



Bulwy bardzo wczesnej odmiany Viviana w okresie lipcowego zbioru

Fot. Sławomir Wróbel

RADZIKÓW 2014

INSTYTUT HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN

– PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

RADZIKÓW, 05-870 BŁONIE

BIULETYN
INSTYTUTU HODOWLI
I AKLIMATYZACJI ROŚLIN
Nr 272/2014



Bulwy bardzo wczesnej odmiany Viviana w okresie lipcowego zbioru. Fot. Sławomir Wróbel

RADZIKÓW 2014
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:

DANUTA BOROS (Przewodnicząca — Editor-in Chief)
HENRYK J. CZEMBOR, RENATA LEBECKA, ANNA LINKIEWICZ, WIESŁAW MĄDRY,
KATARZYNA MIKOŁAJCZYK, WOJCIECH NOWACKI, BARBARA ZAGDAŃSKA
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA (Sekretarz Redakcji — Editorial Secretary)

Redaktor Statystyczny — WIESŁAW MĄDRY

CZASOPISMO UKAZUJE SIĘ OD 1951 ROKU

Redaktor techniczny i skład komputerowy
GABRIELA WODZYŃSKA-ŁAPIŃSKA

Druk: CENTRUM POLIGRAFII Sp. z o.o.

VIII KONFERENCJA NAUKOWA

ZIEMNIAK SPOŻYWCZY I PRZEMYSŁOWY ORAZ JEGO PRZETWARZANIE

12–14 MAJA 2014 ROKU, BRUNÓW

Prace zamieszczone w niniejszym Biuletynie stanowią plon VIII Konferencji Naukowej z cyklu „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie”, która odbyła się w Brunowie w dniach 12–14 maja 2014 roku. Dotyczyła, zgodnie z tradycją konferencji zapoczątkowanej w 2000 roku, zagadnień związanych z ziemniakiem w pełnym cyklu produkcyjnym „od pola do stołu”, a więc z jego hodowlą, uprawą, ochroną, przechowywaniem, ekonomiką, analizą jakości produktu konsumpcyjnego i surowca przemysłowego oraz przetwarzaniem ziemniaka i skrobi.

Konferencja odbyła się przy wsparciu finansowym Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Organizatorami konferencji były Sekcja Technologii Węglowodanów PTTŻ oraz Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu specjalizująca się w badaniach z zakresu technologii żywności, ze szczególnym uwzględnieniem przemysłu ziemniaczanego. Współorganizatorem konferencji był Komitet Nauk o Żywności PAN. W trakcie Konferencji ogłoszono 7 referatów plenarnych oraz zaprezentowano 57 prac w formie komunikatów ustnych i plakatów. Tematem przewodnim Konferencji było: „Ziemniak rośliną uprawną XXI wieku; teraźniejszość i perspektywy” i jemu podporządkowane były referaty plenarne, z których jeden zamieszczono w niniejszym Biuletynie. W artykule tym omówiono zróżnicowane systemy uprawy ziemniaka ze wskazaniem szczególnie korzystnych do zastosowania w warunkach gospodarowania w Polsce. Ponadto, w Biuletynie zamieszczono 11 oryginalnych prac twórczych, spośród których część odnosi się do zagadnień związanych z wpływem czynników uprawowych i ochrony ziemniaka na jego jakość jako surowca w przemyśle i produktu spożywczego, w 5 pracach podejmowana jest problematyka właściwości kleików skrobi natywnej i modyfikowanej badanych w doświadczeniach modelowych, 2 prace dotyczą badania jakości ziemniaka konsumpcyjnego i uzyskanych z niego produktów, a kolejne 2 prace prezentują wyniki badań w zakresie wykorzystania produktów ubocznych przemysłu ziemniaczanego do otrzymywania preparatów o działaniu prozdrowotnym.

Z zamieszczonych w Biuletynie prac, prezentowanych wcześniej na Konferencji wynika, że nastąpiły zmiany w kierunkach wykorzystania ziemniaka. Większego znaczenia nabiera produkcja ziemniaka konsumpcyjnego i przetwarzanego na produkty spożywcze. Pomimo zmniejszenia konkurencyjności upraw ziemniaka w relacji do innych gatunków roślin, może on mieć duże znaczenie w rolnictwie i gospodarce żywnościowej po uwzględnieniu podwyższenia jakości pozyskiwanych z niego produktów rynkowych.

WACŁAW MOZOLEWSKI**MONIKA RADZYMIŃSKA****TOMASZ ŁAZICKI**

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Katedra Towaroznawstwa i Badań Żywności

Jakość ziemniaka spożywczego w opinii konsumentów

The quality of table potato in the opinion of consumers

Celem pracy było przedstawienie opinii oraz wiedzy konsumentów na temat jakości ziemniaków dostępnych w sprzedaży, ustalenie czynników istotnych z punktu widzenia decyzji nabywczych oraz określenie form ziemniaków najczęściej spożywanych przez konsumentów. Badania przeprowadzono metodą sondażu pomiarowego, techniką bezpośrednią. Według badanych jakość ziemniaków jest zróżnicowana. Przy wyborze ziemniaków większość respondentów kieruje się przede wszystkim smakiem, mączystością i brakiem uszkodzeń ziemniaka. Większość badanych spożywa potrawy przygotowane bezpośrednio z surowca ziemniaczanego. Znaczna część respondentów spożywa też produkty ziemniaczane mrożone, natomiast tylko niewielka grupa korzysta z produktów ziemniaczanych suszonych. Konsumenti ziemniaków mają znaczną wiedzę o ich wartości odżywczej, jednak dalsze działania rynkowe powinny być związane z edukacją konsumencką oraz tworzeniem strategii marketingowych promujących produkty bardzo wysokiej jakości.

Słowa kluczowe: jakość ziemniaka, konsumenci, potrawy z ziemniaka, czynniki wyboru

The aim of the study was to present consumer opinions on the quality of potatoes available on the market, to characterise consumers' knowledge in this field and its influence on the purchasing decisions. It was also determined which factors were important to consumers buying potatoes and in what form potatoes were usually consumed by respondents. In order to obtain essential information, a survey research was conducted in a group of 100 people aged 20 to 80 years. The group was also diverse with regard to gender, education and place of living. The research revealed that the level of consumers' knowledge on the subject of potatoes was diversified. According to respondents, the quality of potatoes varied, which might be caused by a different point of purchase. When choosing potatoes, most consumers were predominantly guided by their taste, mealiness and the lack of damages. Most respondents consume dishes prepared directly from the raw potato material. A significant number of respondents consume frozen potato products, whereas only a small group of consumers choose dried potato products. Consumers displayed substantial knowledge of the nutritional value of potatoes, however further market measures should be related

to consumer education and the creation of marketing strategies to promote products of very high quality.

Key words: potato quality, consumers, potato dishes, choice factors

WSTĘP

Spożycie ziemniaków nieprzetworzonych przez Polaków należy do najwyższych w Europie. Mimo zmniejszającej się produkcji ziemniaka w Polsce, jego spożycie jest dość znaczne i w roku 2012 wynosiło 111 kg rocznie, w przeliczeniu na jednego mieszkańca (Rocznik Statystyczny Rolnictwa GUS, 2013). W minionych latach prognozowano, iż rosnąca świadomość wysokiej wartości odżywczej ziemniaka będzie sprzyjać wzrostowi ich spożycia (Wroniak, 2007). Jemison i in. (2008) podają, że znajomość obecnych trendów konsumpcji ziemniaka jest ważna z punktu widzenia prognozowania przyszłych tendencji. Jednakże najnowsze prognozy Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej przewidują, że w Polsce w roku 2014 zbiory będą wynosić 7,5 mln t przy jednoczesnym zmniejszeniu się spożycia ziemniaka (ze 107 kg na osobę w roku 2013) do 102 kg na osobę rocznie (Prognozy dla ziemniaka na rok 2014, Dzwonkowski, 2013). Ziemniak i potrawy z niego przyrządzane zastępowane są innymi produktami m.in. makaronami, pizzą oraz kaszami. Jednak stanowi on dalej podstawę diety większości Polaków, ze względu na powszechną dostępność, niską cenę oraz wysoką wartość odżywczą i wszechstronne zastosowanie kulinarne. Bogate nazewnictwo ziemniaka w różnych kulturach świadczy również o dużej popularności tej rośliny (Zarzecka i in., 2013).

Ziemniaki wprowadzane do obrotu na terenie Polski muszą spełniać obowiązujące w naszym kraju wymagania prawne. Szczegółowe wymagania w zakresie jakości handlowej ziemniaków wczesnych oraz jadalnych zawiera Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 29 października 2003 roku (Dz. U. 2003 Nr 194 poz. 1900 z p. zm.). Określono w nim, m.in.: minimalną średnicę bulw, maksymalny dopuszczalny udział wagowy bulw zazieleniałych, z wadami wewnętrznymi, porażonych zgnilizną, zanieczyszczonych mineralnie i organicznie, uszkodzonych, niekształtnych i niedojrzałych, z wadami wewnętrznymi i zewnętrznymi oraz innych odmian. Wśród cech dyskwalifikujących bulwy ziemniaka wymieniane są takie, jak: porośnięcie kielkami powyżej 3 mm, nadmierne zawilgocenie powierzchni oraz obecność bulw zaparzonych, zapleśniałych, zmarzniętych i zanieczyszczonych środkami ochrony roślin. Niedopuszczalna jest również obecność bulw pozbawionych turgoru, z oznakami więdnienia, z widocznym zaciemnieniem miąższu na przekroju. Ponadto ziemniaki wprowadzane do obrotu powinny być odpowiednio zapakowane i oznakowane (Dz. U. 2004.83.776). Powyższe cechy są przedmiotem rutynowej oceny przez Inspekcję Jakości Handlowej Artykułów Rolno-Spożywczych i podawane w corocznych raportach.

Odmienne jest natomiast ocena konsumentów, bowiem zwracają oni uwagę przede wszystkim na cechy użytkowe bulw. Ziemniaki jadalne powinny być czyste, jędrne, o gładkiej skórce, bez uszkodzeń mechanicznych, o regularnym kształcie i płytko

osadzonych oczkach. Powinny się one charakteryzować przede wszystkim mięszem bez wad, nieciemniejącym zarówno przed, jak i po ugotowaniu oraz właściwym zapachem i dobrym smakiem. Nie bez znaczenia jest również wielkość opakowania, nazwa odmiany i opis sposobu wykorzystania bulw. W literaturze anglojęzycznej badania jakości, zwłaszcza sensorycznej ziemniaków, w przewadze odnoszą się do tzw. „sweet potato”, które są ważnymi uprawami w wielu regionach świata (Laurie i Van Heerden, 2012; Sugri i in., 2012).

Celem pracy było przedstawienie opinii oraz wiedzy konsumentów na temat jakości ziemniaków dostępnych w sprzedaży, ustalenie czynników istotnych z punktu widzenia decyzji nabywczych oraz określenie w jakiej postaci ziemniaki są najczęściej spożywane.

