aspartic acid	E	9,24	
Seryna	K	3,49	0,33
Serine	E	3,91	
Kwas glutaminowy	K	6,25	BIR
Glutamic acid	E	6,98	NSD
Prolina	K	3,08	BIR
Proline	E	3,33	NSD
Glicyna	K	3,05	0,32
Glycine	E	3,44	
Alanina	K	3,06	BIR/
Alanine	E	3,37	NSD
Suma wszystkich aminokwasów	K	63,67	7,72
The sum of all amino acids	E	71,39	

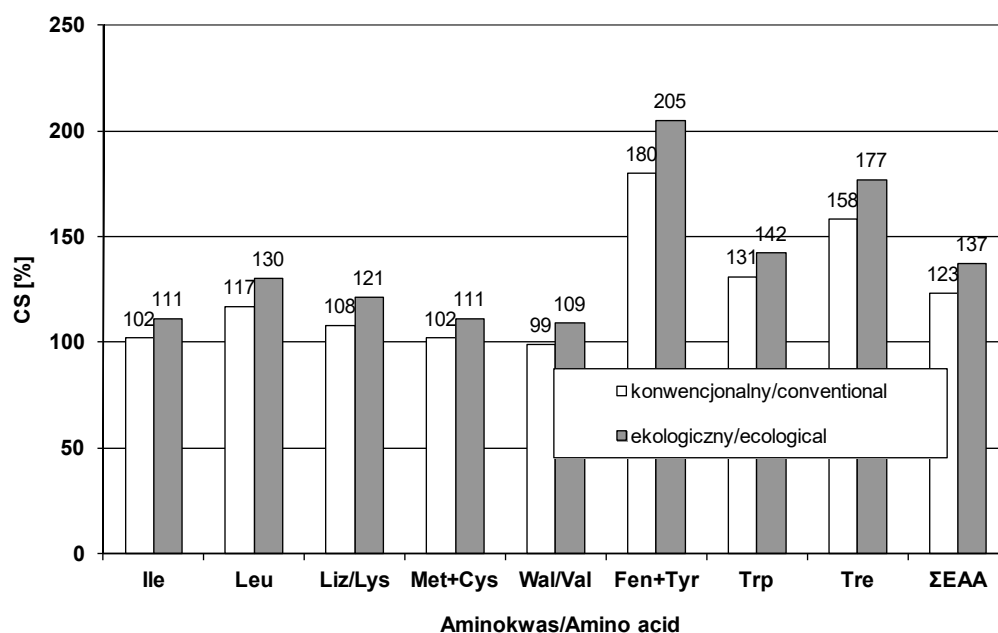
K — Konwencjonalny; Conventional; E — Ekologiczny; Ecological

* względnie egzogenne/ relative essential

NIR/LSD — najmniejsza istotna różnica; least significant difference

BIR/NSD — brak istotnych różnic; not significant difference

Zaznaczył się wpływ systemu uprawy ziemniaka na zawartość kwasu asparaginowego, seryny, glicyny oraz sumy wszystkich (18) aminokwasów w badanych preparatach, a większe ich ilości oznaczono w białku koncentratów otrzymanych z soku bulw pochodzących z uprawy ekologicznej, tj. 71,39 mg/16 N w porównaniu do 63,67 mg/16 N sumy wszystkich aminokwasów oznaczonych w preparatach uzyskanych z bulw uprawianych w systemie konwencjonalnym. W porównaniu do preparatów uzyskanych przez niektórych autorów (Knoor, 1978; Knoor i in., 1977; Kapoor i in., 1975; Pęksa, 2006) badane koncentraty zawierały mniej leucyny, lizyny, metioniny i cysteiny, fenyloalaniny i tyrozyny oraz treoniny, a podobne ilości izoleucyny i waliny. Natomiast podobny skład aminokwasowy do badanych koncentratów wykazywał preparat uzyskany przez innych autorów (Miedzianka i in., 2012).



Rys. 1. Wartość odżywcza (CS) koncentratów białkowych otrzymanych z soku bulw ziemniaka uprawianych systemem konwencjonalnym i ekologicznym obliczona w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007

Fig. 1. Nutritive value (CS) of protein concentrates obtained from the juice of potatoes cultivated within conventional and ecological systems calculated according to WHO/FAO/UNU 2007 protein standard

Wartość odżywcza badanych preparatów białkowych obliczona w odniesieniu do wzorca WHO/FAO/UNU 2007 (rys. 1) jako chemiczny wskaźnik punktowy CS była uzależniona od systemu uprawy bulw, z których uzyskiwano koncentrat. Ustalono, że wartości wskaźnika CS białka zawartego w większości preparatów uzyskanych z soku badanych prób bulw, a szczególnie z bulw pochodzących z uprawy w systemie ekologicznym dorównywały lub przewyższały ilości aminokwasów uznane za właściwe dla białka wzorcowego i mieściły się w przedziale 99–180 w preparatach z surowca uprawianego w systemie konwencjonalnym oraz w przedziale 109–205, gdy koncentraty otrzymano z soku bulw pochodzących z uprawy ekologicznej. Według Kapoor i in. (1975) wartość odżywcza preparatów białka ziemniaczanego zależy od udziału w nim frakcji albumin i globulin stanowiących około 70% białek określanych jako tuberyna, o wysokiej wartości odżywczej. Z prac innych autorów (Lindner i in., 1980/1981; Ahlden i Trägårdh, 1992; Ralet i Gueguen, 2000) wynika, że białka tuberyny o masie cząsteczkowej około 44–45 kDa wykazują słabą rozpuszczalność w roztworach o niskim pH oraz łatwo koaguluja w temperaturze powyżej 70°C, stanowiąc główny składnik preparatów uzyskiwanych metodą koagulacji kwasowo-termicznej.

WNIOSKI

1. Koncentraty otrzymane z soku bulw ziemniaka uprawianych systemem ekologicznym zawierały więcej białka oraz cukrów niż uprawiane w warunkach konwencjonalnych.
2. Badania wykazały wyraźną tendencję zwiększania zawartości aminokwasów egzogennych i sumy aminokwasów w preparatach otrzymanych z bulw uprawianych systemem ekologicznym, przy czym statystycznie potwierdzone zostały różnice w ilości takich aminokwasów, jak: leucyna, fenyloalanina i tyrozyna, treonina oraz kwas asparaginowy, seryna i glicyna.
3. Wartość odżywcza badanych koncentratów określona na podstawie składu aminokwasowego (CS), w odniesieniu do białka wzorcowego WHO/FAO/UNU 2007, niezależnie od systemu uprawy ziemniaka, dorównywała lub przewyższała wartości wskazane w standardzie, przy czym preparaty uzyskane z bulw z uprawy ekologicznej charakteryzowały się większą wartością odżywczą.
4. Ziemniak uprawiany systemem ekologicznym mógłby stanowić źródło preparatów białkowych o korzystnych właściwościach odżywczych.

LITERATURA

- Ahlden I., Trägårdh G. 1992. A study of soluble proteins from four potato varieties used in the Swedish starch industry. *Food Chem.* 44: 113 — 118.
- AOAC. 1990. W Herlich, K. (ed.). *Official Methods of Analysis of AOAC: Food Composition; Additives; Natura contaminants*. Vol. II. AOAC, Arlington.
- Büchi Kjeldahl line K — 422. 1998. Instrukcja obsługi aparatu.
- Ciećko Z., Krajewski W., Wyszowski W., Wyszowski M., Żołnowski A. 2004. Działanie nawożenia fosforowego na zawartość i jakość białka w bulwach ziemniaka. *Prace Nauk. AE Wroc., Chemia* 1017: 99 — 110.
- Danilchenko H., Pranaitiene R., Tarasieviciene Z., Venskutoniene. 2008. The effect of inhibitors on the amino acid content in the stored potato tubers. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 301 — 316.
- Eppendorfer W. H., Eggum B. O. 1994. Dietary fibre, starch, amino acids and nutritive value of potatoes as affected by sulfur, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and water stress. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci.*:107 — 115.
- Galdón B. R., Mesa D. R., Rodríguez E. M. R., Romero C. D. 2010. Amino acid content in traditional potato cultivars from the Canary Islands. *J. Food Comp. Anal.* 23: 148 — 153.
- Gawęcki J. 2011. *Żywnienie człowieka. Podstawy nauki o żywieniu*. WNP. Warszawa: 210 — 215.
- Kapoor A. C., Desborough S. L., Li P. H. 1975. Potato tuber proteins and their nutritional quality. *Potato Res.* 18: 469 — 478.
- Knorr D. 1978. Protein quality of the potato and potato protein concentrates. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 11: 109 — 115.
- Knorr D. 1980. Effect of recovery methods on yield, quality and functional properties of potato protein concentrates. *J. Food Sci.* 45: 1183 — 1186.
- Knorr D., Kohler G. O., Betschart A. A. 1977. Potato protein concentrates: the influence of various methods of recovery upon yield compositional and functional characteristics. *J. Food Process. Preserv.* 2: 235 — 247.
- Leszczyński W. 2000. Jakość ziemniaka konsumpcyjnego. *Żywn., Nauka, Technol., Jakość* 4 (25) Supl.: 5 — 26.
- Lindner P., Kaplan B., Weiler E., Ben-Gera I. 1980/81. Fractionation of potato juice proteins into acid-soluble and acid-coagulable fractions. *Food Chem.* 6: 323 — 335.

- Lisińska G., Leszczyński W. 1972. Metodyka badań jakości bulw traktowanych w uprawie herbicydami ziemniaka jako surowca dla przemysłu spożywczego. *Pr. Nauk. Inst. Technol. Org. i Tworz. Szt. P. Wroc.* 9: 55 — 61.
- Løkra S., Helland M. H., Clausen I. C., Strætkvern K.O., Egelanddal B. 2008. Chemical characterization and functional properties of a potato protein concentrate prepared by large-scale expanded bed adsorption chromatography. *LWT* 41: 1089 — 1099.
- Miedzianka J., Pęksa A., Aniołowska M. 2012. Properties of acetylated potato protein preparations. *Food Chem.* 133: 1283 — 1291.
- Mitrus J., Stankiewicz C., Steć E., Kamecki M., Starczewski J. 2003. The influence of selected cultivation on the content of total protein and amino acids in the potato tubers. *Plant Soil Environ.* 4 (3): 131 — 134.
- Moore S. 1963. On the determination of cystine as cysteic acid. *J. Biol. Chem.* 238: 235 — 237.
- Pęksa A. 2006. Ocena jakości preparatów białka ziemniaczanego otrzymanych w różnych warunkach technologicznych i ich przydatności w produkcji wyrobów ekstrudowanych. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rozprawy*, 533: 101.
- Pęksa A., Rytel E., Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A. 2009. The properties of potato protein. *Food 3* (Special Issue 1). *Potato: Food, Nutrition and Health*, Global Science Books: 79 — 87.
- PN-75/A-04018. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- Ralet M. Ch., Gueguen J. 2000. Fractionation of potato proteins: solubility, thermal coagulation and emulsifying properties. *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 33: 380 — 387.
- Seibles T. S. 1979. Studies on potato proteins. *Am. Potato J.* 56: 415 — 425.
- Spackman D. H., Stein W. H., Moore S. 1958. Automatic recording apparatus for use in the chromatography amino acid. *Anal. Chem.* 30: 1190 — 1206.
- Spies J. R., Chambers D. C. 1949. Chemical determination of tryptophan in proteins. *Anal. Chem.* 21: 1249 — 1266.
- Stankiewicz C., Bombik A., Rymuza K., Starczewski J. 2008. Wpływ wybranych zabiegów agrotechnicznych na zawartość białka oraz aminokwasów egzogennych w bulwach ziemniaka odmiany Irga i Ekra w trakcie ich przechowywania. *Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol.* 530: 281 — 291.
- van Koningsveld G. A., Gruppen H., de Jongh H. H. J., Wijngaards G., van Boekel M. A. J. S., Walstra P., Voragen A. G. J. 2001. Effects of pH and heat treatments on the structure and solubility of potato proteins in different preparations. *J. Agric. Food Chem.* 49: 4889 — 4897.
- Wojnowska I., Poznański S., Bednarski W. 1981. Processing of potato protein concentrates and their properties. *J. Food Sci.* 47: 167 — 172.
- Wyszowski M. 1996. Skład aminokwasowy białka bulw czterech odmian ziemniaka w zależności od nawożenia azotem. *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricult.* 63: 129 — 138.
- Young V. R., Pellett P. L. 1991. Protein evaluation, amino acid scoring and the food and drug administration's proposed food labeling regulations. *Issues and Opinions in Nutrition. J. Nutr.* 121: 145 — 150.

PRZEMYSŁAW KOWALCZEWSKI¹**GRAŻYNA LEWANDOWICZ¹****AGNIESZKA MAKOWSKA²****AGATA OLEJNIK¹****WIKTOR OBUCHOWSKI²**¹ Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu² Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Charakterystyka ekstrudowanych przekąsek zbożowych zawierających sok z ziemniaka*

Characterisation of the extruded cereal snacks containing potato juice

Sok z ziemniaka powszechnie jest postrzegany jako produkt odpadowy, który w najlepszym przypadku może być stosowany w żywieniu zwierząt. Rezerwę wobec możliwości stosowania go w żywieniu człowieka pogłębia dodatkowo fakt, że zawiera on glikoalkaloidy o udokumentowanym działaniu toksycznym. Tymczasem opublikowane w ostatnich latach badania przeprowadzone w różnych ośrodkach wykazały, że właśnie te substancje wykazują szczególną aktywność (*in vitro*) przeciw komórkom nowotworowym. Badania kliniczne z użyciem soku z ziemniaka wykazały ponadto jego skuteczność w niektórych chorobach przewodu pokarmowego. Sok z ziemniaka mógłby więc być składnikiem żywności funkcjonalnej adresowanej np. do chorych na nieswoiste zapalenie jelit. Celem pracy było opracowanie technologii otrzymywania atrakcyjnych sensorycznie chrupek zawierających sok z ziemniaka oraz ogólna charakterystyka jakościowa tego produktu. Chrupki otrzymywano na drodze ekstruzji w ekstruderze jednoślismakowym. Sok z ziemniaka dodawano w postaci suszu otrzymanego za pomocą suszarki rozpyłowej. W celu uniknięcia ewentualnego przekroczenia dopuszczalnej dziennej dawki glikoalkaloidów ilość dodanego soku z ziemniaka dobierano w ten sposób, aby jedna porcja chrupek (100g) zawierała nie więcej soku niż znajduje się w 200 g świeżych ziemniaków. Otrzymany produkt poddano analizie sensorycznej. Ponadto badano: współczynnik ekspansji promieniowej, gęstość właściwą, współczynniki WAI i WSI, barwę w skali L*a*b* oraz wytrzymałość mechaniczną. Przeprowadzone badania wykazały, że w celu uzyskania atrakcyjnych sensorycznie chrupek kukurydzianych z dodatkiem suszu soku z ziemniaka konieczne jest zastosowanie dodatku przypraw i substancji barwiących.

Słowa kluczowe: chrupki, nieswoiste zapalenie jelit, sok z ziemniaka, żywność funkcjonalna

Potato juice is widely recognised as a waste product which could be possibly used for animal nutrition. The application of potato juice in human nutrition is avoided due to toxicity of glycoalkaloids. In contrast, there are a few pieces of scientific evidence on *in vitro* activity of glycoalkaloids against cancer cells. Moreover, clinical trials on medicinal use of potato juice proved that it could be the

* Praca została wykonana w ramach projektu pt. „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych” realizowanego w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013

treatment option in patients suffering from gastrointestinal disorders. So, the potato juice could be used as a component of functional foods targeted for patients suffering from inflammatory bowel disease. The aim of this study was to develop a technology for production of extruded cereal snacks containing the potato juice. Physicochemical and sensory characteristics of the product were also done. Snacks were extruded using spray dried potato juice as an ingredient. The resulting products were analysed in terms of the radial expansion ratio, bulk density, WAI and WSI, the colour scale $L^*a^*b^*$, as well as breaking strength index. It was found that manufacturing of extruded cereal snacks containing potato juice needs modification of extrusion parameters as well as application of the spices and colouring additives.

Key words: extruded cereal snacks, functional food, inflammatory bowel disease, potato juice

WSTĘP

Sok z ziemniaka powszechnie jest postrzegany jako produkt odpadowy, który w najlepszym przypadku może być stosowany z żywieniu zwierząt (Tuśnio i in., 2011). Rezerwę wobec możliwości stosowania go w żywieniu człowieka pogłębia dodatkowo fakt, że zawiera on glikoalkaloidy o udokumentowanym działaniu toksycznym (Zgórska i in., 2006). Tymczasem opublikowane w ostatnich latach badania wykazały, że właśnie te substancje wykazują nie tylko szczególnie wysoki potencjał antyoksydacyjny, ale również szczególną aktywność (*in vitro*) przeciw komórkom nowotworowym (Kowalczewski i in., 2012; Olejnik i in., 2011; Ji i in., 2008; Saleem i in., 2009). Badania kliniczne z użyciem soku z ziemniaka wykazały ponadto jego skuteczność w niektórych chorobach przewodu pokarmowego (Chrubasik i in., 2006; Vlachojannis i in., 2010).

Chorzy na nieswoiste zapalenie jelit stanowią specyficzną grupę konsumentów wybierających do swojej diety wyłącznie produkty lekkostrawne i nie wykazujące działania drażniącego (Gassull, Cabré, 2001). Z drugiej strony konieczność zachowania ww. rygorów powoduje znużenie monotonią diety. Z tego powodu celowe jest poszukiwanie nowego typu produktów spożywczych, w tym przekąsek, spełniających jednak restrykcyjne wymagania tej grupy konsumentów. Dodatkowe wzbogacenie tego typu produktów w składniki o działaniu przeciwzapalnym pozwoliłoby na bardziej skutecznie postępowanie dietetyczne w stosunku do tej grupy pacjentów.

Proces ekstruzji wysokotemperaturowej (HTST), coraz powszechniej stosowany w przetwórstwie produktów zbożowych wskutek równoczesnego, krótkotrwałego działania wysokiej temperatury, ciśnienia, wilgoci i sił ścinających pozwala na uzyskanie lekkostrawnych produktów o wysokiej atrakcyjności sensorycznej (Lazou, Krokida, 2010). Chrupki kukurydziane są najchętniej spożywanym ekstrudowanym produktem zbożowym. Istnieje wiele doniesień na temat wzbogacania tego typu produktów przekąskowych w celu zwiększenia ich wartości odżywczej, czy dietetycznej (Moreira i in., 2008; Makowska, Józefacki, 2010; Cardoso-Santiago i in., 2001). Wzbogacenie chrupek w składniki bioaktywne wydaje się być skuteczną metodą wzbogacenia diety chorych na nieswoiste zapalenie jelit. Celem pracy było opracowanie technologii otrzymywania atrakcyjnych sensorycznie chrupek zawierających sok z ziemniaka oraz ogólna charakterystyka jakościowa tego produktu.

MATERIAŁY I METODY

Materiałem badawczym był świeży sok z ziemniaka pobrany w toku kampanii ziemniaczanej 2011 roku z Zakładu Produkcyjnego w Stawie będącego częścią Wielkopolskiego Przedsiębiorstwa Przemysłu Ziemniaczanego w Luboniu. Bezpośrednio po pobraniu sok był schładzany w zbiorniku magazynowym do temperatury 4°C i po przetransportowaniu do Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności poddany procesowi suszenia rozpyłowego.

Suszenie rozpyłowe prowadzono w suszarni półtechnicznej P-6.3 firmy Niro Atomizer (Dania) przy zastosowaniu temperatur powietrza: 170°C na wlocie do komory suszarniczej, 95°C na wylocie oraz szybkości podawania soku 12 l/h otrzymując susz soku ziemniaczanego o wilgotności $10,69 \pm 0,24\%$.

Surowiec podstawowy stanowiła kaszka kukurydziana o granulacji 750–1250µm, zakupiona w przedsiębiorstwie Młyn Zbożowy Stanisław Grygier w Wonieścu, dodatki zakupiono w handlu detalicznym w sklepach spożywczych.

Chrupki otrzymywano na drodze ekstruzji w ekstruderze jednoślismakowym typu S-45 wyprodukowanym przez Metalchem Gliwice, o układzie plastyfikującym L:D = 12 i dyszy 4,5 mm. Ekstruzji poddawano surowiec o wilgotności 13%. Na drodze wstępnych doświadczeń dobrano następujące warunki temperaturowe procesu: 135°C (temperatura pierwszej strefy), 155°C (temperatura drugiej strefy); 135°C (temperatura głowicy).

Współczynnik ekspansji promieniowej (ER) obliczono jako stosunek średnicy ekstrudatu do średnicy dyszy. Oznaczenie wykonano w 15 powtórzeniach.

Gęstość właściwą chrupek określono wyznaczając objętość pojedynczych chrupek i ważąc je. Z uzyskanych pomiarów wyliczono gęstość właściwą ekstrudatów:

$$\rho = 4 m / \pi d^2 l$$

gdzie ρ — gęstość ekstrudatu (g/cm^3); d — średnica ekstrudatu (cm), a l — długość ekstrudatu (cm) (Thymi i in., 2005; Asare i in., 2004). Pomiary masy i objętości wykonywano w 15 niezależnych powtórzeniach.

Współczynniki rozpuszczalności (WSI, ang. water solubility index) i wodochłonności (WAI, ang. water absorption index) oznaczono metodą wirówkową według Andersona (Anderson i in., 1969). W tym celu 1,0 g rozkruszonego ekstrudatu zawieszano w 20 ml wody i wytrząsano w temp. otoczenia w czasie 10 minut. Następnie otrzymaną ciecz wirowano z prędkością 4300g przez 10 minut. Supernatant oddzielano od warstwy żelu. Następnie oznaczano masę żelu jak również masę suchej pozostałości po suszeniu supernatantu w temp. 105°C. Współczynniki WAI i WSI obliczano ze wzorów:

$$\text{WSI} (\%) = 100m_1 / m_0$$

$$\text{WAI} (\text{g/g}) = m_2 / m_0$$

gdzie m_1 — masa pozostałości po wysuszeniu supernatantu; m_0 — sucha masa naważki ekstrudatu; m_2 — masa warstwy żelu.

Wytrzymałość mechaniczną chrupek wyznaczono za pomocą analizatora tekstury TA-XT.plus firmy Stable Micro Systems (Wielka Brytania). Chrupki przecinano nożem Warnera-Bratzlera, przy prędkości głowicy podczas testu 2 mm/s i jej obciążeniu 20 N. Maksymalną siłę niezbędną do przecięcia chrupki przyjęto za siłę łamania chrupki. Na

podstawie tej wartości i średnicy przecinanego ekstrudatu wyliczono Indeks Siły Łamania (ISŁ) jako stosunek maksymalnej siły potrzebnej do przecięcia próbki i jej średnicy (Chaiyakul i in., 2009).

Uzyskane dane poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA) przy użyciu pakietu Statistica 10 (StatSoft) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Barwę otrzymanych chrupiek oznaczano w systemie $L^*a^*b^*$ używając aparatu Chroma Meter CR-410 firmy Konica Minolta Sensing Inc. (Japonia). Do oznaczenia każdorazowo używano 3 chrupki, które przed badaniem roztarto. Oznaczenie barwy wykonywano w 5 niezależnych powtórzeniach. Oznaczono jasność chrupiek (L^*), a także pozostałe składowe barwy: a^* — nasycenie barwą czerwoną (+)/zieloną (-) oraz b^* — nasycenie barwą żółtą (+)/niebieską (-).

Oznaczenie suchej substancji metodą wagową wykonano zgodnie z Polską Normą PN-90/A-75101/03, w temperaturze 105°C.

Analizę sensoryczną otrzymanych produktu przeprowadzono stosując ankietową metodę 10. punktową pytając grupę 100 osób o następujące cechy: kształt i wygląd, spulchnienie i porowatość, powierzchnię i zabarwienie, kruchość, konsystencję oraz ogólną pożądalność.

WYNIKI I DYSKUSJA

Wzbogacanie żywności musi być przeprowadzane w taki sposób, aby dostarczyć konsumentom taką ilość substancji aktywnej, która będzie wywierała pozytywny efekt fizjologiczny, jednak przede wszystkim tak aby nie przekroczyć zalecanego dziennego spożycia (RDA). W przypadku wzbogacania sokiem z ziemniaka jest to zadanie szczególnie trudne ze względu na fakt, iż jest to produkt o równocześnie udokumentowanym działaniu leczniczym jak i toksycznym. Dodatkowym utrudnieniem jest fakt, że zawartość substancji toksycznych (solaniny i chakoniny) w ziemniakach, a co za tym idzie w soku jest niezwykle zróżnicowana (Rytel, 2010; Burlingame i in., 2009). Za pozytywny uznać należy jednak bez wątpienia fakt, iż zawartość glikoalkaloidów w ziemniakach kierowanych do spożycia jest znacznie niższa niż dopuszczalne limity (Pęksa i in., 2006). W badaniach wstępnych zastosowano dodatek suszonego soku z ziemniaka na dwóch poziomach 4% (K2) oraz 8% (K3). Próbę odniesienia stanowiły chrupki wyprodukowane z kaszki kukurydzianej bez dodatków (K1). Poziom 8% dodatku suszonego soku ziemniaczanego (przy założeniu 100 gramowej wielkości porcji gotowego produktu) stanowi równoważną ilość soku otrzymanego z 200 g świeżych ziemniaków. Spożycie takiej ilości ziemniaków jest powszechnym standardem w wielu krajach i z tego powodu przyjęto, że może być uznane za bezpieczne dla naszego zdrowia. Słuszność takiej hipotezy potwierdzają symulacje uwzględniające toksyczność glikoalkaloidów. Dawka LD_{50} solaniny dla szczurów, po podaniu doustnym, wynosi 590 mg/kg, a po podaniu dootrzewnowym tylko 67–5 mg/kg (Zeiger, 1998). Jednak w stosunku do ludzi, na podstawie odpowiednich obliczeń przyjmuje się, że dawka toksyczna jest dużo niższa i wynosi 2–5 mg/kg masy ciała, przy czym letalna może być już dawka 3–6 mg/kg (Morris, Lee, 1984; Zeiger, 1998). Badania polskich autorów wykonane na odmianach ziemniaków

uprawianych w Polsce wskazują, że zawartość glikoalkaloidów w odmianach późnych, które są głównym surowcem przemysłu skrobiowego, jest znacznie niższa niż w odmianach wczesnych i w nieobieranych bulwach waha się w granicach 4–6 mg/100g dla chakoniny i 1,5–2,5 g/100 g dla solaniny (Pęksa i in., 2002). Zawartość glikoalkaloidów wzrasta w toku przechowywania, zwłaszcza jeśli magazynowane są bulwy uszkodzone i nie jest ograniczony dostęp światła. Wartości średnie ogólnej zawartości glikoalkaloidów w polskich odmianach wynoszą w świeżo zebranych nieuszkodzonych bulwach ok. 50 mg/kg, natomiast w uszkodzonych, przechowywanych na świetle aż 134 mg/kg (Zgórska i in., 2006). Spostrzeżenia te zostały potwierdzone w najnowszych badaniach prowadzonych w Instytucie Hodowli i Aklimatyzacji Roślin na 14 polskich odmianach ziemniaków (Trawczyński, Wierzbička, 2011). Stwierdzona zawartość glikoalkaloidów, w nieobieranych bulwach, była bardzo podobna i wahała się w granicach 29–134 mg/kg. Dane te wskazują, że w żadnej z polskich odmian nie stwierdzono przekroczenia poziomu zawartości glikoalkaloidów 200 mg/kg uznanego za granicę bezpieczeństwa zdrowotnego (Zgórska i in., 2006; Trawczyński, Wierzbička, 2011; Zeiger, 1998). Biorąc pod uwagę nawet najwyższe średnie zawartości glikoalkaloidów w bulwach, wskutek spożycia soku z 200 g ziemniaków wprowadza się do organizmu niespełna 27 mg tych substancji, czyli nie więcej niż 0,5 mg/kg średniej wagi dorosłego człowieka. Uwzględniając wszystkie powyższe uwarunkowania należy stwierdzić, że nie jest możliwe przy wprowadzeniu do produktu spożywczego soku z ziemniaka w ilości do 200 g na porcję, osiągnięcie dawki toksycznej glikoalkaloidów. Można więc twierdzić iż przyjęte założenie zapewnia pełne bezpieczeństwo zdrowotne konsumentów, bez względu na użytą w produkcji odmianę ziemniaka.