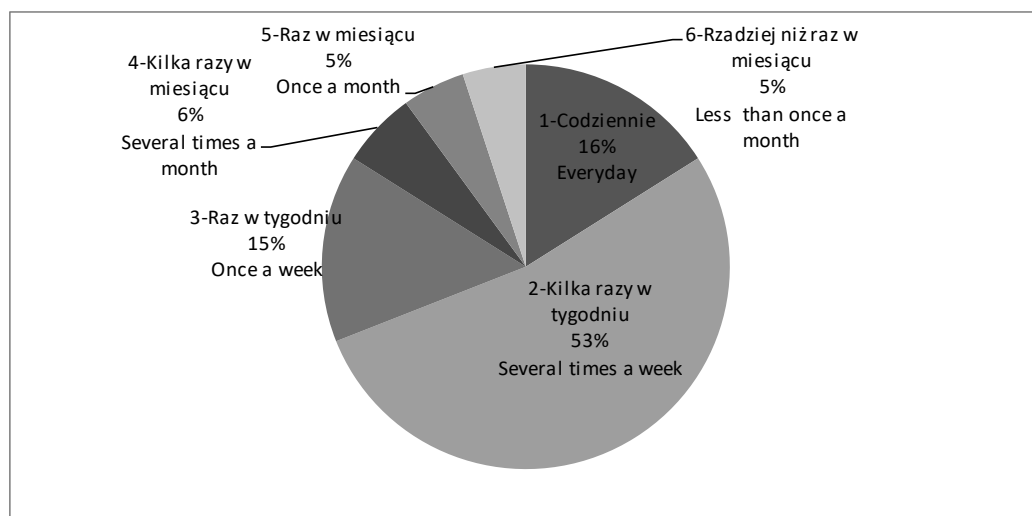
MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na terenie województwa Warmińsko-Mazurskiego w trzech rodzajach sklepów (supermarkety, sklepy spożywcze, sklepy owocowo-warzywne) na przełomie roku 2013/2014 metodą sondażu pomiarowego, techniką bezpośrednią. Zastosowano dobór przypadkowy próby badanej (liczebność 100 osób).

Pierwsza grupa pytań umieszczona w narzędziu badawczym (kwestionariusz wywiadu) umożliwiła wyodrębnienie osób, które spożywają i/lub nabywają ziemniaki oraz pozwoliła określić częstotliwość, ilość i miejsce zakupu ziemniaków. Druga grupa pytań dotyczyła czynników decyzyjnych respondentów w wyborze cech zewnętrznych i wewnętrznych bulw przy ich zakupie. Trzecia grupa pytań dotyczyła jakości ziemniaków oraz wiedzy respondentów na temat wartości odżywczej: właściwości konsumpcyjnych oraz formy spożywania bulw. Uzyskane wyniki zostały opracowane statystycznie przy użyciu arkusza kalkulacyjnego Excel Microsoft Office Standard 2013 PL. Obliczono statystyki podstawowe (% wskazań, liczebność). Dodatkowo Autorzy dokonali obserwacji bezpośredniej w pięciu wybranych typach sklepów spożywczych na terenie Olsztyna.

WYNIKI I DYSKUSJA

Badania wykazały, że wszyscy ankietowani spożywają ziemniaki, a ponad połowa — 53 osoby na 100 badanych, spożywa kilka razy w tygodniu (rys. 1). Wśród konsumentów codziennie i raz w tygodniu spożywa ziemniaki odpowiednio 16 i 15 badanych. Pozostali konsumenci w liczbie od 5 do 6 na 100 badanych zadeklarowali, że spożywają ziemniaki kilka razy w miesiącu lub rzadziej. Dla porównania 20% badanych Amerykanów deklarowało przygotowanie świeżych zmienników w domu więcej niż trzy razy w tygodniu, 35% respondentów 2–3 razy na tydzień oraz 20% raz w tygodniu (Jemison i in., 2008).



1-Everyday 16%; 2- Several times a week 53%; 3- Once a week 15%;
4- Several times a month 6%; 5-Once a month 5%; 6-Less often than once a month 5%

Rys. 1. Częstotliwość spożywania bulw ziemniaka przez respondentów

Fig. 1. Frequency of potato consumption by respondents

Częstotliwość, ilość, rodzaj opakowania i miejsce nabycia

Na podstawie częstotliwości zakupu ziemniaków 59% badanych deklaruje, że dokonuje zakupu bardzo często lub często; 21% ankietowanych kupowało ziemniaki sporadycznie (rzadko), natomiast 9% czasami. Wśród respondentów 11% nie dokonuje ich zakupu, co spowodowane jest posiadaniem własnego gospodarstwa. Wśród kupujących najczęściej wybieranym miejscem zakupu ziemniaków (39% respondentów) były sklepy warzywnicze. Być może wynika to z przekonania, że klienci zaopatrzają się tam w dobrej jakości ziemniaki krajowe pochodzące z własnego lub najbliższego regionu. Znaczny odsetek respondentów zaopatruje się również w hipermarketach (17%) i dużych sklepach osiedlowych (13%). Na targu i bezpośrednio od rolnika zaopatruje się po 11% badanych. Jako źródło zaopatrzenia z własnych upraw lub od rodziny wskazało odpowiednio 4% i 6% badanych. W małych sklepach osiedlowych zakupu ziemniaków dokonuje jedynie 9% respondentów.

Na zapytanie o ilość ziemniaków w jaką zaopatrują się ankietowani, 12% kupuje jednorazowo mniej niż 1 kg natomiast aż 56% kupujące je w ilości od 1 do 3 kilogramów, znacznie mniejszy odsetek badanych (10%) dokonuje jednorazowo zakupu powyżej 3 do 10 kg a w ilość powyżej 10 kilogramów zaopatruje się 13% badanych.

W ilość powyżej 100 kilogramów zaopatruje się 9% badanych, jedna osoba zadeklarowała, że kupuje inną ilość — 2 tony. Znamienitym jest fakt, że zdecydowana większość ankietowanych najczęściej wybiera ziemniaki pochodzenia krajowego (blisko 82%), a dla pozostałych 18% kraj pochodzenia przy zakupie ziemniaków nie ma znaczenia.

Stwierdzono, że żaden z respondentów nie nabywał ziemniaków pochodzenia zagranicznego, co wynika prawdopodobnie z przekonania, że ziemniaki krajowe są lepsze.

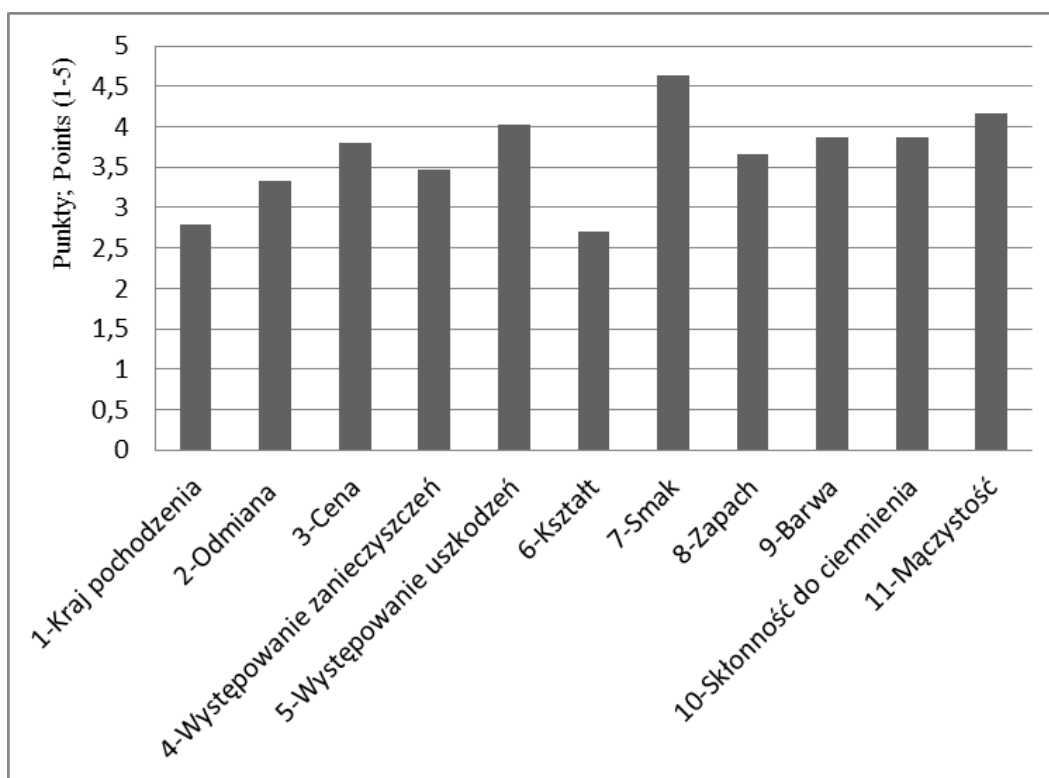
Według Chotkowskiego i Rembezy (2005) poziom spożycia bulw ziemniaka w poszczególnych krajach oraz regionach świata jest bardzo zróżnicowany a coraz mniejszy wpływ mają na niego dochody konsumentów. Figiel (2004) podaje, że poziom etnocentryzmu konsumenckiego w Polsce jest dość wysoki, w porównaniu z innymi krajami europejskimi — aż 80% Polaków zadeklarowało chęć kupowania produktów krajowych (jeśli ma taką możliwość). Potwierdzeniem tego są wyniki badań Ertmańskiej i Ertmańskiego (2011), którzy podają, że patriotyzm konsumencki staje się coraz bardziej widocznym nowym trendem w zakresie podejmowania decyzji zakupowych. Badania Zarzeckiej i Gugały (2011) wykazały, że w sieci supermarketów w sprzedaży były tylko odmiany zagraniczne — holenderskie i niemieckie, co w zasadzie uniemożliwia dokonywanie wyboru. Dodatkowym czynnikiem przy wyborze jest fakt, że konsumenci z różnych regionów i krajów mają zróżnicowane preferencje w stosunku do ziemniaczanych produktów i ich smakowitości (Zimnoch-Guzowska i Flis, 2006).

Wyniki prowadzonych w niniejszej pracy badań wykazały, że większość ankietowanych dokonując zakupu nie preferuje konkretnej odmiany ziemniaków (63%). Wśród osób które decydują się na zakup konkretnej odmiany, aż 45% wymieniał odmianę Irga, 18% Irys, a 36% wskazywało na wybór do konsumpcji obu odmian. Respondenci najczęściej przy zakupie wybierają ziemniaki luzem 66%, co wynika z miejsca ich kupna — sklep warzywniczy. Znacznie mniejsza, lecz spora liczba badanych wybiera ziemniaki opakowane w siatkę z tworzywa sztucznego (27%). Mniejszą zaś popularnością przy zakupie cieszą się ziemniaki wystawione do sprzedaży w torbie foliowej (7%) oraz worku (1%).