Tabela 1

Skład badanych produktów
Ingredients of the products

Próba Sample	Skład produktów Contents
K1	100% kaszki kukurydzianej; processed maize
K2	96% kaszki; maize, 4% suszu soku ziemniaczanego; dried potato juice
K3	92% kaszki; maize, 8% suszu soku; dried potato juice
P1	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% soli ziołowej salt with herbs (w tym: sól; salt 80%, cebula prażona; fried onion 8%, gorczyca biała; white mustard 5%, pieprz czarny; black pepper 4%, bazylia; basil, cząber; savory, papryka; pepper po 1%)
P2	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% soli; salt
P3	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% papryki; pepper
P4	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 1,5% papryki; pepper, 1,5% soli; salt
P5	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% gotowej mieszanki przyprawowo-warzywnej; ready mixture of spices and vegetables
P6	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% bazylii; basil
P7	93% kaszki; maize, 4% suszu; dried potato juice, 3% natki pietruszki; parsley

W wyniku wstępnej oceny sensorycznej stwierdzono, że bardziej atrakcyjne są chrupki o zawartości suszu 4% i dalsze badania prowadzono stosując taki dodatek soku ziemniaczanego. Stwierdzono również, że dodatek suszu negatywnie wpływa na atrakcyj-

ność otrzymanego produktu zmieniając nieznacznie jego barwę, oraz współczynnik ekspansji promieniowej, a nade wszystko smak chrupiek, w których wyczuwalny stał się wyraźnie obcy posmak ziemniaczany. Konieczne zatem okazało się zastosowanie odpowiednich dodatków smakowych, mających na celu poprawę atrakcyjności przekąski ekstrudowanej z dodatkiem soku ziemniaczanego. W tym celu zastosowano suszone dodatki naturalne w ilości 3%, takie jak: papryka (P3); bazylia (P6); natka pietruszki (P7); sól (P2); sól ziołowa będąca mieszanką soli 80%, cebuli prażonej 8%, gorczycy białej 5%, pieprzu czarnego 4%, bazylii, cząbrku, papryki po 1% (P1); gotowa handlowa mieszanka przyprawowo-warzywna (P5); mieszanka 1,5% papryki i 1,5% soli (P4). Szczegółowy skład testowanych wariantów produktów przedstawiono w tabeli 1.

Charakterystyka fizykochemiczna chrupiek

Chrupki wzbogacane sokiem z ziemniaka wykazywały nieco zmienione w stosunku do klasycznych chrupiek kukurydzianych właściwości fizykochemiczne (tab. 2–4). W najbardziej spektakularny sposób uległa zmianie barwa produktów (tab. 2). Dodatek suszu ziemniaczanego spowodował zmniejszenie jasności chrupiek, spadek nasycenia barwą żółtą, oraz wzrost nasycenia barwą czerwoną. Zastosowanie dodatków takich jak papryka, sól ziołowa, czy bazylia i susz pietruszki spowodowało dalsze zmiany barwy. We wszystkich przypadkach zaobserwowano spadek nasycenia barwą żółtą oraz wzrost nasycenia barwą czerwoną (z wyjątkiem chrupiek z dodatkiem natki pietruszki). Dodatek warzyw i ziół powodował dalsze obniżenie jasności produktu, jednak dodatek soli wywierał odwrotny skutek.

Tabela 2

Barwa otrzymanych produktów w systemie $L^*a^*b^*$
The color of the obtained products in the $L^*a^*b^*$ system

Próba Sample	L^*	a^*	b^*
K1	$81,63 \pm 0,13$	$0,58 \pm 0,06$	$59,28 \pm 0,81$
K2	$68,99 \pm 0,18$	$9,25 \pm 0,09$	$47,42 \pm 0,20$
K3	$64,86 \pm 0,08$	$12,06 \pm 0,06$	$45,26 \pm 0,10$
P1	$68,13 \pm 0,08$	$8,59 \pm 0,06$	$44,07 \pm 0,08$
P2	$72,17 \pm 0,03$	$7,52 \pm 0,06$	$45,39 \pm 0,03$
P3	$60,01 \pm 0,06$	$15,32 \pm 0,05$	$42,04 \pm 0,13$
P4	$67,17 \pm 0,01$	$12,26 \pm 0,04$	$45,84 \pm 0,02$
P5	$69,17 \pm 0,03$	$8,65 \pm 0,03$	$45,76 \pm 0,03$
P6	$64,92 \pm 0,05$	$1,30 \pm 0,07$	$41,24 \pm 0,04$
P7	$58,57 \pm 0,04$	$-5,49 \pm 0,03$	$39,58 \pm 0,05$

Dodatek suszu soku ziemniaczanego w ilości 8% spowodował znaczące obniżenie współczynnika ekspansji promieniowej ekstrudatów (tab. 3). Dalszy obniżenie odnotowano stosując dodatki smakowe do produktu. Najmniej wyekspandowane były chrupki z dodatkiem suszonej natki pietruszki. Zmiany te nie przełożyły się jednak na zmiany gęstości. Dodatek suszu w ilości 4% oraz większości dodatków smakowych nie wpłynął znacząco na ten parametr (tab. 3).

Dodatek suszu soku ziemniaczanego oraz innych przypraw w różny sposób wpłynęły na wodochłonność i rozpuszczalność suchej substancji, czyli parametry najdobitniej

ilustrujące stopień skleikowania skrobi w wyniku ekstruzji. Zastosowane dodatki nie wpłynęły znacząco na wartość współczynnika WAI. Jedynie dodatek bazylii spowodował jego podwyższenie. Znaczniejsze różnice zaobserwowano natomiast w odniesieniu do indeksu rozpuszczalności WSI. Dodatek suszu zarówno w ilości 4%, jaki i 8% powodował obniżenie tego parametru. Dalsze obniżenie współczynnika WSI zaobserwowano również po dodaniu bazylii i pietruszki.

Tabela 3

Podstawowa charakterystyka produktów ekstrudowanych
Basic characteristics of the extruded products

Próba Sample	Współczynnik ekspansji Expansion ratio	Gęstość właściwa Bulk density (g/cm ³)	WAI (g/g)	WSI (%)
K1	4,49 ± 0,16	0,0927 ± 0,0065	6,42 ± 0,02	22,62 ± 0,01
K2	4,27 ± 0,19	0,0956 ± 0,0111	6,31 ± 0,12	17,12 ± 0,01
K3	3,98 ± 0,26	0,1089 ± 0,0087	6,34 ± 0,19	16,41 ± 0,01
P1	4,03 ± 0,18	0,1042 ± 0,0093	6,35 ± 0,03	25,77 ± 0,01
P2	3,98 ± 0,13	0,1028 ± 0,0105	6,21 ± 0,10	23,66 ± 0,01
P3	3,78 ± 0,15	0,1012 ± 0,0078	6,04 ± 0,19	20,33 ± 0,02
P4	3,82 ± 0,26	0,0966 ± 0,0076	6,30 ± 0,10	22,40 ± 0,01
P5	3,94 ± 0,20	0,1130 ± 0,0144	6,01 ± 0,01	23,67 ± 0,01
P6	3,21 ± 0,10	0,1173 ± 0,0156	6,78 ± 0,17	14,12 ± 0,01
P7	2,96 ± 0,19	0,1479 ± 0,0301	6,11 ± 0,41	11,51 ± 0,02

Dodatek suszu soku ziemniaczanego oraz przypraw istotnie wpływała na właściwości mechaniczne chrupek (tab. 4). Co prawda dodatek 4% suszonego soku ziemniaczanego nie wpłynął istotnie na twardość chrupek, oznaczaną jako siła potrzebna do ich przełamania, jednak zwiększenie dodatku do 8% spowodowało znaczące zmniejszenie się wymaganej siły. Ponadto zaobserwowano, że dodatki: papryki, natki pietruszki i soli ziołowej zmieniły istotnie wartości siły łamania. Wartości w pozostałych wariantach nie odbiegały od próby referencyjnej. Podobnie kształtował się wpływ soku na Indeks Siły Łamania.

Tabela 4

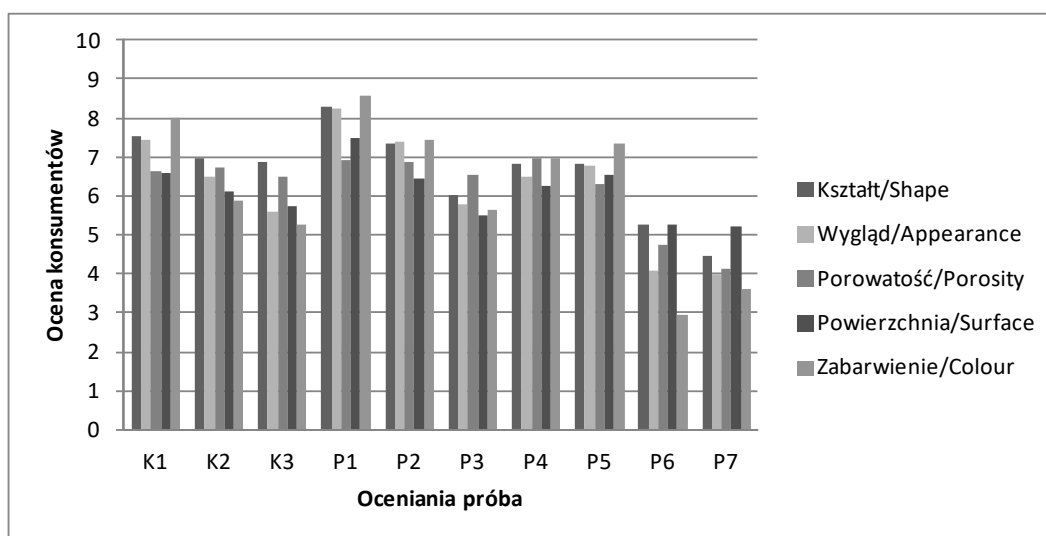
Właściwości mechaniczne nowych produktów
The mechanical properties of the new products

Próba Sample	Siła łamania Breaking force [kg]	Indeks Siły Łamania Breaking strength index [N/mm]
K1	1,83 ± 0,12	0,091 ± 0,006
K2	1,58 ± 0,18	0,087 ± 0,012
K3	1,22 ± 0,24	0,070 ± 0,013
P1	2,05 ± 0,31	0,115 ± 0,021
P2	1,45 ± 0,24	0,084 ± 0,016
P3	0,98 ± 0,24	0,066 ± 0,018
P4	1,23 ± 0,12	0,067 ± 0,006
P5	1,26 ± 0,17	0,075 ± 0,009
P6	1,49 ± 0,30	0,108 ± 0,021
P7	1,84 ± 0,26	0,158 ± 0,026

Tylko 8% dodatek suszu soku z ziemniaka wpłynął istotnie na ISŁ. Również dodatek bazylii, soli ziołowej oraz natki pietruszki znacząco podwyższa wartość ISŁ, przy czym największy wzrost odnotowano dla próby P7.

Wyniki oceny konsumenckiej

Jak wspomniano w opisie badań wstępnych, dodatek suszonego soku ziemniaczanego negatywnie wpłynął na ocenę barwy otrzymanych przekąsek obniżając ją z 8,03 pkt dla próby K1 do 5,29 pkt dla K3 (rys. 1). Okazało się jednak, że odpowiednio dobrane przyprawy mogą pozytywnie zmienić postrzeganie barwy przez konsumentów tak, że produkt wzbogacony suszem soku ziemniaczanego na poziomie 4% mógł być oceniony lepiej niż próba odniesienia K1. Najwyżej oceniana była barwa chrupiek z dodatkiem soli zielonej (8,58 pkt). Również wygląd chrupiek z tym dodatkiem był wyżej oceniany od produktu standardowego. Oceny wynosiły odpowiednio 8,25 i 7,46. Najniższą akceptację konsumencką ze względu na wygląd, kształt, porowatość, powierzchnię i zabarwienie uzyskały chrupki z dodatkiem natki pietruszki oraz bazylii.

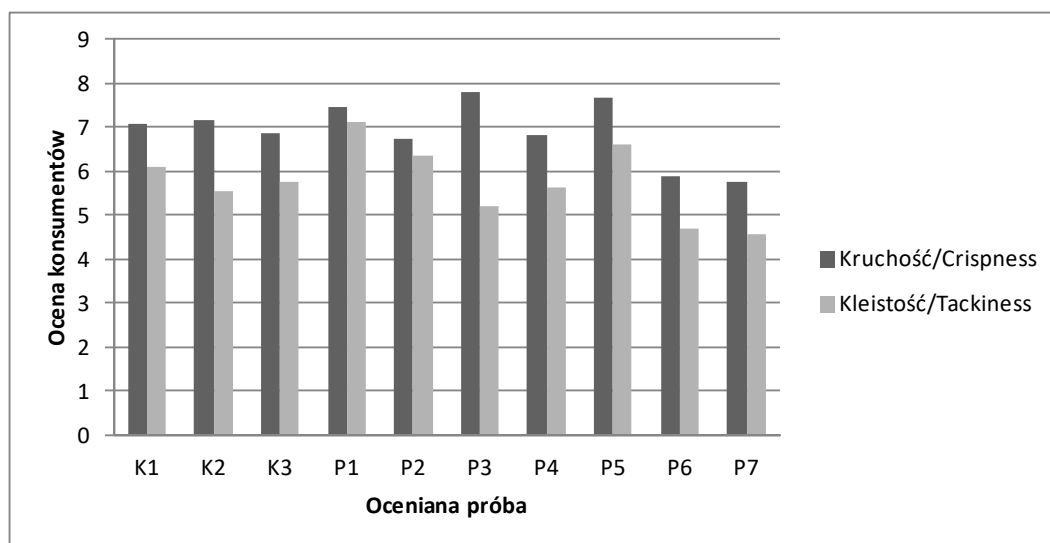


Rys. 1. Wyniki oceny konsumenckiej dotyczące kształtu, wyglądu, porowatości, powierzchni oraz zabarwienia otrzymanych chrupiek

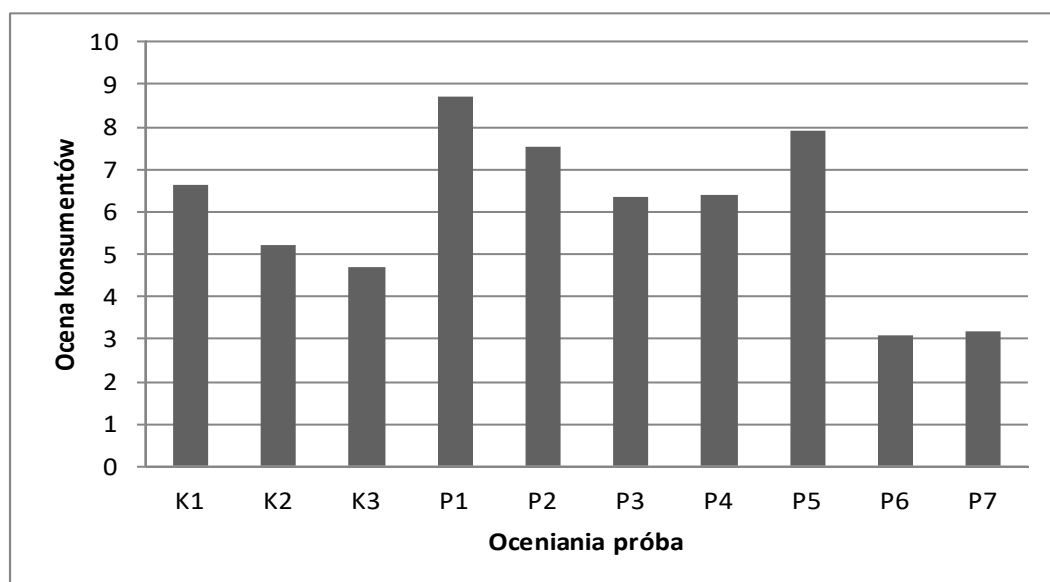
Fig. 1. The results of the evaluation of the consumer testing: shape, appearance, porosity, surface, colour

Jak wynika z danych przytoczonych na rys. 2 dodatek samego soku z ziemniaka nie wpłynął istotnie na postrzeganie przez konsumentów kruchości chrupiek. Jednak zastosowane dodatki smakowe wpłynęły na ocenę kruchości. Najniżej oceniono chrupki z dodatkiem suszonej natki pietruszki (5,75 pkt). Podobnie kształtowały się oceny atrakcyjności pod względem kleistości otrzymanych produktów.

Ocena ogólnej pożądalności badanych produktów wykazała, że chrupki wzbogacone sokiem z ziemniaka mogą być bardziej atrakcyjne dla konsumentów, o ile zastosowane będą odpowiednie dodatki smakowe. W ocenie ogólnej pożądalności najwyżej oceniane były chrupki z dodatkiem smakowym w postaci soli zielonej. Ocena ogólna wyniosła 8,73 pkt i była znacznie wyższa, niż ocena standardowych chrupiek kukurydzianych (6,66 pkt).



Rys. 2. Wyniki oceny konsumenckiej dotyczące kruchości i kleistości badanych wariantów chrupek.
Fig. 2. The results of the consumer testing: crispness, tackiness



Rys. 3. Ogólna pożądalność produktów wg oceny konsumenckiej
Fig. 3. The overall desirability the new products according to the consumer testing

Wyższe oceny niż kontrolnej próby K1 uzyskały także chrupki wzbogacone sokiem z ziemniaka z dodatkiem soli lub komercyjnej mieszanki przyprawowej (odp. 7,55 i 7,93 pkt). Oba dodatki skutecznie zmodyfikowały smak chrupek nadając im nowy, atrakcyjny charakter. Wzbogacanie samym sokiem z ziemniaka spowodowało obniżenie ogólnej

pożądalności do 5,20 i 4,71 pkt odpowiednio przy dodatku 4% i 8% suszu. Najniższą ocenę konsumentką uzyskały chrupki z dodatkiem natki pietruszki i bazylii — 3,20 i 3,10 pkt.

WNIOSKI

1. Dodatek suszu soku ziemniaczanego do chrupków kukurydzianych wpływa na cechy gotowego produktu, zmniejszając stopień ekspansji i ich twardość oraz na jego cechy sensoryczne: smak, barwę i ogólną pożądalność produktu.
2. Możliwy jest do zaakceptowania przez konsumentów 4% dodatek suszu ziemniaczanego, przy zastosowaniu odpowiednich dodatków przyprawowych, pozwalających zamaskować ziemniaczany posmak chrupków. Dodatek 8% powoduje zbyt intensywny posmak ziemniaczany produktu i niższą jego pożądalność.
3. Najlepszej jakości produkty uzyskano stosując jako dodatki przyprawy — mieszanke przyprawowo-warzywną, sól ziołową oraz sól kuchenną. Produkty uzyskane z ich dodatkiem uzyskały wyższe noty niż tradycyjne chrupki kukurydziane
4. Dodatek suszonej natki pietruszki oraz bazylii do eksudatów nie wpłynął pozytywnie na ich jakość w ocenie konsumentkiej.

LITERATURA

- Anderson R. A., Conway H. F., Pfeifer V. F., Griffin E. L., Jr. 1969. Gelatinization of corn grits by roll- and extrusion-cooking. *Cereal Sci. Today* 14: 4 — 7: 11 — 12.
- Asare E. K., Sefa-Dedeh S., Sakyi-Dawson E. O., Afoakwa, E. O. 2004. Application of Response Surface Methodology for Studying the Product Characteristics of Extruded Rice-cowpea-groundnut Blends. *Int. J. Food Sci. Tech.* 55 (5): 431 — 439.
- Burlingame B., Mouille B., Charrondiere R. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Critical Review. J. Food Compos. Anal.* 22: 494 — 502.
- Cardoso-Santiago, R. A., Arêas J. A. G. 2001. Nutritional evaluation of snacks obtained from chickpea and bovine lung blends. *Food Chem.* 74 (1): 35 — 40.
- Chrubasik S., Chrubasik C., Torda T., Madish A. 2006. Efficacy and tolerability of potato juice in dyspeptic patients: A pilot study. *Phytomedicine* 13: 11 — 15.
- Gassull M. A., Cabré E. 2001. Nutrition in inflammatory bowel disease. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 4 (6): 561 — 569.
- Ji Y. B., Gao S. Y., Ji C. F., Zou X. 2008. Induction of apoptosis in HepG2 cells by solanine and Bcl-2 protein. *Journal of Ethnopharmacol.* 115: 194 — 202.
- Kowalczewski P., Celka K., Białas W., Lewandowicz G. 2012. Antioxidant activity of potato juice. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 11 (2): 175 — 181.
- Lazou A., Krokida M. 2010. Structural and textural characterization of corn-lentil extruded snacks. *J. Food Eng.* 100 (3): 392 — 408.
- Makowska A., Józefacki A. 2010. Możliwość wykorzystania wybranych produktów odpadowych w produkcji wysokobłonnikowych wyrobów ekstrudowanych. *ABiD.* XV, 3: 39 — 44.
- Moreira-Araújo, Regilda S. R., Araújo, Marcos A. M., Arêas, José A. G. 2008. Fortified food made by the extrusion of a mixture of chickpea, corn and bovine lung controls iron-deficiency anaemia in preschool children. *Food Chem.* 107 (1): 158 — 164.
- Morris, S. C., Lee. T. H. 1984. The toxicity and teratogenicity of *Solanaceae glycoalkaloids*, particularly those of the potato (*Solanum tuberosum*): A review. *Food Technol. Aust.* 36 (3): 118 — 124.
- Olejnik A., Białas W., Tomczyk J., Lewandowicz G. 2011. Cytotoksyczność i genotoksyczność soku z ziemniaka. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu* nr 205: 118 — 125.

- Pęksa A., Gołubowska G., Rytel E., Lisińska G., Aniołowski K. 2002. Influence of harvest date on glycoalkaloid contents of three potato varieties. *Food Chem.* 78: 313 — 317.
- Pęksa A., Gołubowska G., Aniołowski K., Lisińska G., Rytel E. 2006. Changes of glycoalkaloids and nitrate contents in potatoes during chip processing. *Food Chem.* 97: 151 — 156.
- Rytel E. 2010. Wybrane substancje odżywcze i antyżywniowe ziemniaka i zmiany ich zawartości podczas przetwarzania na produkty spożywcze. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557, 43 — 61.
- Saleem T. S., Chetty C.M., Ramkanth S., Alagusundaram M., Gnanaprakash K., Rajan V. S. T., Angalaparameswari S. 2009. *Solanum nigrum* Linn. — A review. *Pharmacogn. Rev.* 3 (6): 342 — 345
- Thymi S., Krokida M. K., Papa A., Maroulis Z.B. 2005. Structural properties of extruded corn starch. *J. Food Eng.* 68, 519–526.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Odmianowe i środowiskowe zróżnicowanie zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *Biul. IHAR* 262, 119 — 125.
- Tuśnio A., Pastuszewska B., Swiech E., Taciak M. 2011. Response of young pigs to feeding potato protein and potato fibre – nutritional, physiological and biochemical parameters. *J. Anim. Feed Sci.* 20 (3), 361 — 378.
- Vlachoianis, J.E., Cameron M., Chrubasik S. 2010. Medicinal Use of Potato-derived Products, A Systematic Review. *Phytother. Res.* 24.
- Zeiger E. 1998. α -Chaonine, α -Solanine. Review of Toxicological Literature. National Institute of Environmental Health Sciences. Research Triangle Park, North Carolina.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M. 2006. Wpływ wybranych czynników na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *Żyw. – Nauk. Technol. Ja.* 1 (46) Supl.: 229 — 234.

GRAŻYNA LEWANDOWICZ
PRZEMYSŁAW KOWALCZEWSKI
WOJCIECH BIAŁAS
ANNA OLEJNIK
JOANNA RYCHLIK

Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Rozdział frakcji soku ziemniaczanego różniących się masą cząsteczkową i charakterystyka ich aktywności biologicznej*

Separation of the fractions of potato juice of different molecular weight and characterization of their biological activities

Współcześnie realizowane badania kliniczne z użyciem świeżego soku z ziemniaka wskazują na jego przydatność terapeutyczną w leczeniu zaburzeń funkcjonowania przewodu pokarmowego. Dane literaturowe nie rozstrzygają jednak jakie składniki soku z ziemniaka wykazują działanie lecznicze. Celem pracy była ocena aktywności biologicznej soku ziemniaczanego wysuszonego w suszarce rozpyłowej oraz jego frakcji rozdzielonych ze względu na różnice w masie cząsteczkowej. Świeży sok z ziemniaka poddano alternatywnie procesowi suszenia rozpyłowego lub kriokoncentracji w wyniku której otrzymano surowiec pięciokrotnie zatężony. Tak przygotowany koncentrat poddano separacji metodą chromatografii żelowej. Wyizolowane frakcje analizowano w aspekcie ich zdolności do hamowania wzrostu i ograniczania żywotności ludzkich komórek nowotworowych. Oznaczenia wykonano również na komórkach prawidłowych. Przeprowadzone badania wykazały, że produkty przetworstwa soku ziemniaczanego, podobnie jak świeży surowiec, posiadają potencjał cytotoksyczny w odniesieniu do komórek nowotworowych żołądka i jelita grubego. Wykazano, że proces suszenia rozpyłowego w niewielkim stopniu obniża aktywność biologiczną soku z ziemniaka. Proces kriokoncentracji pozwala na pięciokrotne zatężenie składników soku ziemniaczanego, które następnie mogą być efektywnie separowane na frakcje różniące się masą cząsteczkową w procesie filtracji żelowej. Największą cytotoksycznością skierowaną specyficznie na komórki nowotworowe cechuje się niebiałkowa, odporna na obróbkę termiczną, frakcja o masie cząsteczkowej poniżej 1 kDa.

Słowa kluczowe: cytotoksyczność, kriokoncentracja, separacja, sok z ziemniaka, suszenie rozpyłowe

The clinical trials on the medicinal use of potato juice proved its efficiency in the therapy of gastrointestinal disorders. However, the literature data don't determine which substances actually

* Praca została wykonana w ramach projektu nr POIG 01.01.02-00-061/09 pt. „Nowa żywność bioaktywna o zaprogramowanych właściwościach prozdrowotnych” realizowanego w Programie Operacyjnym Innowacyjna Gospodarka, 2007–2013

reveal the therapeutic effect. The aim of the work was estimation of the biological activity of potato juice sprayed in the spray dryer, as well as its fractions of different molecular mass. Fresh potato juice was spray dried or alternatively, cryoconcentrated. As the result of the latter process fivefold concentrated potato juice has been obtained. This product was separated by means of gel permeation chromatography. The isolated fractions were analysed in terms of their capability to inhibit the proliferation and to reduce viability of human cancer cell lines. Human normal cell lines were used as a reference. Our studies proved that processed potato juice, similar to the fresh one, reveals cytotoxicity potential to stomach and colon cancer cells. The spray drying only slightly decreased biological activity of potato juice. It is possible to obtain fivefold concentrated potato by application of cryoconcentration process. That product could be effectively separated by means gel filtration process. The highest cytotoxicity, specifically targeted to the cancer cells, was revealed in non-protein, thermally stable fraction of molecular mass below 1 kDa.