Ziemniaki oferowane na rynku poza spełnieniem wymagań jakościowych dla bulw określonych w normach powinny odpowiadać preferencjom konsumentów. Są one uwarunkowane wieloma czynnikami. Należy do nich m.in. barwa miąższu bulw. Badania Zarzeckiej i Gugały (2011) wykazały, że odmiana Irga jest bardzo popularna we wschodniej części Polski, głównie ze względu na kremowy miąższ. Według Chotkowskiego i Rembezy (2005) konsument ma ukształtowane preferencje np. kolor miąższu, skórki, typ kulinarny, itd., oraz może dokładnie zweryfikować jakość podczas przygotowywania bulw do spożycia. Zdaniem Autorów wraz ze zmianami stylu życia, wzrostem dochodów, poziomem wykształcenia konsumenci będą skłonni zapłacić wyższą cenę za dobry jakościowo produkt, odpowiednio przygotowany i opakowany

Istotność cech ziemniaka przy jego wyborze

Parametry jakości konsumpcyjnej bulw ziemniaka tworzą właściwości sensoryczne do których należą: smakowitość, barwa miąższu, ciemnienie miąższu bulw surowych i po ugotowaniu. Przy wyborze ziemniaków (rys. 2) badani za najważniejsze cechy wewnętrzne bulw uznali: smak (4,6 punktu), mączystość (4,2 punktu) oraz występowanie uszkodzeń (4,0 punktu). Mniej ważne dla respondentów były: barwa, skłonność do ciemnienia, zapach (noty średnie w granicach 3,7–3,9 punktu). Najmniej istotnymi czynnikami okazały się kraj pochodzenia (2,8 punktu) i kształt (2,7 punktu). Wśród wymienianych wad wewnętrznych 47% badanych zaobserwowało w kupowanych bulwach pęknięcia wewnątrz miąższu, 43% plamistość miąższu (obicia), 40% rdzawe plamy miąższu. Żadnej wady przy zakupie bulw nie zaobserwowało 17% respondentów.



1-Country of origin; 2-Variety; 3-Price; 4-Occurrence of impurities; 5-Occurrence of damages;
6-Shape; 7-Taste; 8-Aroma; 9-Colour; 10-Tendency to darken; 11-Mealiness

Rys. 2. Ocena ważności poszczególnych cech przy zakupie bulw ziemniaka (skala 1–5, gdzie 1—nieistotny, 5 — bardzo istotny)

Fig. 2. Evaluation of the importance of particular factors when purchasing potatoes (scale 1–5, where 1 — insignificant, 5 — very significant)

Uzyskane wyniki badań są zgodne z badaniami Skowrońskiej (2012), która wykazała, że dla konsumentów wysoki priorytet mają takie cechy bulw jak smak, nie występowanie uszkodzeń oraz ciemnienie po ugotowaniu. Powyższe badania potwierdziły również obserwacje własne, że dla konsumenta ważna jest tekstura bulw, określana przez respondentów jako istotna (mączystość — 4,2 punktu). Wyniki badań wskazują to na to, że konsumenci są gotowi nawet więcej zapłacić za ziemniaki, które uważają za smaczne oraz, które posiadają pożądane przez nich właściwości. Jest to ważna informacja szczególnie z punktu widzenia producentów i sprzedawców, ponieważ powinni oni starać się uwzględniać preferencje nabywców. Badania Montouto-Granna i in. (2012) dowodzą również, iż w konsumenckiej ocenie jakości ziemniaków największy udział ma tekstura. Nie bez znaczenia jest również wartość odżywcza bulw ziemniaka wynikająca z jego składu chemicznego, uwarunkowanego w znacznej mierze cechami genetycznymi

(Zimnoch-Guzowska i Flis, 2006). Ponadto duże znaczenie przy wyborze bulw ziemniaka do konsumpcji mają cechy zewnętrzne bulw takie, jak kształt. Lutomirska i Jankowska (2012) wykazały, że występowanie deformacji bulw, uzależnione jest od grupy wczesności, odmiany oraz roku uprawy. Występowanie bulw zdeformowanych w partiach wprowadzonych do obrotu nie powinno mieć miejsca, jednakże jest to nieuniknione, jeżeli ziemniaki nie będą sortowane.

Wady bulw ziemniaka w opinii kupujących

W odpowiedziach dotyczących występowania wad jakościowych bulw prawie wszyscy ankietowani stwierdzili obecność ziemniaków złej jakości (95% wskazań). Wśród wad jakościowych, które respondenci najczęściej wymieniali (tab. 1) było porośnięcie bulw (63 wskazania), zazielenienie płytkie (60 osób), silne uszkodzenia mechaniczne i przez szkodniki (54 osoby) oraz nadmarznięcia i zmarznięcia bulw (45 osób). Najmniejsza liczba ankietowanych zadeklarowała występowanie zazielenienia głębokiego.

Tabela 1

Obserwacje wykonane metodą oglądową oraz wskazywane przez ankietowanych wady jakościowe ziemniaków uwzględniane w Rozporządzeniu MRiRW 2003
Observation performed with the use of inspection method and potato quality defects indicated by respondents included in government order of 2003 (Ministry of Agriculture and Rural Development)

Wady bulw ziemniaka Defects of potatoes	Liczba wskazań Number of indications (N=100)	Wyniki badań przeprowadzonych metodą oglądową Evaluation by the use of inspection method				
		1	2	3	4	5
Porośnięcie kielkami Sprouting potatoes	63	—	—	—	+	—
Pleśnienie Moulding	43	—	—	—	—	—
Ziemniaki stęchłe Musty potatoes	43	+	+	—	+	—
Silne uszkodzenia Strong damages	54	—	—	—	—	+
Porażenie parchem Scab infection	36	—	—	—	—	—
Porażenie zgnilizną Rot infection	51	+	—	—	+	+
Nadmarznięcia i zmarznięcia Frost damages	45	—	—	—	—	—
Zazielenienia płytkie Shallow greenness	60	+	+	+	—	—
Zazielenienia głębokie Shallow greenness	27	—	—	—	—	—
Niedojrzałość Unripeness	48	—	—	—	—	—

1,2,3 — sklepy owocowo-warzywne; 1,2,3 — greengrocers; 4,5 — sklepy spożywcze; 4,5 — groceries

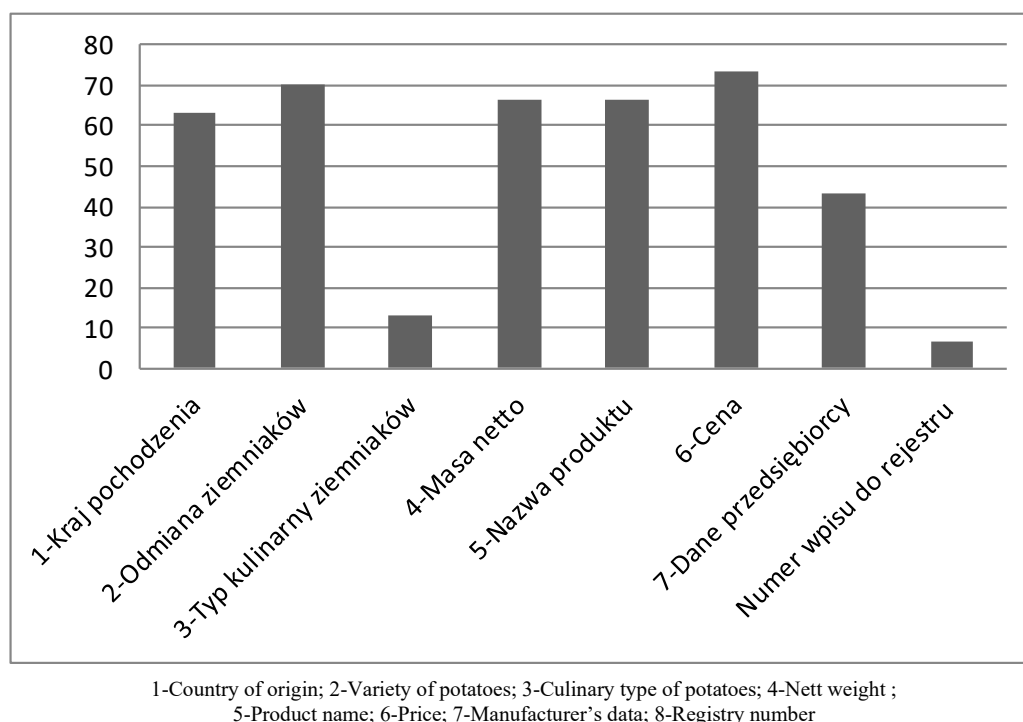
+ / — występowanie / brak wady; present / absent of defect

N = liczba respondentów; N = number of respondents

W produkcji ziemniaków jadalnych zasadniczą sprawą jest jakość produktu dostarczanego na rynek. Produkt finalny musi spełniać oczekiwania konsumentów i charakteryzować się odpowiednimi cechami zewnętrznymi i wewnętrznymi (Wroniak, 2007). Obserwacje autorów niniejszej pracy dokonane w 5 wybranych sklepach Olsztyna

(tab. 1) potwierdziły wyniki badań ankietowych dotyczących występowanie wad ziemniaków znajdujących się w obrocie handlowym. Potwierdzeniem niewłaściwej jakości ziemniaków na rynku mogą być, np. informacje AGROWORD dotyczące rynku hurtowego w Broniszach, że „ziemniaki są drogie, ale niskiej jakości” (Owoce i warzywa, 2014).

Kolejnym zadaniem ankietowanych była ocena oznakowania bulw ziemniaka występującego w miejscu zakupu (rys. 3). Uzyskane wyniki wskazują na to, że według respondentów najczęściej na opakowaniu lub w miejscu zakupu widniała cena (73%), nazwa odmiany (70%), masa netto (66%) oraz kraj pochodzenia ziemniaków (63%), ale w większości prób nie występował numer wpisu do rejestru prowadzonego przez wojewódzkiego inspektora ochrony roślin i nasiennictwa (7%). Brakowało danych przedsiębiorcy (43%) oraz typu konsumpcyjnego (13%).



Rys. 3. Występowanie oznaczeń na kupowanym produkcie ziemniaczanym (% wskazań ogółu badanych, N=100 respondentów)

Fig. 3. Occurrence of labelling on the purchased product (percentage of indications)

Przyczyną takiej sytuacji mogą być sukcesywne dostawy przez rolników do punktów sprzedaży ziemniaków bez świadectw, niejednokrotnie po niższych cenach niż hurtowe. Sytuacja ta nie dotyczy miejsca badanego przez autorów niniejszej pracy. Bombik i in. (2008) podają, że ziemniaki na rynku siedleckim charakteryzowały się dużą zmiennością typu kulinarno-użytkowego, średnią masą bulw oraz zawartością skrobi, co było wynikiem

niejednorodności odmianowej oraz zróżnicowania dostawców lub producentów. Ponadto w wywiadzie przeprowadzonym przez Gazetę Pomorską w Bydgoszczy respondenci wypowiadali się niezbyt pochlebnie o ziemniaku konsumpcyjnym np. „na worku z ziemniakami jest napisana konkretna odmiana a w worku tak na prawdę są różne odmiany (różnią się chociażby kolorem miąższu i długością gotowania), ziemniaki posiadają również wady ukryte typu przebarwień czy zgnilizny” (Gazeta Pomorska, 2013).

O nienajlepszej jakości ziemniaków występujących na polskim rynku świadczy informacja internetowa Stowarzyszenia Polskie Rynki Hurtowe o treści: „Wysokie ceny krajowych ziemniaków i ich nienajlepsza jakość spowodowały, że opłacalny stał się import ziemniaków z Europy Zachodniej” (Stowarzyszenie Polskie Rynki Hurtowe, 2014).

Sprawozdanie Roczne IJHARS (2013) ukazuje, że w 21 przeprowadzonych kontrolach we wszystkich WIJHARS w Polsce (z wyjątkiem Białegostoku i Lublina) objęto 32 partie bulw ziemniaka, w których stwierdzono nieprawidłowości w zakresie wymagań jakościowych w 3,1% partii a pod względem nieprawidłowości znakowania w 6,2% partii. Badania przeprowadzone w niniejszej pracy nie potwierdzają wyników Sprawozdania IJHARS w odniesieniu do punktów handlowych Olsztyna. Należy przypuszczać, że oceny partii ziemniaków na potrzeby IJHARS dokonywano w hurtowniach lub na giełdach towarowych. Ponadto należałoby zwiększać świadomość społeczeństwa, bowiem jako nabywcy mają prawo oczekiwać dobrej jakości towaru, tym bardziej, że na rynku jest on dostępny.

Formy konsumpcji ziemniaka

Najczęstszą formą spożycia bulw ziemniaka wśród badanych respondentów z województwa Warmińsko-Mazurskiego były (tab. 2): ziemniaki gotowane „z wody” (96%) oraz wyroby przyrządzone w warunkach gospodarstwa domowego z ziemniaków świeżych w formie: kopytek (90%), placków (86%), babki ziemniaczanej (83%), pyz (70%) oraz frytek (63%). Z badań wynika, że większość respondentów preferowało potrawy z ziemniaków świeżych przyrządzonych we własnym gospodarstwie. Mniejszą popularnością cieszyły się gotowe potrawy z ziemniaka chłodzone lub mrożone, a najmniej potrawy uzyskiwane z suszu ziemniaczanego.

Przyczyn takiego wyboru potraw z ziemniaka, poza zwyczajami żywieniowymi i tradycją spożywania potraw przygotowanych własnoręcznie w gospodarstwie domowym, należy upatrywać w tym, że najliczniejszą grupę respondentów stanowiły kobiety (66%) z czego ponad połowa to panie w wieku powyżej 50 roku życia, nieaktywne zawodowo, które prowadzą gospodarstwo domowe. Spożycie ziemniaków w różnych formach wynika z faktu, że dzięki swemu neutralnemu smakowi i zapachowi dobrze harmonizują z innymi produktami. Mogą być składnikiem wielu zup i dań głównych oraz sałatek jarzynowych. W zupach pełnią rolę zagęszczacza, nadając im jednocześnie delikatny smak. Mogą też stanowić samodzielne danie, np. w postaci kotletów ziemniaczanych, klusek, pyz czy placków (Wroniak, 2007).

Tabela 2

Formy spożycia bulw ziemniaka
Forms of potatoes consumption

Sposób przygotowania bulw ziemniaka Forms of preparation	Procent wskazań Percentage of indications (N=100)
Gotowane z wody — Potatoes boiled in water	96
Gotowane w mundurkach — Jacket potatoes	70
Placki ze świeżych ziemniaków — Fresh potato pancakes	86
Placki z suszu — Dried potato pancakes	7
Frytki kupione np. w restauracji, barze — French fries bought in a bar/restaurant	47
Frytki przygotowane w domu z ziemniaków świeżych — French fries prepared at home from fresh potatoes	63
Frytki przygotowane w domu z frytek mrożonych — French fries prepared at home from a frozen product	43
Kopytka ze świeżych ziemniaków — Fresh potato dumplings	90
Kopytka mrożone/ chłodzone — Chilled/frozen potato dumplings	16
Babka ziemniaczana — Potato pie	83
Chipsy — Potato chips	40
Puree ze świeżych ziemniaków — Mashed potatoes	40
Purée z suszu — Instant mashed potatoes	3
W postaci prażynek — Roasted crisps	16
W postaci pyz świeżych — Fresh potato dumplings with filling	70
W postaci pyz mrożonych/ chłodzonych — Chilled/frozen potato dumplings with filling	36

N= liczba respondentów; N= number of respondents

Wartość odżywcza bulw ziemniaka

Badania wykazały, że około połowa respondentów ma dość dużą wiedzę na temat wartości odżywczej (tab. 3). Ponad połowa badanych wskazała, że w ziemniakach występują duże ilości potasu (53%). Znaczna część badanych potwierdzała, że ziemniaki zawierają pełnowartościowe białko (47%), są źródłem witaminy C (47%) i zawierają niewielkie ilości tłuszczu (43%) oraz, że są lekkostrawne (42%). Znikomy odsetek badanych wskazywał, że ziemniaki mogą zawierać trującą solaninę (23%). W świadomości znacznej części badanych (54%) istnieje pogląd, że ziemniaki zawierają ponad 20% skrobi, a 10% badanych uważa, że ziemniaki konsumpcyjne mają niewielką wartość odżywczą i tyle samo osób uważa, że są bardzo kaloryczne.

Ziemniaki poza podstawowymi składnikami odżywczymi (zawartość skrobi, białka, witaminy C) posiadają znaczną wartość żywieniową, na którą składają się: karotenoidy, antocyjany i związki fenolowe (Zimnoch-Guzowska i Flis, 2006) oraz związki wykazujące aktywność zmiatania rodników DPPH, zdolność inhibicji rodników OH • jak również aktywność inhibicji enzymu trypsyny (Borowski i in., 2008).

Wyniki badań (Yue i in., 2010), dotyczące oceny czynników wpływających na spożycie ziemniaków konwencjonalnych i ekologicznych, wykazały nieistotną statystycznie korelację pomiędzy spożyciem tradycyjnych i ekologicznych ziemniaków.

Tabela 3

Wiedza konsumentów na temat jakości ziemniaków dostępnych w sprzedaży
Consumer knowledge on the quality potatoes available on the market

Badana cecha Tested attribute	% wskazań (N=100) % of indications (N=100)
Zawierają pełnowartościowe białko — Contain wholesome protein	47
Mają niewielką wartość odżywczą — Have little nutritional value	10
Są bardzo kaloryczne — Are highly caloric	10
Mogą zawierać trującą solaninę — May contain toxic solanine	23
Są źródłem witaminy C — Are source of vitamin C	47
Zawierają duże ilości potasu — Contain large amounts of potassium	53
Są lekkostrawne — Are easily digestible	42
Z reguły zawierają ponad 20% skrobi — As a rule, contain more than 20% of starch	54
Zawierają niewielkie ilości tłuszczu — Contain small amounts of fat	43

N= liczba respondentów; N=number of respondents

Konsumenci kojarzą ziemniaki z upraw ekologicznych z bezpieczeństwem, zaufaniem, znanym źródłem pochodzenia. Wykazano wpływ czynników socjodemograficznych na wybór ziemniaków. Autorzy sugerują przyjęcie odmiennych strategii marketingowych promujących zakup świeżych ziemniaków, w zależności od wyróżnionych segmentów rynku. Dowiedziono (Jemison i in., 2008), iż cena ziemniaków nie jest czynnikiem istotnie wpływającym na ich wybór. Autorzy sugerują, iż konsumenta bardziej interesuje brak defektów ziemniaków, ich wysoka jakość, którą zdecydowanie przedkłada nad ceną.

WNIOSKI

1. Przy zakupie bulw ziemniaka większość konsumentów wybiera odmiany krajowe i kieruje się smakiem i mączystością ziemniaków oraz brakiem uszkodzeń.
2. Jakość ziemniaka spożywczego jest zróżnicowana i niewłaściwa, szczególnie w małych sklepach osiedlowych i warzywniczych. Nieprawidłowości dotyczą cech wewnętrznych oraz zewnętrznych bulw.
3. Należałoby zwiększyć częstość kontroli ziemniaków dopuszczonych do sprzedaży, nie tylko w punktach sprzedaży hurtowej ale również detalicznej.
4. Większość badanych spożywa potrawy przygotowane bezpośrednio z surowca ziemniaczanego. Znaczna część respondentów spożywa też produkty ziemniaczane mrożone, natomiast tylko niewielka grupa korzysta z produktów ziemniaczanych suszonych.
5. Konsumenci mają znaczną wiedzę o wartości odżywczej bulw ziemniaka, jednak niewielką świadomość dotyczącą weryfikacji jakości ziemniaków w procesie podejmowania decyzji nabywczych.
6. Dalsze działania rynkowe powinny być związane z edukacją konsumentką oraz tworzeniem strategii marketingowych promujących produkty bardzo wysokiej jakości.