Key words: cytotoxicity, cryoconcentration, potato juice, separation, spray drying

WSTĘP

Aktywność biologiczna soku z ziemniaka oraz jego frakcji jest przedmiotem licznych kontrowersji. W europejskiej medycynie ludowej sok z ziemniaka (*Solanum tuberosum*) stosowany jest do leczenia stanów zapalnych przewodu pokarmowego (Vlachojannis i in., 2010). Również w tradycyjnej medycynie chińskiej oraz indyjskiej sok z *Solanum nigrum* jest stosowany do leczenia raka przewodu pokarmowego (Yi i in., 2008; Saleem i in., 2009). Aktualnie jednak woda sokowa wytwarzana w znacznej ilości przez przemysł ziemniaczany w toku kampanii krochmalniczej jest traktowana jako uciążliwy ściek, który może być w najlepszym przypadku (po wyizolowaniu zeń frakcji białkowej) zastosowana w żywieniu zwierząt (Pastuszewska i in., 2007; Tuśnio i in., 2011). Jest to związane z powszechnie znanym faktem toksycznego działania glikoalkaloidów (Pęksa i in., 2002; Pęksa i in., 2006; Rytel, 2010; Zgórska i in., 2006). Powszechnie stosowana technologia izolacji białka ziemniaczanego z wody sokowej polegająca na koagulacji kwasowo-termicznej pozwala co prawda na uzyskanie produktu o zmniejszonej zawartości glikoalkaloidów, jednak właściwości użytkowe tak otrzymanego produktu są dalece niezadowolające (Pastuszewska i in., 2007; Tuśnio i in., 2011). Stąd też konieczność prowadzenia prac nad poprawą jego właściwości (Løkra i in., 2009; Miedzianka i in., 2010; Miedzianka i in., 2012; Zwijnenbergh, 2002). Współcześnie realizowane badania kliniczne z użyciem świeżego soku z ziemniaka wskazują na jego przydatność terapeutyczną w leczeniu zaburzeń funkcjonowania przewodu pokarmowego (Chrubasik i in., 2006; Vlachojannis i in., 2010). Dominującym trendem jest przypisywanie aktywności przeciwzapalnej niektórym białkom zawartym w soku ziemniaka (Pouvreau i in., 2001; Ruseler-van Embden i in., 2004.). Niemniej jednak opublikowane zostały również badania *in vitro* wskazujące na aktywność substancji o charakterze glikoalkaloidów w stosunku do komórek nowotworowych (Kuo i in., 2000). Na uwagę zasługuje fakt, że glikoalkaloidy w których aglikonem jest solasodyna są już aktualnie stosowane przy leczeniu rakowych narośli skórnych (Jerzykiewicz, 2007). Z punktu widzenia aktywności biologicznej soku z ziemniaka najważniejsze są dane dotyczące zdolności do indukowania apoptozy komórek nowotworowych przez solaninę i chakoninę (Saleem i in., 2009; Ji i in., 2008).

Ziemniak mimo swej popularności jest rośliną niedocenianą, pomimo powszechnej świadomości jego wysokiej wartości odżywczej (Burlingame i in., 2009; Litaladio i Castaldi, 2009; Rytel, 2010). W znacznym stopniu wynika to z niejednoznaczności danych na temat jego faktycznej aktywności biologicznej, zwłaszcza w odniesieniu do frakcji niskocząsteczkowej zawierającej glikoalkaloidy (Korpan i in., 2004). Istnieje zatem konieczność prowadzenia dalszych badań z zastosowaniem nowych metod badawczych pozwalających na rzetelną ocenę przydatności nie tylko odżywczej ale również medycznej tej rośliny. Nasze wcześniejsze badania wskazują, że świeży sok z ziemniaka hamuje proliferację i ogranicza przeżywalność nowotworowych komórek pochodzących z żołądka (Hs476T) i jelita grubego (HT-29 i Caco-2). Natomiast w mniejszym stopniu wpływa na aktywność metaboliczną komórek raka wątroby (HepG2). Z punktu widzenia ewentualnego zastosowania spożywczego lub farmaceutycznego soku z ziemniaka niezwykle istotna jest wiedza jakie składniki soku z ziemniaka wykazują aktywność biologiczną oraz czy procesy technologiczne szczególnie przebiegające w podwyższonej temperaturze mają na nią wpływ.

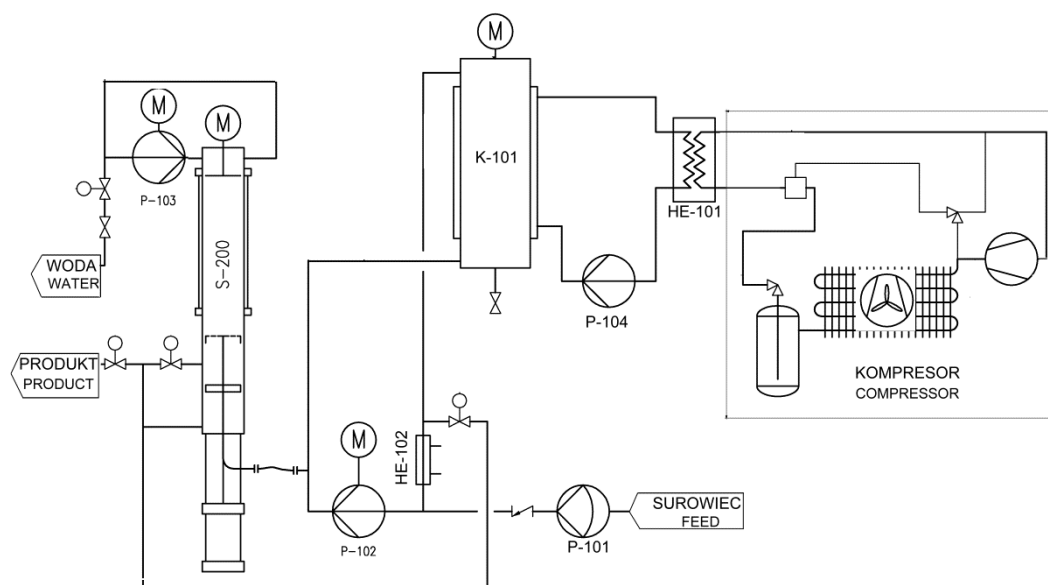
Celem pracy była ocena aktywności biologicznej soku ziemniaczanego wysuszonego w suszarce rozpyłowej oraz jego frakcji rozdzielonych ze względu na różnice w masie cząsteczkowej.

MATERIAŁY I METODY

Materiałem badawczym był świeży sok z ziemniaka pobrany w toku kampanii ziemniaczanej 2010 roku z Zakładu Produkcyjnego w Stawie należącego do Wielkopolskiego Przedsiębiorstwa Przemysłu Ziemniaczanego w Luboniu. Bezpośrednio po pobraniu sok był schładzany w zbiorniku magazynowym do temperatury 4°C i po przetransportowaniu do Katedry Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności poddany procesowi kriokoncentracji. Część świeżego soku utrwalono metodą suszenia rozpyłowego.

Suszenie rozpyłowe prowadzono na suszarni półtechnicznej P-6.3 firmy Niro Atomizer (Dania) przy zastosowaniu temperatur powietrza: 170°C na wlocie do komory suszarniczej, 95°C na wylocie oraz szybkości podawania soku 12 l/h otrzymując susz soku ziemniaczanego o wilgotności $10,69 \pm 0,24\%$. Oznaczenie suchej substancji metodą wagową wykonano zgodnie z Polską Normą PN-90/A-75101/03, w temperaturze 90°C.

Proces kriokoncentracji prowadzony był z wykorzystaniem systemu Pilot Plant Cold Concentration Unit (Freeze Tec, Holandia), którego uproszczony schemat przedstawiono na rysunku 1. Proces zateżnienia składał się z czterech etapów: przygotowania instalacji, optymalizacji parametrów separacji, produkcji oraz mycia. W fazie optymalizacji uwzględniono następujące zmienne procesowe: czas trwania cyklu oraz kompresji złoża lodu, temperatura wody płuczającej złożę lodu, czas pracy pompy płuczającej, sekwencja czasowa sterująca pracą zaworu odpowiedzialnego za usuwanie wody z systemu trakcie kolejnych cykli pracy kolumny.



Rys. 1. Schemat systemu Pilot Plant Cold Concentration Unit. P-101, 102, 103, 104 – pompy, K-101 – krystalizator, M – silnik, HE-101, 102 – wymienniki ciepła
Fig. 1. Diagram of the Pilot Plant Cold Concentration Unit system. P-101, 102, 103, 104 –pumps, K-101 – crystalliser, M – engine, HE-101, 102 – heat exchangers

Proces separacji koncentratu soku ziemniaczanego metodą chromatografii żelowej wykonywano wykorzystując do tego celu chromatograf preparatywny ÄKTA Explorer firmy Amersham Pharmacia (Szwecja) wyposażony w detektor UV-VIS i dwie kolumny połączone szeregowo: HiLoad 26/60 Superdex 75 pg oraz HiLoad 26/60 Superdex 200 pg (Amersham Pharmacia, Szwecja). Kolumny umożliwiały rozdział molekuł o masach cząsteczkowych zawartych w zakresie $3 \times 10^3 - 6 \times 10^5$ Da. Analizy wykonano w temperaturze 25°C przy objętościowej prędkości przepływu fazy ruchomej wynoszącej 1ml/min. Objętość próbki wynosiła 10ml. Jako fazę ruchomą stosowano 0,05 M bufor fosforanowy o pH 7,0 zawierający 0,15 M NaCl. W trakcie rozdziału stosowano kolektor frakcji (Frac-900, Amersham Pharmacia, Szwecja). Frakcje o objętości 10 ml zbierano do probówek typu Falcon i przechowywano w stanie zamrożenia w temperaturze -80°C. Krzywą wzorcową rozkładu mas cząsteczkowych sporządzono wykorzystując Gel Filtration Calibration Kits (GE Healthcare) składający się z 10 białek o masach cząsteczkowych od $6,5 \times 10^3$ Da do $6,69 \times 10^5$ Da oraz Blue Dextran 2000.

Frakcje odpowiadające poszczególnym pikom uzyskanym w wyniku separacji metodą sączenia żelowego poddano analizie elektroforetycznej w żelu poliakrylamidowym w warunkach denaturujących. Rozdziały elektroforetyczne prowadzono w układzie składającym się z 5% żelu zagęszczającego oraz 12,5% żelu rozdzielającego. Próbki przed naniesieniem na żel poddawano denaturacji w temperaturze 100°C, przez 10 min. Objętość próbek nanoszonych na żel wynosiła 5 μ l. Elektroforezę prowadzono przy napięciu 150 mV. Po zakończeniu rozdziału, żełe barwiono metodą srebrową według Blum i in. (1987).

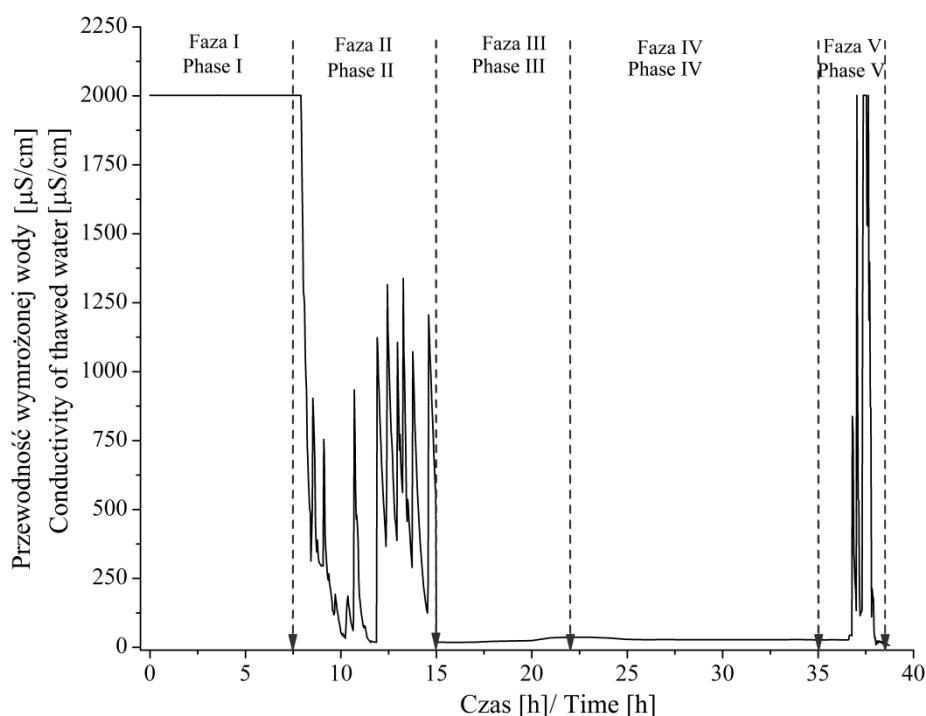
Cytotoksyczność soku z ziemniaka po kriokoncentracji i suszeniu rozpyłowym, oraz frakcji otrzymanych po separacji metodą chromatografii żelowej dla prawidłowych i nowotworowych komórek przewodu pokarmowego oznaczano testem MTT wg procedury opisanej przez Mosmann (1983). Do analizy zastosowano ludzkie komórki nowotworowe pochodzące z raka żołądka (linia HsT476), jelita grubego (linia Caco-2 i HT-29) i wątroby (linia HepG2). Oznaczenia wykonano również na prawidłowych komórkach nabłonka jelita cienkiego (linia IEC-6) oraz jelita grubego (linia NCM460). Hodowle komórek prowadzono w pożywce DMEM z dodatkiem mieszaniny niezbędnych aminokwasów (1%), płodowej surowicy bydlęcej (10%) i gentamycyny (50 mg/l) w temperaturze 37°C, w atmosferze zawierającej 5% CO₂ i 95% powietrza. Na podstawie wyników badań wyznaczono dawki cytotoksyczne IC₅₀, określające stężenie produktów powodujące 50% inhibicję proliferacji i aktywności metabolicznej komórek.

WYNIKI I DYSKUSJA

Świeży sok z ziemniaka stanowi roztwór zawierający około 1% związków mineralnych oraz 4% związków organicznych, głównie o charakterze białkowym (ok. 2%) (Nowotny, 1972). Wykorzystanie tego surowca w charakterze źródła substancji bioaktywnych wymaga jego uprzedniego zatężenia. W przemyśle spożywczym efekt ten uzyskuje się zwykle poprzez odparowanie wody za pomocą stacji wyparnych, koncentrację za pomocą technik membranowych oraz poprzez kriokoncentrację (Dembczyński i in., 2009). Ostatnia z wymienionych metod jest szczególnie interesująca, bowiem podczas tego procesu następuje wymrozenie wody w postaci kryształów lodu, które są następnie usuwane z układu za pomocą kolumn separacyjnych. Proces zatężenia przebiega w temperaturze poniżej 0°C, co pozwala na zachowanie praktycznie wszystkich substancji bioaktywnych obecnych w badanym surowcu (Fellows, 2000).