LITERATURA

- Bombik A., Stopa D., Rymuza K., Markowska M. 2008. Zmienność i współzależność między niektórymi cechami jakości ziemniaka jadalnego w sieci handlowej Siedlec. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7 (1) 17 — 26.
- Borowski J., Szajdek A., Borowska E. J. 2008. Charakterystyka chemiczna i wartość biologiczna warzyw z terenu Olsztyna. *Bromat. Chem. Toksykol.* 3: 333 — 337.
- Choćkowski J., Rembeza J. 2005. Preferencje konsumentów i zmiany w spożyciu ziemniaków. *Roczniki Nauk Stow. Ekon. Rol. I Agrobiznesu* 7 (3) 42 — 49.
- Dz. U. 200.194.1900 z p. zm. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z 29 października 2003 roku w sprawie szczegółowych wymagań w zakresie jakości handlowej ziemniaków.
- Dz. U. 2004.83.776. Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 14 kwietnia 2004 roku w sprawie sposobów oznakowania bulw ziemniaków innych niż sadzeniaki.
- Dzwonkowski W. 2013. Reasumpcja. Rynek ziemniaka: Stan i perspektywy, 40: 3.
- Ertmańska K., Ertmański S. 2011. Etnocentryzm konsumencki wśród młodych konsumentów. *Uniw. Szcz. ZN* Nr 660 *Ekonomiczne Problemy Usług* Nr 72: 457 — 469.
- Figiel A. 2004. Etnocentryzm konsumencki. Produkty krajowe czy zagraniczne. *PWE*, Warszawa, s. 94.
- Gazeta Pomorska 2013. [www.facebook.com/gazetapomorska/posts/10151802428386943?](http://www.facebook.com/gazetapomorska/posts/10151802428386943?stream_ref=5) stream ref=5, dostęp z dnia 22.11.2013 r.
- Jemison J. M., Sexton P., Camire M. E. 2008., Factors Influencing Consumer Preference of Fresh Potato Varieties in Maine. *Am. J. Pot Res.* 85: 140 — 149.
- Laurie S. M., Van Heerden S. M. Consumer acceptability of four products made from beta-carotene-rich sweet potato. *African Journal of Food Science* Vol. 6 (4): 96 — 103.
- Lutomirska B., Jankowska J. 2012. Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany. *Biul. IHAR* 266: 131 — 142.
- Montouto-Graña M., Cabanas-Arias S., Porto-Fojo S., Vázquez-Odériz L., Romero-Rodríguez A. 2012. Sensory characteristics and consumer acceptance and purchase intention toward fresh-cut potatoes. *Journal of Food Science* 77, 1: 40 — 46.
- Owoce i warzywa. 2014. <http://www.agroworld.pl/category/lista-artykulow-w-dziale/owoce-i-warzywa>; dostęp z dnia 11.03.2014 r.
- Prognozy dla ziemniaka na rok 2014. <http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/okopowe/prognozy-dla-ziemniaka-na-rok-2014,49062.html>. dostęp z dnia 12.03.2014 r.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa, GUS. 2013. Wydawnictwa Statystyczne, Warszawa.
- Skowrońska M. 2012. Rośliny okopowe. W: Kształtowanie jakości i standaryzacja surowców roślinnych. Red. Badory A. Wyd. U P., Lublin: 129 — 158.
- Sprawozdanie Roczne IJHARS. 2012. Agencja Reklamowo-Wydawnicza A. Grzegorzczak, Warszawa 2013: 84 s.
- Stowarzyszenie Polskie Rynki Hurtowe. 2014. <http://www.sprh.pl/aktualnosci-214.html>; dostęp z dnia 12.03.2014.
- Surgi I., Nutsugah S. K., Wiredu A. N. Johnson P. N. T., Aduguba D. 2012. Kendall's concordance analysis of sensory descriptors influencing consumer preference for sweet potatoes in Ghana. *Amer. J. of Food Technology* 7 (3): 142 — 150.
- Wroniak J. 2007. Jakość ziemniaków na stole konsumenta. *Ziemniak Polski* 1: 8 — 12.
- Zarzecka K., Gugala M., Zarzecka M. 2013. Ziemniak jako dobre źródło składników odżywczych. *Postępy Fitoterapii* 3: 191 — 194.
- Zarzecka K., Gugala M. 2011. Wybrane parametry jakości bulw ziemniaka jadalnego pochodzącego z rejonu Podlasia. *Bromat. Chem. Toksykol.* 1: 38 — 42.
- Zimnoch-Guzowska E., Flis B. 2006. Genetyczne podstawy cech jakościowych ziemniaka. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 23 — 36.
- Yue Ch., Grebitus C., Maike Bruhn, Jensen H. H. 2010. Marketing organic and conventional potatoes in Germany. *Journal of International Food & Agribusiness Marketing*, Vol. 22, Iss. 1–2: 164 — 178.

SŁAWOMIR PIETRZYK¹**LESŁAW JUSZCZAK¹****TERESA FORTUNA¹****MAŁGORZATA BĄCZKOWICZ²**¹ Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie² Katedra Technologii Gastronomicznej i Konsumpcji, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Właściwości termiczne i reologiczne skrobi ziemniaczanej acetylowanej utlenionej na różnych poziomach*

Thermal and rheological properties of potato acetylated starch oxidized at different levels

Celem pracy było określenie właściwości termicznych i reologicznych skrobi ziemniaczanej acetylowanej utlenionej na różnych poziomach. Skrobię ziemniaczaną utleniano chloranem(I) sodu na czterech różnych poziomach, a następnie przeprowadzono acetylację przy użyciu bezwodnika kwasu octowego. Efektywność procesu utleniania skrobi stwierdzono na podstawie wyznaczonej zawartości grup karboksylowych, natomiast acetylacji — grup acetylowych. Następnie badany materiał poddano analizie właściwości termicznych z wykorzystaniem DSC, charakterystyce kleikowania przy użyciu RVA oraz wyznaczeniu krzywych płynięcia kleików skrobiowych z wykorzystaniem reometru Mars II. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono zależność pomiędzy stopniem utlenienia skrobi a jej podatnością na acetylację. Skrobie zawierające w swoim składzie więcej grup karboksylowych tzn. utlenione na III i IV poziomie były mniej podatne na proces acetylacji niż skrobie utlenione na I i II poziomie. Ponadto modyfikacja spowodowała obniżenie temperatury początku przemiany (T_o) i temperatury maksimum przemiany (T_p) oraz entalpii (ΔH) wszystkich skrobi utlenionych z wyjątkiem skrobi utlenionej na II poziomie dla której entalpia wzrosła. Kleiki skrobi utlenionych acetylowanych charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami reologicznymi, które były warunkowane ich wcześniejszym stopniem utlenienia.

Słowa kluczowe: skrobia, utlenianie, acetylacja, właściwości reologiczne

The objective of work was to determine the thermal and rheological properties of potato acetylated starch oxidized at different levels. Potato starch was oxidized by sodium hypochlorite at four levels, and then acetylated using acetic anhydride. To assess the effectiveness of the oxidation and acetylation

* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/09/B/NZ9/01781

Redaktor prowadzący: Renata Lebecka

processes, the carboxyl and acetyl groups, respectively, were determined in the modified starches. The starches were also examined for the thermodynamic characteristics of gelatinization by DSC, pasting characteristics by RVA and the flow curves of starch pastes. The results showed that oxidation level influences the effectiveness of starch acetylation. Starches having more carboxyl groups oxidized at III and IV level were less susceptible to acetylation than the starch oxidized at I and II level. Moreover, modification of oxidized starch has reduced the onset temperature (T_o) and the maximum gelatinization temperature (T_p) and the enthalpy (ΔH) of all modified starches except acetylated starch oxidized at the II level, where the enthalpy increased. Pastes of acetylated oxidized starch were characterized by different rheological properties which were dependent on an earlier oxidation.

Key word: starch, oxidation, acetylation, rheological properties

WSTĘP

Skrobia jest biopolimerem składającym się z dwóch składników: amylozy i amylopektyny. Amyloza jest cząsteczką liniową złożoną z jednostek D-glukozowych połączonych wiązaniami α -1,4 glikozydowymi, natomiast amylopektyna oprócz wiązań α -1,4 glikozydowych posiada w swojej strukturze dodatkowo wiązania α -1,6 glikozydowe (Hoover, 2001; Parker i Ring, 2001). Ze względu na właściwości fizyczne oraz chemiczne skrobia naturalna jest środkiem zagęszczającym i strukturotwórczym najczęściej stosowanym w przemyśle spożywczym. Jednakże z powodu niskiej stabilności reologicznej tworzonych przez nią kleików możliwości wykorzystania skrobi naturalnych w produktach żywnościowych są bardzo ograniczone. Dlatego skrobie naturalne poddaje się modyfikacjom fizycznym, chemicznym i enzymatycznym w celu uzyskania skrobi modyfikowanych o pożądanych właściwościach funkcjonalnych (Golachowski, 1998; Tharanathan, 2005; Walkowski i Lewandowicz, 2008).

Obecnie w celu uzyskania skrobi o pożądanych właściwościach fizyczno-chemicznych do jej modyfikacji stosuje się metody kombinowane, tzn. modyfikacje skrobi dwoma sposobami (np. modyfikacja fizyczna i chemiczna) lub z wykorzystaniem dwóch reagentów (Zdybel, 2006; Nur i Purwiyatno, 2010; Konował i in., 2012; Pietrzyk i in., 2013; Zięba i in., 2013). Przykładem skrobi podwójnie modyfikowanej chemicznie jest skrobia acetylowana utleniona. Jest to skrobia, która została utleniona za pomocą chloranu(I) sodu, a następnie do jednostki glukozowej zostały wprowadzone grupy acetylowe po reakcji z bezwodnikiem kwasu octowego. Tak modyfikowana skrobia została dopuszczona przez JECFA do stosowania w produktach spożywczych i oznaczona symbolem E 1451. Skrobia utleniona acetylowana wykazuje zdolność do tworzenia klarownych żeli w układach z cukrami w środowisku kwaśnym. Z tych względów znajduje często zastosowanie przy produkcji wyrobów cukierniczych (Miyazaki i in., 2006; Leszczyński, 2006).

Właściwości fizyczne i chemiczne skrobi modyfikowanych chemicznie zależą od wielu czynników, głównie od rodzaju czynnika modyfikującego, warunków reakcji i rodzaju użytej skrobi. Dodatkowo w metodach kombinowanych na właściwości fizyczne i chemiczne uzyskanej skrobi ma wpływ sposób jej wcześniejszej modyfikacji.

Celem niniejszej pracy było określenia wpływu stopnia utlenienia skrobi na efektywność acetylacji oraz porównanie właściwości termicznych i reologicznych uzyskanych skrobi modyfikowanych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiła skrobia ziemniaczana wyprodukowana w zakładach PEPEES S.A. Łomża (Polska), którą utleniono na czterech poziomach, a następnie poddano acetylacji.

Utlenianie skrobi chloranem (I) sodu prowadzono w 40% zawiesinie wodnej skrobi wg Forrsell i in. (1995). Modyfikację wykonano w temp. $20 \pm 2^\circ\text{C}$, mieszając zawiesinę skrobi w środowisku alkalicznym ($\text{pH} = 10,0$) przez 50 min. Po tym czasie mieszaninę reakcyjną neutralizowano 1 M roztworem H_2SO_4 do $\text{pH} = 7,0$. Ilość użytego NaOCl do utleniania była równoważna 10; 20; 40; 60 gCl/kg skrobi. Następnie skrobie przemywano, suszono w temperaturze pokojowej 48 godzin, rozdrabniano i przesiewano przez sita mechaniczne (średnica oczek 0,2 mm).

Acetylację przeprowadzono zgodnie z metodyką Mężyńskiego (1972) w 30,3% wodnej zawiesinie skrobi. Do 660 g zawiesiny skrobiowej wprowadzano 15 cm^3 bezwodnego kwasu octowego (z szybkością $1 \text{ cm}^3/\text{min.}$) cały czas utrzymując pH 8–9 (przy użyciu 2% NaOH). Proces mieszania prowadzono jeszcze 15 minut. Po tym czasie doprowadzono pH mieszaniny do 5,2–5,6 przy użyciu 10% HCl . Następnie skrobie przemywano, suszono, rozdrabniano i przesiewano analogicznie jak po utlenieniu.

Efektywność procesów utleniania i acetylacji została sprawdzona poprzez oznaczenie w skrobiach modyfikowanych zawartości grup karboksylowych (ISO 11214) i acetylowych (Wurzburg, 1964).

W celu zbadania właściwości termicznych preparatów przeprowadzono termodynamiczną charakterystykę kleikowania przy użyciu kalorymetru skaningowego DSC 204F1 (Phoenix Netsch, Niemcy). Mieszaninę skrobia-woda (1:3) zamykano hermetycznie w naczynkach aluminiowych i pozostawiono na 24 godziny w celu równomiernego nawilżenia. Następnie próbki ogrzewano w kalorymetrze w zakresie temperatur 20°C — 100°C z szybkością wzrostu temperatury $10^\circ\text{C}/\text{min.}$ Jako wzorzec odniesienia stosowano puste, identyczne naczynko kalorymetryczne. Z termogramów kleikowania skrobi wyznaczono temperatury: początku T_o , maksimum T_p i końca T_k piku, zakres temperatur przemiany $\Delta T (T_k - T_o)$ oraz entalpię przemiany $\Delta H (\text{J/g})$ odniesioną do grama skrobi.

W celu wyznaczenia właściwości reologicznych wykonano charakterystykę kleikowania 15% (w/w) zawiesin skrobiowych przy użyciu Rapid Visco Analyser (Perten Instruments, Warriewood, Australia). Próbki (cały czas mieszane z szybkością 160 rpm) ogrzewano od temp. 50°C do temp. 95°C w czasie 5,5 min., przetrzymywano w temp. 95°C przez 5 min., chłodzono do temp. 50°C w czasie 5 min. i przetrzymywano w tej temperaturze 5 min.

Krzywe lepkości pozornej 15% (w/w) kleików skrobiowych wyznaczono natomiast przy użyciu reometru Mars II (Thermo HAAKE Niemcy), w układzie stożek — płytka. Kleiki skrobiowe (otrzymane przez ogrzewanie w czasie 20 min. zawiesiny wodnej skrobi

w temp. 95°C) umieszczono między elementami pomiarowymi, termostatowano w temp. 25°C a następnie poddano działaniu ścinania ze zmienną szybkością w zakresie 1 — 300 s⁻¹. Do opisu otrzymanych krzywych płynięcia zastosowano model potęgowy:

$$\tau = K \times \dot{\gamma}^n$$

gdzie: τ — naprężenie ścinające (Pa), K — współczynnik konsystencji (Pa·sⁿ), n — wskaźnik płynięcia, $\dot{\gamma}$ — szybkość ścinania (s⁻¹).

W celu określenia istotności różnic pomiędzy próbkami do wyznaczonych parametrów zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji i test Tukeya na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Ponadto przedstawiono w pracy statystycznie istotne współczynniki korelacji wyliczone pomiędzy wyznaczonymi parametrami.

WYNIKI I DYSKUSJA

W trakcie procesu modyfikacji skrobi chloranem (I) sodu grupy hydroksylowe występujące w amylozie i amylopektynie ulegają utlenieniu do grup karboksylowych. Ilość grup karboksylowych zawartych w skrobi świadczy więc o stopniu jej modyfikacji. Jak przedstawiono w tabeli 1 zastosowane metody utleniania skrobi okazały się efektywne, gdyż wraz ze wzrostem ilości dodanego czynnika utleniającego wzrastała ilość grup karboksylowych w skrobiach utlenionych. Jest to potwierdzeniem wyników badań Wang i Wang (2003) oraz badań Kuakpetoon i Wang (2006). Stwierdzono wysoką dodatnią korelację $r = 0,97$ pomiędzy ilością dodanej substancji utleniającej a zawartością grup karboksylowych w skrobi utlenionej. W przypadku acetylacji skrobi utlenionych uzyskano wyniki odmienne, gdyż efektywność acetylacji nie była wprost proporcjonalna do stopnia utlenienia skrobi. Najbardziej podatna na ten proces modyfikacji okazała się skrobia utleniona na poziomie II, dla której zawartość grup acetylowych w produkcie końcowym wynosiła 1,78% (tab. 1). Większa podatność na acetylację skrobi utlenionej na II poziomie niż utlenionej na poziomie I mogła być spowodowana intensywniejszą depolimeryzacją łańcuchów skrobiowych i osłabieniem struktury ziarna skrobiowego spowodowanym procesem utleniania. W wyniku tego procesu reagent miał lepszy dostęp do wnętrza ziarna skrobiowego, zwiększając tym samym efektywność procesu acetylacji. Słabsza podatność na reakcję acetylowania skrobi utlenionej na III i IV poziomie w porównaniu do skrobi utlenionej na II poziomie może być spowodowana mniejszą ilością dostępnych do acetylacji grup hydroksylowych, które wcześniej uległy utlenieniu do grup karboksylowych. Spostrzeżenie to jest zgodne z wynikami badań Khalil i in. (1995), którzy stwierdzili, iż wraz ze stopniem utlenienia skrobi maleje jej podatność na acetylację, natomiast w skrobiach poddanych wcześniejszej hydrolizie wzrasta. Uzyskane rezultaty są również potwierdzeniem naszych wcześniejszych badań (Pietrzyk i in., 2014), w których skrobia kukurydziana intensywnie utleniona była bardziej oporna na proces acetylacji niż skrobia naturalna i skrobia utleniona w niskim stopniu. W badanych skrobiach acetylowanych utlenionych zawartość grup karboksylowych wynosiła od 0,03–0,94%, natomiast acetylowych 1,37–1,78%. Rozporządzenie Ministra Zdrowia (2010) określa dla

takich skrobi dopuszczalną zawartość grup karboksylowych na poziomie 1,3%, a acetylowych 2,5%. Skrobie te spełniały wymagania dla substancji dodatkowych dozwolonych do stosowania w przemyśle spożywczym w Polsce.

Tabela 1

Zawartość grup karboksylowych i acetylowych w skrobi ziemniaczanej po modyfikacjach
Content of carboxyl and acetyl groups in potato starch after modification

Skrobia Starch	Grupy karboksylowe (%) Carboxyl groups (%)	Grupy acetylowe (%) Acetyl groups (%)
Acetylowana utleniona I Acetylated oxidized I	0,03 ± 0,00	1,59 ± 0,01
Acetylowana utleniona II Acetylated oxidized II	0,06 ± 0,00	1,78 ± 0,01
Acetylowana utleniona III Acetylated oxidized III	0,37 ± 0,01	1,53 ± 0,01
Acetylowana utleniona IV Acetylated oxidized IV	0,94 ± 0,01	1,37 ± 0,02

Wyniki termodynamicznej charakterystyki kleikowania wyznaczone za pomocą DSC przedstawiono w tabeli 2. Temperatury: początku (T_o) oraz maksimum pików (T_p) kleikowania skrobi utlenionych acetylowanych malały wraz ze wzrostem stopnia jej utlenienia i były najniższe dla skrobi utlenionej na IV poziomie, wynosiły odpowiednio $T_o = 52,3^\circ\text{C}$ oraz $T_p = 59,4^\circ\text{C}$. Stwierdzono ponadto wysokie ujemne korelacje ($r = -0,97$) zarówno pomiędzy ilością dodanego chloranu(I) sodu a temperaturą początku kleikowania (T_o) jak również pomiędzy ilością dodanego chloranu (I) sodu a temperaturą przy maksimum pików (T_p) badanych skrobi. Obniżenie tych parametrów temperaturowych związane było nie tylko ze stopniem utlenienia skrobi, ale również ze stopniem ich acetylacji.

Tabela 2

Termodynamiczna charakterystyka kleikowania utlenionej i acetylowanej skrobi ziemniaczanej
Thermodynamic characteristics of gelatinization of acetylated oxidized potato starch

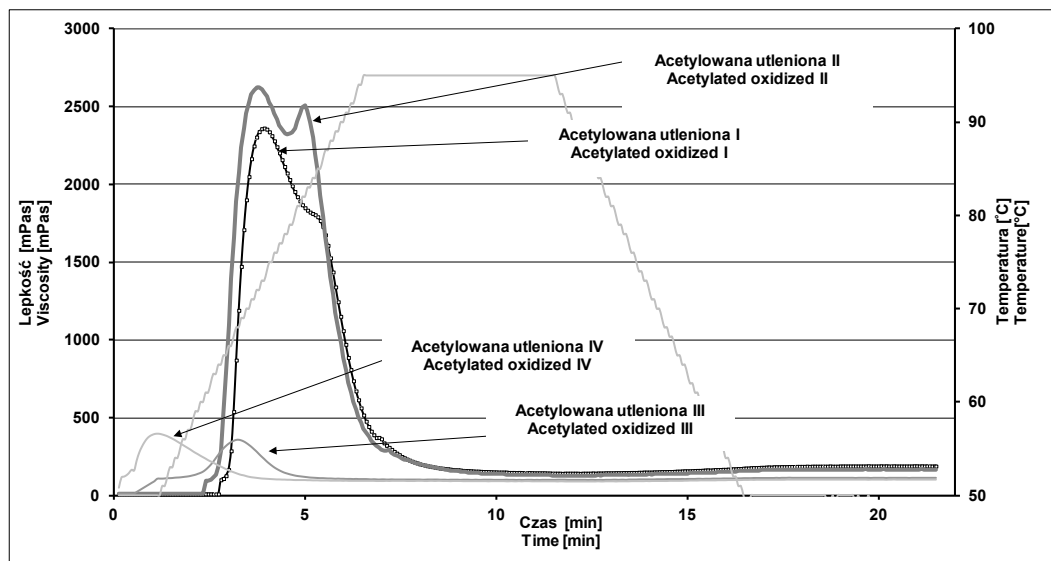
Skrobia Starch	T_o ($^\circ\text{C}$)	T_p ($^\circ\text{C}$)	T_k ($^\circ\text{C}$)	$\Delta T (T_o - T_k)$ ($^\circ\text{C}$)	ΔH (J/g s.s.)
Acetylowana utleniona I Acetylated oxidized I	62,1 ± 0,1	67,6 ± 0,1	74,9 ± 0,1 ^a	12,8 ± 0,3	14,15 ± 0,06 ^a
Acetylowana utleniona II Acetylated oxidized II	59,2 ± 0,1	65,2 ± 0,0	73,4 ± 0,2	14,2 ± 0,3	15,66 ± 0,25
Acetylowana utleniona III Acetylated oxidized III	57,7 ± 0,1	63,9 ± 0,1	75,0 ± 0,0 ^a	17,4 ± 0,1	13,74 ± 0,20 ^{a,b}
Acetylowana utleniona IV Acetylated oxidized IV	52,3 ± 0,2	59,4 ± 0,8	70,9 ± 0,2	18,3 ± 0,1	13,27 ± 0,25 ^b

Małymi literami w kolumnach oznaczono wartości średnie nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$
 The same small letters in columns indicate values that are not significantly different at $\alpha = 0.05$.

Według Mbougoueng i in. (2012) obniżenie temperatury kleikowania skrobi acetylowanych jest związane z obecnością w nich hydrofilowych grup acetylowych, które wzmacniając wiązania wodorowe skrobi z wodą przyczyniają się do obniżenia jej temperatury kleikowania oraz zwiększenia zakresu temperatur kleikowania (ΔT), co potwierdzają

prezentowane wyniki. Również według badań Wooltona i Bamunuarachchiego (1979) wprowadzenie nowych podstawników do ziarna skrobiowego oraz depolimeryzacja łańcuchów skrobiowych powodują obniżenie temperatury początku przemiany i entalpii kleikowania. Spośród badanych skrobi acetylowanych skrobia acetylowana utleniona na II poziomie posiadała najwyższą wartość entalpii kleikowania ΔH w porównaniu do pozostałych skrobi acetylowanych utlenionych zarówno na I, III jak i IV poziomie. Ponadto wyniki entalpii charakteryzowały się korelacją dodatnią z zawartością grup acetylowych, co pokazuje istotny wpływ nie tylko stopnia utlenienia skrobi, ale również acetylacji na ciepło przemiany fazowej (ΔH) skrobi modyfikowanych w ten sposób.