Proces kriokoncentracji składał się z kilku faz. Po wstępnym myciu oraz napełnieniu instalacji surowcem następowało jej odpowietrzenie oraz powolne schłodzenie do temperatury około 0°C (rys. 2, Faza I). Szybkość, z jaką prowadzi się schładzanie jest odwrotnie proporcjonalna do zawartości suchej substancji w surowcu. W trakcie tej fazy na wewnętrznej powierzchni krystalizatora rozpoczyna się formowanie niewielkich kryształów lodu, których średnica wynosi około 10 µm (rys. 1, K-101).

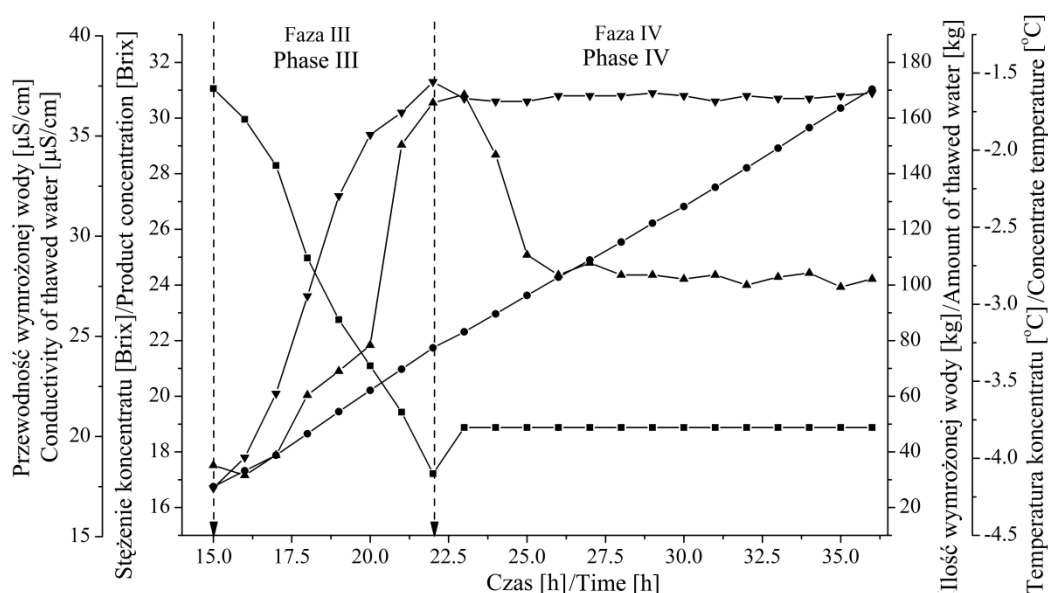
Kolejna faza procesu (rys. 2, Faza II) polega na optymalizacji parametrów pracy kolumny separacyjnej, stanowiącej kluczowy element instalacji produkcyjnej (rys. 1, S-200). Kolumna zbudowana jest cylindra wyposażonego w ruchomy tłok zakończony sitem, na powierzchni którego następuje separacja lodu od koncentratu. Celem optymalizacji jest uzyskanie kryształów o wielkości 200–300 µm oraz uformowanie stabilnego i odpowiednio skompresowanego złoża wypełniającego kolumnę. O efektywności pracy kolumny decyduje siedem wzajemnie ze sobą powiązanych zmiennych.



Rys. 2. Zmiany przewodności wody wymrożonej w trakcie kriokoncentracji soku z ziemniaka. Faza I – przygotowanie instalacji, Faza II – optymalizacja parametrów pracy systemu (zawracanie wody do zbiornika z surowcem), Faza III – kriokoncentracja w układzie okresowym, Faza IV – kriokoncentracja w układzie ciągłym z jednoczesnym zrzutem wody oraz zateżonego produktu, Faza V – mycie instalacji

Fig.2. Changes of conductance of water frozen during cryoconcentration of potato juice. Phase I – preparation of the installation, Phase II – optimisation of process parameters (recycling of water into container of raw material), Phase III - batch cryoconcentration, Phase IV – continuous cryoconcentration with removing of water and concentrated product, Phase V – cleaning of the installation

Poza tym parametry pracy kolumny są zależne od rodzaju surowca, jego składu chemicznego oraz lepkości. Przy błędnie dobranych zmiennych procesowych, np. przy zbyt krótkim czasie trwania cyklu oraz zbyt wysokiej temperaturze wody płuczącej złoża lodu obserwuje się zjawisko kanalikowania (ang. channeling) oraz nierównomierny rozkład strefy podziału pomiędzy lodem a koncentratem (ang. viscous fingering). W rezultacie następuje mieszanie się koncentratu z wodą usuwaną z systemu, co objawia się okresowymi zmianami w przewodności (rys. 2, Faza II). Na podstawie obserwacji zmian w przewodności oraz oceny stabilności złoża lodu wyznaczano optymalne parametry procesu: czas trwania cyklu: 40s; czas kompresji: 10s; temp. wody płuczącej złoża lodu: 3,5°C; czas pracy pompy płuczącej: 15s; czas otwarcia i zamknięcia zaworu spustowego w trakcie każdego cyklu pracy kolumny odpowiednio 9 i 5s.



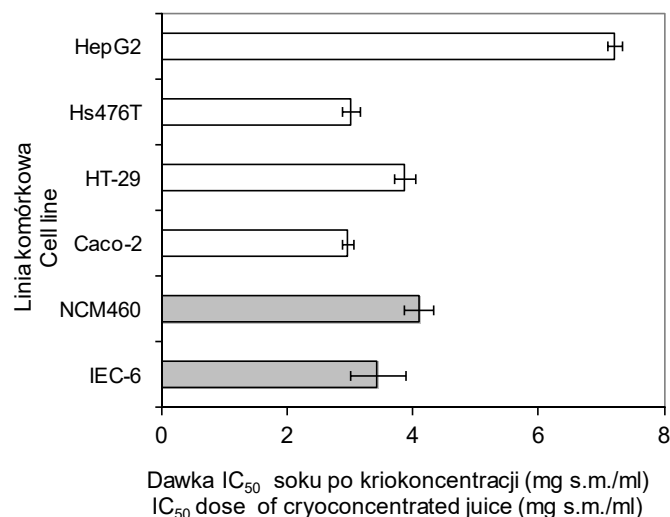
Rys. 3. Zmiany wybranych parametrów w trakcie III i IV fazy procesu kriokoncentracji. ▲ - przewodność wymrożonej wody, ▼ - stężenie koncentratu, ■ - temperatura koncentratu, ● - ilość wymrożonej wody

Fig. 3 Changes of some parameters of II and IV cryoconcentration phase. ▲ - conductance of frozen water, ▼ - concentration of concentrate, ■ - temperature of concentrate, ● - the amount of frozen water

W III fazie zatężania, po uzyskaniu stabilnego złoża lodu w kolumnie rozpoczęto usuwanie wody z układu, co powodowało wzrostu stężenia koncentratu (rys. 3). Proces prowadzono tą metodą aż do uzyskania stężenia na poziomie 31°Brix, co odpowiadało blisko pięciokrotnemu zagęszczeniu soku. Wraz ze wzrostem zagęszczenia następował także wzrost przewodności wody, co wiązało się prawdopodobnie ze wzrostem lepkości koncentratu. Zbyt wysoka lepkość koncentratu powoduje, że spada wydajność produkcji lodu oraz pojawiają się problemy z wydajnym przemywaniem złoża, co prowadzi do wzrostu strat zatężanych substancji bioaktywnych. Celem ograniczenia wspomnianych strat rozpoczęto zrzut koncentratu przy jednoczesnym uzupełnianiu systemu świeżym sokiem (Faza IV, praca w systemie ciągłym). Temperatura produktu podczas fazy zrzutu oraz średnia przewodność wody usuwanej z układu wynosiła odpowiednio $-3,8^{\circ}\text{C}$ i $29,24 \pm 2,81 \mu\text{S/cm}$. W wyniku procesu kriokoncentracji, z 200 litrów świeżego soku z ziemniaka o zawartości ekstraktu 6°Brix uzyskano około 40 litrów koncentratu o stężeniu ekstraktu 30,5°Brix.

Procesy obróbki niskotemperaturowej takie jak kriokoncentracja czy liofilizacja nie zmieniają na aktywności biologicznej (rozumianej jako potencjał antyoksydacyjny oraz toksyczność w stosunku do niektórych, nowotworowych, linii komórkowych) świeżego soku ziemniaczanego (Kowalczewski i in., 2012, Olejnik i in., 2011). Jak wynika z danych przytoczonych na rysunku 4 kriokoncentrat soku ziemniaczanego okazał się szczególnie toksyczny w stosunku nowotworowych linii komórkowych Hs476T oraz Caco-2

pochodzących odpowiednio z żołądka i jelita grubego. Mniejszą aktywność cytotoksyczną obserwowano w odniesieniu do prawidłowych komórek nabłonka jelita cienkiego IEC-6 i jelita grubego NCM460. Najślabsze działanie wykazano w stosunku do komórek wątroby HepG2 pochodzenia nowotworowego, wykazujących wiele funkcjonalnych cech typowych dla prawidłowych hepatocytów.

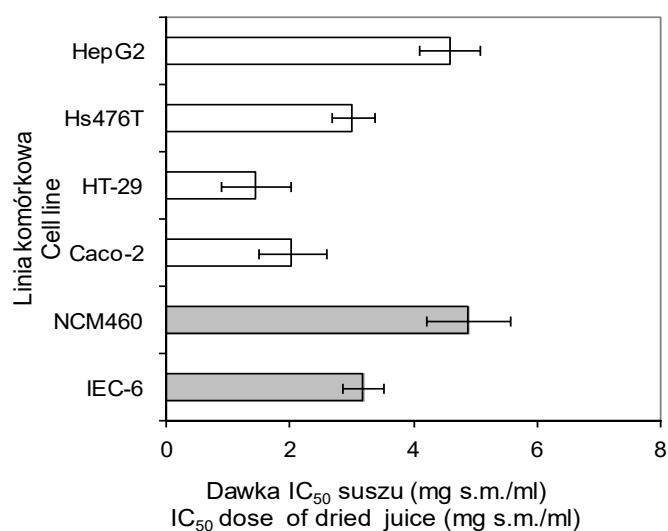


Rys. 4. Dawki cytotoksyczne obliczone dla komórek prawidłowych (linii IEC-6 i NCM460) i nowotworowych (linii Hs476T, Caco-2, HT-29 i HepG2) pochodzących z przewodu pokarmowego, eksponowanych na sok z ziemniaka po procesie kriokoncentracji

Fig. 4. Cytotoxic doses calculated in normal cells (IEC-6 and NCM460 cell line) and cancerous cells (Hs476T, Caco-2, HT-29 and HepG2 cell line) derived from gastrointestinal tract, exposed to potato juice after cryoconcentration process

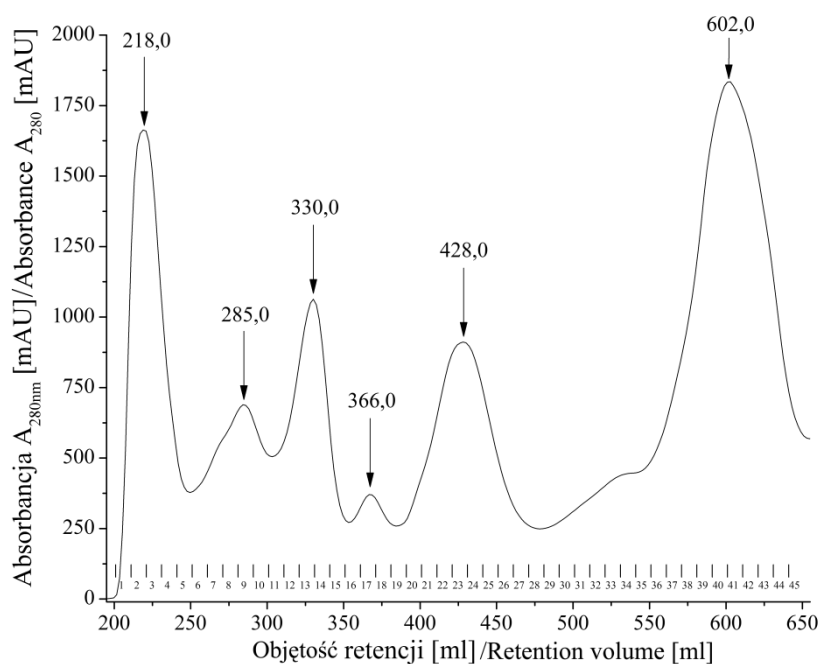
Podobnie jak proces kriokoncentracji, również zabieg suszenia rozpyłowego nie wpłynął znacząco na aktywność cytotoksyczną soku ziemniaczanego (rys. 5). Susz, analogicznie do kriokoncentratu, okazał się najbardziej cytotoksyczny w stosunku do komórek nowotworowych jelita grubego i żołądka. Natomiast najmniejszy wpływ wywierał na proliferację i żywotność prawidłowych komórek nabłonka jelita grubego NCM460 oraz hepatocytów HepG2.

Uzyskane wyniki sugerują, że za aktywność cytotoksyczną ukierunkowaną na komórki nowotworowe odpowiadają prawdopodobnie związki zawarte w soku ziemniaczanym odporne na podwyższoną temperaturę. Sformułowana hipoteza wyklucza działanie wysokocząsteczkowych substancji białkowych, ponieważ aktywność biologiczna białek jest ściśle powiązana z ich strukturą natywną. W celu weryfikacji postawionej tezy komórki nowotworowe nabłonka jelita grubego linii HT-29, wykazujące największą wrażliwość na działanie suszu soku ziemniaczanego, poddano ekspozycji na frakcje otrzymane w procesie separacji metodą preparatywną filtracji żelowej. Procesowi temu poddano sok zatężony uprzednio metodą kriokoncentracji.



Rys. 5. Dawki cytotoksyczne obliczone dla komórek prawidłowych (linii IEC-6 i NCM460) i nowotworowych (linii Hs476T, Caco-2, HT-29 i HepG2) pochodzących z przewodu pokarmowego, ekspozowanych na sok z ziemniaka po suszeniu rozpyłowym

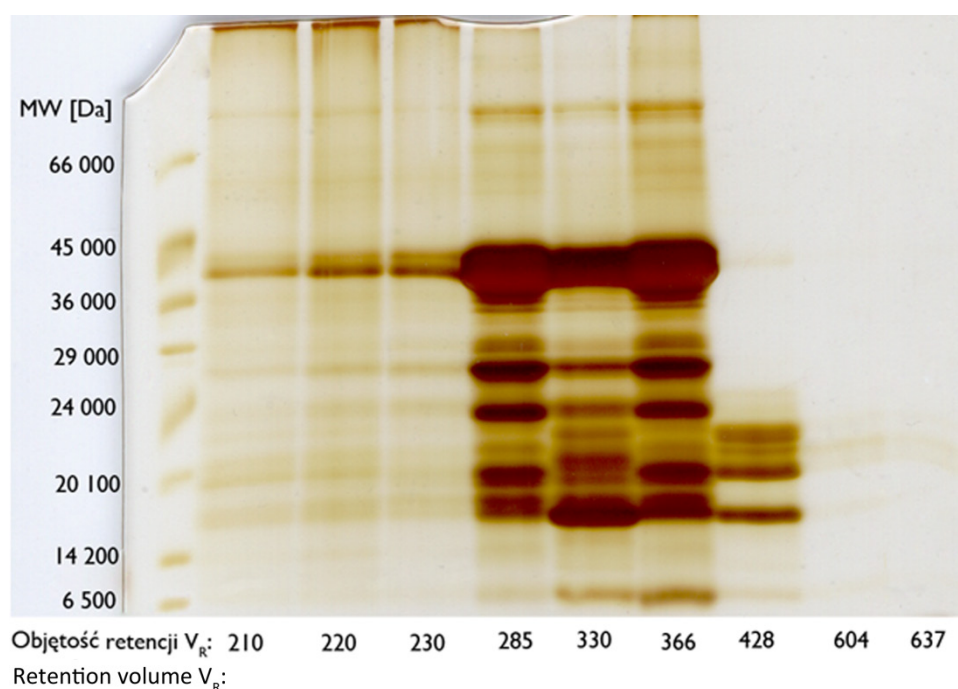
Fig. 5. Cytotoxic doses calculated in normal cells (IEC-6 and NCM460 cell line) and cancerous cells (Hs476T, Caco-2, HT-29 and HepG2 cell line) derived from gastrointestinal tract, exposed onto potato juice after spray drying process



Rys. 6. Rozdział, metodą GPC, próbki soku z ziemniaka zatężonego metodą kriokoncentracji
Fig. 6. GPC separation of cryoconcentrated potato juice

Ze względu na małą objętość stosowanych kolumn ($V_0 = 200$ ml) właściwy proces rozdzielania obejmował objętość retencji w zakresie 200–650 ml eluatu. Pozwoliło to na zebranie 45 frakcji (rys. 6). Na chromatogramie GPC (rys. 6) zaobserwowano 6 pików o średnich masach cząsteczkowych od 0,6 kDa (objętość retencji 602 ml) do ponad 600 kDa (objętość retencji 602 ml).

Frakcje odpowiadające poszczególnym pikom uzyskanym w wyniku separacji metodą sączenia żelowego poddano analizie elektroforetycznej w żelu poliakrylamidowym w warunkach denaturujących (rys. 7). Wykazała ona, że pięć spośród sześciu analizowanych frakcji zawiera substancje białkowe. W przypadku ostatnich dwóch próbek o objętości retencji 604 i 637 ml nie stwierdzono obecności białek, mimo wysokiej absorpcji zarejestrowanej podczas rozdzielania chromatograficznego. Ich średnia masa cząsteczkowa wskazuje, że mogą to być zarówno witaminy, aminokwasy jak i toksyczne alkaloidy.



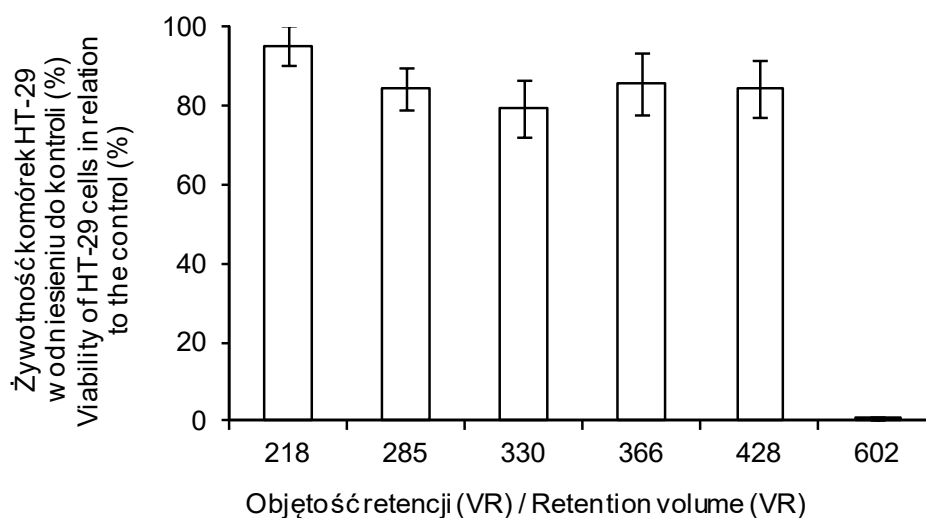
Rys. 7. Elektroforetyczny rozdział frakcji uzyskanych po sączeniu żelowym krikoncentratu soku z ziemniaka

Fig. 7. Electrophoresis of the fractions obtained in gel filtration separation of potato juice

Badania cytotoksyczności dla komórek nabłonka jelita grubego HT-29, frakcji odpowiadających pikom na chromatogramie GPC wykazały, że największą aktywnością charakteryzowała się niskocząsteczkowa frakcja (odpowiadająca 602. ml retencji) zawierająca m.in. glikoalkaloidy (rys. 8). Frakcje białkowe (odpowiadające 218., 285., 330., 366. i 428. ml retencji), mimo iż nie zostały zdenaturowane w procesach przetwórczych, wykazywały niewielki potencjał cytotoksyczny w stosunku do komórek

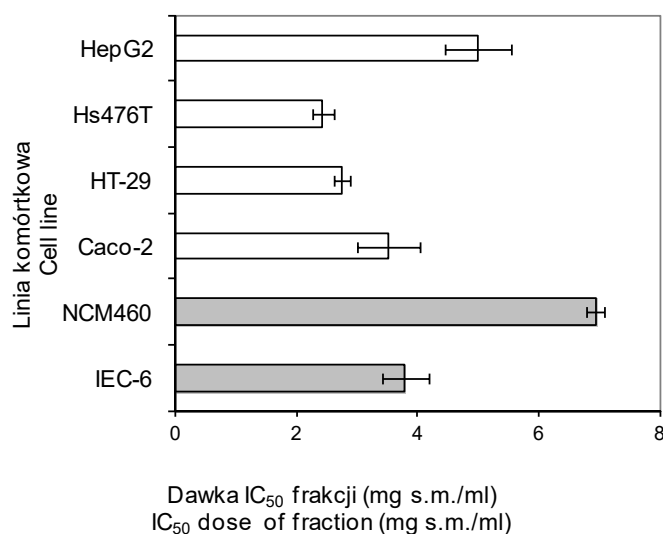
linii HT-29. Uzyskane wyniki wskazały na celowość oceny poziomu toksyczności niskocząsteczkowej frakcji soku z ziemniaka dla pozostałych komórek przewodu pokarmowego, w tym również dla prawidłowych kultur komórkowych.

Dane przedstawione na rysunku 9 wskazują na aktywność cytotoksyczną frakcji zawierającej związki niskocząsteczkowe i potwierdzają wyniki otrzymane w analizach wykonanych dla kriokoncentratu i suszu soku ziemniaczanego. Frakcja niskocząsteczkowa, podobnie jak produkty przetworzone, w największym stopniu ograniczała proliferację i aktywność metaboliczną komórek nowotworowych Hs476T i HT-29, izolowanych z raka żołądka i jelita grubego. Najmniejszą toksyczność frakcji stwierdzono dla prawidłowych komórek nabłonka jelita grubego NCM460, następnie dla hepatocytów linii HepG2.



Rys. 8. Przeżywalność komórek HT-29 w obecności frakcji w stężeniu 20% v/v
Fig. 8 Viability of HT-29 cells cultured in the presence of fractions at concentration of 20% v/v

Przedstawione rezultaty badań wskazują na potencjalną zdolność niskocząsteczkowych związków zawartych w soku z ziemniaka, odpornych na obróbkę termiczną, do ograniczania proliferacji i żywotności komórek nowotworowych, szczególnie w obrębie żołądka oraz jelit. Wyniki wstępnych badań stanowią przesłankę do podjęcia kolejnych bardziej szczegółowych prac dotyczących wpływu związków bioaktywnych soku ziemniaczanego na regulację cyklu komórkowego oraz indukcję procesu apoptozy. Oznaczenia cytotoksyczności i aktywności biologicznej *in vitro* wymagają kontynuacji i potwierdzenia wyników w testach *in vivo* na modelach zwierzęcych oraz w badaniach klinicznych.



Rys. 9. Dawki cytotoksyczne obliczone dla komórek prawidłowych (linii IEC-6 i NCM460) i nowotworowych (linii Hs476T, Caco-2, HT-29 i HepG2) pochodzących z przewodu pokarmowego, ekspozowanych na frakcję zawierającą związki niskocząsteczkowe, otrzymaną po rozdziale kriokoncentratu soku ziemniaczanego metodą GPC

Fig. 9. Cytotoxic doses calculated in normal cells (IEC-6 and NCM460 cell line) and cancerous cells (Hs476T, Caco-2, HT-29 and HepG2 cell line) derived from gastrointestinal tract, exposed to low molecular mass fraction obtained during GPC separation of cryoconcentrated potato juice

WNIOSKI

Przeprowadzone badania wykazały, że produkty przetwórstwa soku ziemniaczanego, podobnie jak świeży sok, posiadają potencjał cytotoksyczny w odniesieniu do komórek nowotworowych żołądka i jelita grubego. W szczególności wykazano że:

- proces suszenia rozpyłowego w niewielkim stopniu obniża aktywność biologiczną soku z ziemniaka
- proces kriokoncentracji pozwala na pięciokrotne zatężenie składników soku ziemniaczanego, które następnie mogą być efektywnie separowane na frakcje różniące się masą cząsteczkową w procesie filtracji żelowej
- największą cytotoksycznością skierowaną specyficznie na komórki nowotworowe cechuje się niebiałkowa, odporna na obróbkę termiczną frakcja o masie cząsteczkowej poniżej 1 kDa.

LITERATURA

- Blum H., Beier H., Gross H. J. 1987. Improved silver staining of plant proteins, RNA and DNA in polyacrylamide gels. *Electrophoresis* 8: 93 — 99.
- Burlingame B., B Mouille B., Charrondiere R. 2009. Nutrients, bioactive non-nutrients and anti-nutrients in potatoes. *Critical Review. J. Food Compos. Anal.* 22: 494 — 502.

- Chrubasik S., Chrubasik C., Torda T., Madish A. 2006. Efficacy and tolerability of potato juice in dyspeptic patients: A pilot study. *Phytomedicine* 13: 11 — 15.
- Dembczyński R., Białas W., Biegańska-Marecik R., Jankowski T. 2009. Wpływ metody zagęszczania na właściwości wybranych soków owocowych. *Aparatura Badawcza i Dydaktyczna* 1: 63 — 69.
- Fellows P.J., 2000. *Food Processing Technology*, 2nd ed. Woodhead Publishing, Cambridge, England. Part II–IV.
- Jerzykiewicz J. 2007. Alkaloidy roślin z rodziny psiankowatych (*Solanaceae*). *Postepy Biochem.* 53 (3): 287 — 296.
- Ji Y.B., Gao S.Y., Ji C.F., Zou X. 2008. Induction of apoptosis in HepG2 cells by solanine and Bcl-2 protein. *J. Ethnopharmacol.* 115: 194 — 202.
- Korpan Y.I. Nazarenko E.A. Skryshevskaya, Martelet C., Jaffrezic-Renault N., El'skaya A.V. 2004. Potato glycoalkaloids: true safety or false sense of security. *Trends Biotechnol.* 22: 147 — 151.
- Kowalczewski P., Celka K., Białas W., Lewandowicz G. 2012. Antioxidant activity of potato juice. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.* 11 (2): 175 — 181.
- Kuo K-W., Hsu S-H., Lin W-L., Liu L-F., Chang L-C. Lin C-C., Lin C-N., Sheu H-M. 2000. Anticancer Activity Evaluation of the Solanum Glycoalkaloid Solamargine, *Biochem. Pharmacol.* 60: 1865 — 1873.
- Lutaladio NB., Castaldi L. 2009. Potato: The hidden treasure. *J. Food Compos. Anal.* 22: 491 — 493.
- Løkra S., Schöller R.B., Egelanddal B., Engebretsen B., Straetkvern K.O. 2009. Comparison of composition, enzyme activity and selected functional properties of potato proteins isolated from potato juice with two different expanded bed resins. *LWT — Food Sci. Technol.* 42: 906 — 913.
- Miedzianka J., Pęksa A., Smolarczyk E. 2010. Zastosowanie przemysłowego soku ziemniaczanego do otrzymywania preparatów białka arylowanego. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 261 — 273.
- Miedzianka J., Pęksa A., Aniołowska M. 2012. Properties of acetylated potato protein preparations. *Food Chem.* 133: 1283 — 1291.
- Mosnmann T. 1983. Rapid colorimetric assay for estimation for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxicity assays. *J. Immunol. Methods* 65: 55 — 63.
- Nowotny F. 1972. *Technologia przetwórstwa ziemniaczanego*. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa.
- Olejek A., Białas W., Tomczyk J., Lewandowicz G. 2011. Cytotoksyczność i genotoksyczność soku z ziemniaka. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu* nr 205: 118 — 125.
- Pastuszevska B., Taciak M., Tuśnio A. 2007. Koncentrat białka ziemniaczanego w żywieniu zwierząt monogastrycznych. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 91 — 106.
- Pęksa A., Gołubowska G., Rytel E., Lisińska G., Aniołowski K. 2002. Influence of harvest date on the glycoalkaloid contents of three potato varieties. *Food Chem.* 78: 313 — 317.
- Pęksa A., Gołubowska G., Aniołowski K., Lisińska G., Rytel E., 2006. Changes of glycoalkaloids and nitrate contents in potatoes during chip processing. *Food Chem.* 97: 151 — 156.
- Pouvreau L., Gruppen H., Piersma S. R., van den Broek A. M., van Koningsveld G.A., Voragen A. G. J. 2001. Relative Abundance and Inhibitory Distribution of protease inhibitors in potato juice from cv. Elkana. *J. Agr. Food Chem.* 49: 2864 — 2874.
- Ruseler-van Embden J. G. H., van Lieshout L. M. C., Laman J.D., 2004, Methods and means for preventing or treating inflammation or prurities. Patent USA 6: 723,354.
- Rytel E. 2010. Wybrane substancje odżywcze i antyżywniowe ziemniaka i zmiany ich zawartości podczas przetwarzania na produkty spożywcze. *Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych* 557: 43 — 61.
- Saleem T.S.M., Chetty C.M., Ramkanth S., Alagusundaram M., Gnanaprakash K., Rajan V.S.T., Angalaparameswari S. 2009. *Solanum nigrum* Linn. — A review. *Pharmacogn. Rev.* 3 (6): 342 — 345.
- Tajner-Czopek A., Rytel E., Kita A., Pęksa A., Hamouz K. 2012. The influence of thermal process of coloured potatoes on the content of glycoalkaloids in the potato products. *Food Chem.* 133: 117 — 1122.
- Tuśnio A. Pastuszevska B. Swiech E. Taciak M. 2011. Response of young pigs to feeding potato protein and potato fibre — nutritional, physiological and biochemical parameters. *J. Anim. Feed Sci.* 20 (3): 361 — 378.