Zmiany w parametrach charakterystyki kleikowania wyznaczone za pomocą RVA dla skrobi ziemniaczanej acetylowanej utlenionej na różnych poziomach przedstawiono na rysunku 1. Kleiki skrobi acetylowanych utlenionych na I i II poziomie charakteryzowały się podobnymi zmianami lepkości w trakcie całego zakresu badania tzn. cechował je znaczny wzrost lepkości w trakcie ogrzewania do temperatury 95°C, a następnie spadek lepkości kleików w trakcie przetrzymywania w temperaturze 95°C i chłodzenia. W przypadku skrobi acetylowanych utlenionych na III i IV poziomie wykres zmian lepkości ich kleików był podobny tzn. kleiki charakteryzowały się minimalnym wzrostem lepkości w trakcie ogrzewania, a następnie wartość lepkości kleików była na stałym niskim poziomie w trakcie przetrzymywania i chłodzenia.



Rys. 1. Charakterystyka kleikowania ziemniaczanej acetylowanej skrobi utlenionej
Fig. 1. Characteristic of pasting properties of acetylated oxidized potato starch

Charakterystyczne parametry procesu kleikowania i przedstawiono w tabeli 3. Można zauważyć, że wraz ze wzrostem stopnia utlenienia acetylowanej skrobi utlenionej obniżała się ich temperatura kleikowania (T_p), w przypadku skrobi utlenionej na IV poziomie

wynosiła ona już 50°C. Pozostałe wyznaczone parametry tzn. lepkość maksymalna (PV), lepkość w temperaturze 95°C (HPV) oraz lepkość w temperaturze 50°C (FV) badanych kleików acetylowanych skrobi utlenionych zmniejszały się wraz ze wzrostem stopnia ich wcześniejszej modyfikacji. Wyjątkiem była jedynie lepkość maksymalna kleiku (PV) dla skrobi acetylowanej utlenionej na IV poziomie, która była wyższa w porównaniu do lepkości maksymalnej kleiku sporządzonego ze skrobi utlenionej na poziomie III. Z uzyskanych wyników można stwierdzić, że poziom utlenienia skrobi miał duży wpływ na lepkość kleików skrobi utlenionych poddanych acetylacji. Obniżenie temperatury kleikowania (T_p) skrobi acetylowanej utlenionej wraz ze stopniem utlenienia spowodowane było wprowadzeniem większej ilości nowych podstawników do struktury ziarna skrobiowego, które spowodowały zmniejszenie sił oddziaływania w rejonach amorficznych i osłabiły wiązania wodorowe występujące we wnętrzu ziarna. Zmniejszenie lepkości kleików skrobi modyfikowanych było wynikiem nie tylko obecności nowych podstawników w skrobi, ale również procesem depolimeryzacji łańcuchów amylozowych które zachodzą w trakcie zarówno procesu utleniania jak i acetylacji skrobi (Autio i in., 1996; Gunaratne i Corke, 2007). Wzrost lepkości maksymalnej w skrobi acetylowanej utlenionej na IV poziomie może sugerować powstawanie wiązań poprzecznych pomiędzy łańcuchami amylozowymi z wykorzystaniem grup acetylowanych w skrobiach tak modyfikowanych. Wpływ procesu acetylacji na wzrost lepkości maksymalnej w skrobi kukurydzianej utlenionej na wysokim poziomie stwierdzono również w naszych wcześniejszych badaniach (Pietrzyk i in., 2014).

Tabela 3

Parametry procesu kleikowania utlenionej i acetylowanej skrobi ziemniaczanej
Pasting properties of acetylated oxidized potato starch

Skrobia Starch	Parametry — Parameters					
	T_p (°C)	PV (mPa·s)	HPV (mPa·s)	FV (mPa·s)	BD (mPa·s)	SB (mPa·s)
Acetylowana utleniona I Acetylated oxidized I	64,5 ±0,5	2376 ±21	143 ±1	190 ±1	2233 ±20	47 ±0
Acetylowana utleniona II Acetylated oxidized II	61,0 ±0,5	2625 ±3	130 ±1	169 ±2	2496 ±2	39 ±1
Acetylowana utleniona III Acetylated oxidized III	57,5 ±0,5	356 ±2	97 ±0	111 ±1	259 ±2	14 ±1 ^a
Acetylowana utleniona IV Acetylated oxidized IV	50,0 ±0,0	403 ±11	91 ±1	103 ±1	312 ±10	12 ±1 ^a

Małymi literami w kolumnach oznaczono wartości średnie nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$

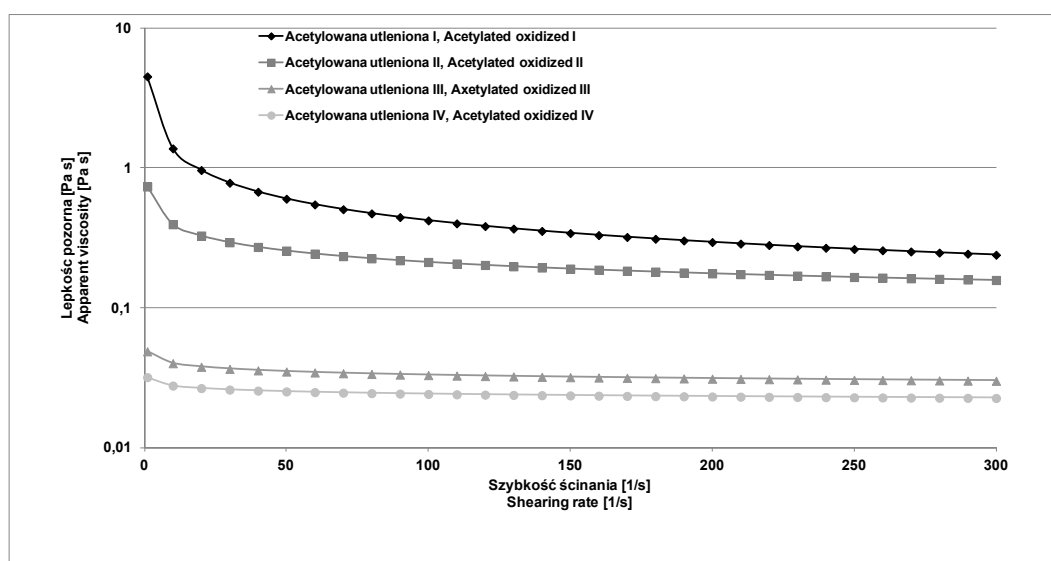
The same small letters in columns indicate values that are not significantly different at $\alpha = 0.05$

T_p : temperatura kleikowania / pasting temperature; PV: lepkość maksymalna w czasie ogrzewania / peak viscosity during heating; HPV: lepkość w 95°C / hot paste viscosity at 95°C; FV: lepkość końcowa (w 50°C) / final viscosity (at 50 °C); BD: spadek lepkości przy ogrzewaniu / breakdown VALUE = PV-HPV, SB: wzrost lepkości w trakcie chłodzenia / setback VALUE = FV-HPV

Ponadto wszystkie badane skrobie modyfikowane charakteryzowały się dużą stabilnością reologiczną w trakcie chłodzenia i przetrzymywania kleików w temp. 50°C, o czym świadczyły niskie wartości parametru SB (od 12 do 47 mPa·s). Stabilność reologiczna kleików w trakcie ogrzewania i przetrzymywania w temperaturze 95°C była wyższa w

przypadku skrobi acetylowanych utlenionych na III i IV poziomie w porównaniu do skrobi acetylowanych utlenionych na I i II poziomie (wartości BD).

Na rysunku 2 przedstawiono lepkość pozorną kleików badanych skrobi. Kleiki cechowały się właściwościami cieczy nienewtonowskich, rozrzedzanych ścinaniem, co jest charakterystyczne dla kleików skrobi naturalnych jak i modyfikowanych (Fortuna i in., 2004). W całym zakresie pomiaru skrobie acetylowane utlenione na I i II poziomie charakteryzowały się wyższymi wartościami lepkości pozornej niż skrobie acetylowane utlenione na III i IV poziomie. Świadczy to o dużym wpływie stopnia wcześniejszego utlenienia skrobi przed acetylacją na zmiany lepkości pozornej kleików wyznaczonej w zakresie szybkości ścinania $1\text{--}300\text{ s}^{-1}$. Można zauważyć ponadto, iż zmiany lepkości pozornej kleików skrobi acetylowanej utlenionej na I i II poziomie w trakcie analizy były większe niż w przypadku skrobi acetylowanej utlenionej zarówno na III i IV poziomie, co świadczyło o ich mniejszej stabilności reologicznej na zastosowane warunki ścinania.



Rys. 2. Krzywe lepkości pozornej kleików ziemniaczanej acetylowanej skrobi utlenionej
Fig. 2. Apparent viscosity acetylated oxidized potato starch

Wyznaczone krzywe płynięcia opisano modelem potęgowym, a wyliczone parametry tego modelu przedstawiono w tabeli 4. Wartość współczynnika konsystencji (K) była najwyższa dla skrobi acetylowanej utlenionej na I poziomie, czyli dla kleiku o największej lepkości podczas chłodzenia (wyznaczonej za pomocą RVA; tab. 3). Jednakże wartość „n” uzyskana dla tej skrobi modyfikowanej była najniższa, co potwierdzało mniejszą stabilność reologiczną tego kleiku i silniejszą tendencją do rozrzedzania ścinaniem. Acetylowane kleiki skrobi utlenionej na III i IV poziomie charakteryzowały się natomiast wartościami współczynnika konsystencji K na najniższym poziomie (nieróżniącym się statystycznie istotnie). Jednakże w przypadku skrobi acetylowanej utlenionej na III i IV poziomie

wartość współczynnika „n” wynosiła od 0,92 do 0,94, co świadczyło o tendencji tych kleików do zachowywania się jak ciecze newtonowskie w zastosowanych warunkach ścinania. Wyliczony współczynnik determinacji R^2 wynosił od 0,9294 do 0,9757, co świadczyło o dobrym dopasowaniu danych do zastosowanego modelu potęgowego.