- Vlachojannis, J.E., Cameron M., Chrubasik S. 2010. Medicinal Use of Potato-derived Products, A Systematic Review. *Phytother. Res.* 24.
- Zgórska K., Czerko Z., Grudzińska M. 2006. Wpływ wybranych czynników na zawartość glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka. *Żyw. Nauk. Technol. Ja.* 1 (46) Supl.: 229 — 234.
- Zwijnenbergh H.J. Kemperman A.J.B. Boerrigter M.E. Lotz M. Dijksterhuis J.F. Poulsen P.E., Klops G.-H. 2002. Native protein recovery from potato fruit juice by ultrafiltration. *Desalination* 144: 331 — 334.

LISTA RECENZENTÓW BIULETYNU INSTYTUTU HODOWLI I AKLIMATYZACJI
ROŚLIN ZA ROK 2012

Józef Adamczyk — Hodowla Roślin Smolice, Spółka z o.o. Grupa IHAR–PIB
Tadeusz Adamski — Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu
Jadwiga Andrzejewska — Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
Iwona Bartkowiak-Broda — IHAR–PIB, Oddział w Poznaniu
Piotr Bednarek — IHAR–PIB Radzików
Andrzej Bichoński — Małopolska Hodowla Roślin w Polanowicach
Tadeusz Caliński — Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Feliks Ceglarek — Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Jacek Chotkowski — IHAR–PIB, Zakład Nasiennictwa i ochrony Ziemniaka w Boninie
Zdzisław Ciećko — Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Henryk J. Czembor — IHAR–PIB Radzików
Anita Dobek — Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Tomasz Góral — IHAR–PIB Radzików
Jerzy Grabiński — Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –PIB w Puławach
Zofia Hanusz — Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Michał Hurej — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Cezary Kabała — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Jan Kaczmarek — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Władysław Kadłubiec — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wanda Kociuba — Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Irena Kolasińska — IHAR–PIB Radzików
Marcin Kozak — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Paweł Krajewski — Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu
Wacław Leszczyński — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Grażyna Lewandowicz — Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Grażyna Lisińska — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Tadeusz Łuczkiewicz — Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Dariusz R. Mańkowski — IHAR–PIB Radzików
Stefan Martyniuk — Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –PIB w Puławach
Wiesław Mądry — Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Ewa Moliszewska — Uniwersytet Opolski
Wacław Mozołewski — Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie
Ewa Nebesny — Politechnika Łódzka
Kazimierz Noworolnik — Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –PIB w Puławach
Marek Pałasiński — Wyższa Szkoła Informatyki i Zarządzania w Rzeszowie
Teresa Pastuszevska — IHAR–PIB, Oddział w Bydgoszczy
Andrzej Pawlak — Hodowla Ziemniaka Zamarte, Sp. Z o.o Grupa IHAR–PIB
Anna Pęksa — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Józef Pilch — IHAR–PIB, Zakład Roślin Zbożowych w Krakowie
Elżbieta Płaskowska — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Grażyna Podolska — Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa –PIB w Puławach
Urszula Prośba-Białczyk — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Maria Pytlarz — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Elżbieta Rytel — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Barbara Sawicka — Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
Maria Soral-Śmietana — Instytut Rozrodu Zwierząt i Badań Żywności –PAN, Olsztyn
Paweł Sowiński — IHAR–PIB Radzików
Agnieszka Tajner-Czopek — Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Cezary Trawczyński — IHAR–PIB, Oddział w Jadwisinie
Roman Warzecha — IHAR–PIB Radzików
Czesław Zamorski — Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Krystyna Zarzecka — Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach
Kazimiera Zgórska — IHAR–PIB, Oddział w Jadwisinie
Grzegorz Żurek — IHAR–PIB Radzików

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Wacław Leszczyński	Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych Nutrition value of potato and potato products	5
Wojciech Nowacki	O kierunkach zmian w uprawie ziemniaka w Polsce On the directions of changes in potato production in Poland	21
Klaudia Kułakowska Magda Aniołowska Ewa Górnicka Agnieszka Kita	Grubość plasterków ziemniaka a właściwości chipsów à la kettle The effect of slice thickness and characteristics of Kettle-style chips	37
Agnieszka Kita Honorata Danilczenko Elwira Jariene Klaudia Kułakowska	Właściwości chipsów ziemniaczanych smażonych klasycznie i ciśnieniowo The quality of potato chips fried in classical and pressure fryers	47
Joanna Le Thanh-Blicharz Jacek Anioła Aleksander Walkowski Grażyna Lewandowicz	Ocena strawności diet zawierających skrobię modyfikowaną typu RS w badaniach na szczurach Digestibility of diets containing RS modified starches assessment in rats	57
Elżbieta Rytel Agnieszka Tajner-Czopek	Wpływ czynników technologicznych stosowanych podczas laboratoryjnej produkcji suszu z ziemniaka gotowanego na zawartość witaminy C The influence of technological factors used during the laboratory production of dehydrated cooked potato on the content of vitamin C	65
Krystyna Zarzyńska Wojciech Goliszewski	Zróżnicowanie jakości plonu ziemniaków uprawianych w systemie ekologicznym i integrowanym w zależności od odmiany i warunków glebowo-klimatycznych Część I. Udział wad zewnętrznych i wewnętrznych bulw Tuber quality differentiation of potatoes grown in organic and integrated farming system depending on cultivar and soil - climatic conditions Part I. Share of external and internal disorders	73
Ewa Zdybel Ewa Tomaszewska-Ciosk Monika Romańczuk Wioletta Drożdż Hanna Boruckzkowska	Określenie właściwości termoizolacyjnych przegród wytworzonych z acetylowanej skrobi ziemniaczanej Determination of thermal insulation properties of partitions produced using acetylated potato starch	81
Ewa Zdybel Ewa Tomaszewska-Ciosk Monika Romańczuk	Określenie przewodnictwa cieplnego skrobi różnego pochodzenia botanicznego oraz skrobi ziemniaczanej rozsortowanej według wielkości gałeczek Determination of the thermal conductivity of different kinds of starch and of potato starch sorted with sieves	93
Ewa Tomaszewska-Ciosk Antoni Golachowski Wioletta Drożdż Hanna Boruckzkowska Ewa Zdybel	Wpływ warunków przechowywania na właściwości ekstrudowanych preparatów skrobi ziemniaczanej i kaolinu The influence of storage conditions on the properties of extruded potato starch and kaolin	101
		351

Ewa Tomaszewska-Ciosk Tomasz Boruckiowski Ewa Zdybel Wioletta Drożdż Hanna Boruckowska	Ocena przydatności preparatów skrobi ziemniaczanej ekstrudowanej do adsorpcji miedzi, ołowiu i cynku Evaluation of extruded potato starch ability to adsorb cuprum, lead and zinc	111
Zbigniew Czerko Kazimiera Zgórska Magdalena Grudzińska	Porównanie odmian ziemniaka pod względem reakcji na stosowanie inhibitorów kiełkowania Comparison of potato varieties in terms of response to inhibitors of sprouting	121
Barbara Lutomirska Joanna Jankowska	Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany The occurrence of misshaped tubers and tubers with cracks on the surface depending on meteorological factors and cultivars	131
Cezary Trawczyński Anna Wierzbicka	Relacje między zawartością witaminy C i azotanów w bulwach odmian ziemniaka należących do różnych grup wczesności Relationships between vitamin C and nitrates contents in tubers of potato cultivars belonging to different maturity groups	143
Lucyna Słomińska Roman Zielonka Leszek Jarosławski Marek Buszka	Hydroliza nieskleikowanej skrobi ziemniaczanej preparatami enzymów amylolitycznych Hydrolysis of non-gelatinized potato starch by using amylolytic enzymes	151
Agnieszka Tajner-Czopek Elżbieta Rytel Agnieszka Nems	Zawartość akrylamidu w wybranych produktach ziemniaczanych w zależności od użytego surowca The acrylamide content in some potato products depending on the raw material	163
Janusz Urbanowicz	Wpływ powschodowego stosowania metrybuzyny na nowo zarejestrowane odmiany ziemniaka Effect of metribuzin applied post emergence on newly registered potato cultivars	173
Anna Wierzbicka Cezary Trawczyński Tomasz Boruckiowski Hanna Boruckowska Maciej Bienkiewicz Wioletta Drożdż Ewa Tomaszewska-Ciosk Piotr Regiec	Czynniki wpływające na zawartość i plon białka w bulwach ziemniaka Factors affecting the protein content and protein yield in potato tubers	181
Maciej Bienkiewicz Wioletta Drożdż Hanna Boruckowska Tomasz Boruckiowski Ewa Tomaszewska-Ciosk Maciej Bienkiewicz	Wybrane właściwości fizyczne niskoacylowanej skrobi estryfikowanej kwasem oleinowym Chosen physical properties of low acetylated starch esterificated with oleic acid	191
Barbara Krzysztofik	Wybrane właściwości ekstrudowanych preparatów powstałych na bazie wycierki ziemniaczanej Chosen properties of extruded preparations obtained from potato pulp	205
Barbara Krzysztofik	Wpływ wielkości sadzeniaków ziemniaka i gęstości sadzenia na plon bulw i jego jakość Effect of seed size and planting density on the potato tuber yield and quality	215
Barbara Krzysztofik	Parametry jakościowe ziemniaka oferowanego do przetwórstwa spożywczego Quality parameters of potato offered for food processing	225

Barbara Krzysztofik Krzysztof Sułkowski	Wpływ wybranych czynników na wartość indeksu mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka przeznaczonego do przetwórstwa spożywczego Effect of selected factors on the value of mechanical damage index of potato tubers destined for food processing	235
Edward Bernat	Praktyczne wykorzystanie systemu decyzyjnego NegFry w uprawie ziemniaka The practical use of decision support system NegFry in potato cultivation	245
Joanna Sobczak	Zmiany w dostępności substancji aktywnych w fungicydach na zapobieganie uodparniania się ważniejszych patogenów ziemniaka Changes in availability of active substances in fungicides in light of resistance prevention in major potato pathogens	251
Jerzy Osowski	Odporność odmian ziemniaka jako element integrowanej ochrony przed agrofagami Resistance of potato varieties as an element of integrated pest management	261
Wacław Mozolewski Anna Gątorska Tomasz Łazicki	Wpływ metod restytucji mrożonych frytek ziemniaczanych na profilowanie ich aromatu The influence of heat treatment methods on French fries aroma profiling	271
Wacław Mozolewski Magdalena Warmińska Aneta Dąbrowska	Metody restytucji mrożonych frytek czynnikiem kształtującym ich profil smakowy Heat treatment methods of frozen French fries as a factor determining their flavour profile	279
Wacław Mozolewski Tomasz Łazicki	Jakość i przydatność technologiczna płatków ziemniaczanych The quality and technological usefulness of potato flakes	287
Sławomir Wróbel	Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemniak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości Effects of fertilization of potato cultivar Jelly with foliar fertilizers YaraVita Ziemniak and Actisil	295
Anna Pęksa Elżbieta Rytel Agnieszka Tajner-Czopek Agnieszka Kita Maria Pytlarz-Kozicka Joanna Miedzianka	Porównanie składu aminokwasowego preparatów białkowych uzyskanych z bulw ziemniaka uprawianych systemem ekologicznym i konwencjonalnym The comparison of amino acid composition of the protein in preparations obtained from potato tubers cultivated within ecological and conventional systems	307
Przemysław Kowalczewski Grażyna Lewandowicz Agnieszka Makowska Agata Olejnik Wiktor Obuchowski	Charakterystyka ekstrudowanych przekąsek zbożowych zawierających sok z ziemniaka Characterisation of the extruded cereal snacks containing potato juice	319
Grażyna Lewandowicz Przemysław Kowalczewski Wojciech Białas Anna Olejnik Joanna Rychlik	Rozdział frakcji soku ziemniaczanego różniących się masą cząsteczkową i charakterystyka ich aktywności biologicznej Separation of the fractions of potato juice of different molecular weight and characterization of their biological activities	331