Tabela 4

Parametry reologiczne modelu potęgowego dla kleików utlenionej i acetylowanej skrobi ziemniaczanej
Rheological parameters of power law model for acetylated oxidized potato starch

Skrobia Starch	K (Pa·s ⁿ)	n	R ²
Acetylowana utleniona I Acetylated oxidized I	4,535 ± 0,177	0,49 ± 0,01	0,9204
Acetylowana utleniona II Acetylated oxidized II	0,740 ± 0,017	0,73 ± 0,03	0,9688
Acetylowana utleniona III Acetylated oxidized III	0,049 ^a ± 0,001	0,92 ± 0,01 ^a	0,9605
Acetylowana utleniona IV Acetylated oxidized IV	0,032 ^a ± 0,000	0,94 ± 0,01 ^a	0,9757

Małymi literami w kolumnach oznaczono wartości średnie nie różniące się statystycznie istotnie na poziomie $\alpha = 0,05$
 The same small letters in columns indicate values that are not significantly different at $\alpha = 0.05$

WNIOSKI

1. Stwierdzono zależność pomiędzy stopniem utlenienia skrobi a jej podatnością na acetylację. Skrobie zawierające w swoim składzie więcej grup karboksylowych tzn. utlenione na III i IV poziomie były mniej podatne na proces acetylacji niż skrobie utlenione na I i II poziomie.
2. Modyfikacja spowodowała obniżanie temperatury początku przemiany (T_0) i temperatury maksimum przemiany (T_p) oraz entalpii (ΔH) wraz ze stopniem utlenienia, z wyjątkiem z wyjątkiem skrobi utlenionej na II poziomie, dla której entalpia wzrosła.
3. Kleiki skrobi utlenionych po acetylacji charakteryzowały się zróżnicowanymi właściwościami reologicznymi, które były warunkowane ich wcześniejszym stopniem utlenienia. Kleiki skrobi acetylowanej utlenione na I i II poziomie charakteryzowały się silniejszą tendencją do rozrzedzania ścinaniem w zastosowanych warunkach pomiaru.
4. Pożądana stabilność reologiczna uzyskanych preparatów modyfikowanych wskazuje na możliwość ich wykorzystania w przemyśle spożywczym jako substancji zagęszczającej i strukturotwórczej.

LITERATURA

- Autio K., Suortii T., Hamunen A., Poutanen K., 1996. Heat-induced structural changes of acid-hydrolysed and hypochlorite-oxidized barley starches. Carbohydr. Polym. 29: 155 — 161.
- Fortuna T., Gałkowska D., Juszcak L. 2004. Porównanie właściwości reologicznych wybranych preparatów skrobi modyfikowanej. Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 3: 21 — 32.

- Golachowski A. 1998. Stosowanie skrobi i jej przetworów w przemyśle spożywczym, Zeszyty Naukowe AR we Wrocławiu 328: 117 — 124.
- Gunaratne A., Corke H. 2007. Influence of prior acid treatment on acetylation of wheat, potato and maize starches. *Food Chem.* 105: 917 — 925.
- Forssell P., Hamunen A., Autio K., Suorti T., Poutanen K. 1995. Hypochlorite oxidation of barley and potato starch. *Starch/Stärke* 47: 371 — 377.
- Hoover R. 2001. Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: review. *Carbohydr. Polym.* 45: 253 — 267.
- ISO 11214: 1996. Modified Starch — Determination of Carboxyl Group Content of Oxidized Starch.
- Khalil M. I., Hashem A., Hebeish A. 1995. Preparation and Characterization of Starch Acetate. *Starch/Stärke* 47: 394 — 398.
- Konował E., Lewandowicz G., Thanh-Blicharz J., Prochaska K. 2012. Physicochemical characterisation of enzymatically hydrolysed derivatives of acetylated starch. *Carbohydr. Polym.* 87: 1333 — 1341.
- Kuakpetoon D., Wang Y.J. 2006. Structural characteristic and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylase content. *Carbohydr. Polym.* 341: 1896 — 1915.
- Leszczyński W. 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym cz. II Skrobie chemicznie modyfikowane. *Przemysł Piekarski i Cukierniczy* 6: 6 — 8.
- Mbougueng P.D., Tenin D., Scher J., Tchiégang C. 2012. Influence of acetylation on physicochemical, functional and thermal properties of potato and cassava starches. *J. Food Eng.* 108: 320 — 326.
- Mężynski L. 1972. Acetylowanie skrobi. *Przemysł Chemiczny* 51 (5): 289 — 290.
- Miyazaki M., van Hung P., Maedo T., Morita N. 2006. Recent advances in application of modified starches for breadmaking. *Trends Food Sci. Tech.* 17: 591 — 599.
- Nur A., Purwiyatno H. 2010. Gelatinization properties of white maize starch from three varieties of corn subject to oxidized and acetylated-oxidized modification. *Int. Food Res. J.* 17: 961 — 968.
- Parker S., Ring S.G. 2001. Aspects of the Physical Chemistry of Starch. *J. Cereal Sci.* 34: 1 — 17.
- Pietrzyk S., Juszczak L., Fortuna T., Królikowska K. 2013. Wpływ kompleksowania skrobi utlenionych składnikami mineralnymi na ich właściwości reologiczne. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 3 (88): 125 — 139.
- Pietrzyk S., Juszczak L., Fortuna T., Ciemnińska A. 2014. Effect of the oxidation level of corn starch on its acetylation and physicochemical and rheological properties. *J. Food Eng.* 120: 50 — 56.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 23 grudnia 2010r w sprawie specyfikacji i kryteriów czystości substancji dodatkowych. *Dz.U.* Nr 2, poz. 3.
- Tharanathan R. N. 2005. Starch-value addition by modification. *Crit. Rev. Food Sci.* 45: 371 — 384.
- Wang Y., Wang L. 2003. Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite. *Carbohydr. Polym.* 52: 207 — 217.
- Walkowski A., Lewandowicz G. 2008. Skrobie modyfikowane właściwości technologiczne i zakres stosowania. *Przemysł Spożywczy* 5 (12): 49 — 51.
- Woolton M., Bamunuarachchi A. 1979. Application of differential scanning calorimetric to starch gelatinization. *Starch/Stärke* 31(6):201 — 204.
- Wurzburg O. B. 1964. Acetylation. Method in carbohydrate chemistry. Eds. R. L. Whistler, R.J. Smith, J. N. BeMiller and M. L. Wolfrom. Academic Press Inc., New York.
- Zdybel E. 2006. Właściwości preparatów skrobi ziemniaczanej poddanej modyfikacjom chemicznym i prażeniu. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (49): 19 — 31.
- Zięba T., Kapelko M., Szumny A. 2013. Effect of preparation method on the properties of potato starch acetates with an equal degree of substitution. *Carbohydr. Polym.* 94: 193 — 198.

TERESA WITCZAK**ANNA STĘPIEŃ****MARIUSZ WITCZAK**

Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego

Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Stabilność reologiczna żeli na bazie skrobi ziemniaczanej z dodatkiem pektyny i inuliny o różnym stopniu polimeryzacji

Rheological stability of gels based on potato starch with the addition of pectin and inulin with different degree of polymerization

Celem pracy była analiza właściwości żeli uzyskanych na bazie skrobi ziemniaczanej w obecności pektyny i inuliny o różnym (średnim) stopniu polimeryzacji, przechowywanych przez 24, 48 i 72 h. Charakterystykę reologiczną żeli wykonano z użyciem reometru rotacyjnego. Określono wpływ czasu przechowywania, dodatku pektyny oraz dodatku i średniego stopnia polimeryzacji (DP) inuliny na wartości i charakter zmienności modułu magazynowania i strat. Stwierdzono, że dodatek inuliny powoduje spadek wartości tych modułów dla badanych próbek żeli, pogłębiany ze wzrostem średniej wartości DP preparatu inuliny. Stosując wieloczynnikową analizę wariancji wykazano istotność wpływu wzajemnych oddziaływań inuliny i pektyny na właściwości przechowywanych żeli skrobiowych, których charakter uzależniony był od średniej wartości DP stosowanego preparatu inuliny. Uzyskane wyniki pokazały, że dodatek inuliny i pektyny powoduje przesuwanie właściwości przechowywanych żeli w kierunku bardziej lepkich, a proces ten jest tym silniejszy, im wyższa jest średnia wartość DP inuliny. W przypadku pektyny wykazano, że wzrost jej stężenia powoduje silną stabilizację właściwości żeli w trakcie przechowywania.

Słowa kluczowe: inulina, pektyna, reologia, żel, skrobia ziemniaczana, stabilność

The aim of this work was to analyze the properties of the gels obtained on the basis of potato starch in the presence of pectin and inulin with different average degree of polymerization, stored for 24, 48 and 72 hours. The gels were characterized using a rotational rheometer. The impact of storage time, the addition of pectin and the additive of inulin with different degree of polymerization on the values and character of variation of the storage modulus and loss modulus were determined. It was found that the addition of inulin results in a decrease of the values of the modules of analyzed samples magnified with the increase in the average value of the DP of the inulin. Using multifactor analysis of variance, it was showed that the interaction of inulin and pectin had a significant impact of on the properties of stored starch gels, the nature of which was dependent on a average value of DP of the inulin. The obtained

results showed that the additives of inulin and pectins make the stored gels more viscous, and this process is getting stronger with the increase of the average DP value of inulin. In the case of pectin it has been shown that an increase in the concentration causes a strong stabilization of the rheological properties of gels during storage.

Key words: inulin, pectin, rheology, gel, potato starch, stability

WSTĘP

Inulina jest węglowodanem występującym w wielu roślinach uprawnych (Praznik i in., 2002). Jej łańcuchy zbudowane są z jednostek fruktopirazonowych połączonych wiązaniami β -(2 $\rightarrow$ 1)-glikozydowymi, zakończonymi cząsteczkami glukozy. Jako polimer wykazuje wiele interesujących właściwości technologicznych i prozdrowotnych (Meyer i in., 2011). Jej struktura chemiczna powoduje, że nie jest ona trawiona w przewodzie pokarmowym, przez co wyroby z jej udziałem charakteryzują się obniżoną wartością energetyczną. Wykazuje ona także właściwości prebiotyczne (Praznik i in., 2002). Komercyjne preparaty inuliny posiadają różne wartości średniego stopnia polimeryzacji (DP) oraz zawierają różną ilość węglowodanów niskocząsteczkowych. Prozdrowotnym cechem inuliny towarzyszy jednocześnie wiele cech funkcjonalnych, co sprawia, że inulina ma szerokie zastosowanie w procesach projektowania i wytwarzania nowoczesnych produktów żywnościowych (Meyer i in., 2011). Stosowana jest w roli zamiennika tłuszczu, substancji wypełniającej i strukturotwórczej oraz jako składnik poprawiający charakterystykę reologiczną produktów i uwypuklający ich smakowość (Praznik i in., 2002; Tárrega i Costell, 2006; Meyer i in., 2011). Wykorzystywana jest również do stabilizacji pian, emulsji i do kontroli retencji wody.

Suplementacja żywności w błonnik pokarmowy ma dla konsumentów istotne znaczenie fizjologiczne (Diowksz i in., 2009). Wynika to z jego pozytywnego oddziaływania na organizm człowieka, jak również z negatywnych skutków jego niedoboru (Thebaudin i in., 1997; Diowksz i in., 2009). Błonnik pokarmowy, a szczególnie jego składniki rozpuszczalne w wodzie, przyczyniają się do obniżenia stężenia cholesterolu w surowicy krwi. W efekcie błonnik działając hipocholesterolemicznie, odgrywa ważną rolę w zapobieganiu i leczeniu miażdżycy oraz powstających na jej tle chorób układu krążenia (Jenkins i in., 1998; Brown i in., 1999; Grajeta, 2004). Błonnikiem wzbogaca się całe spektrum produktów spożywczych, takich jak produkty piekarskie i zbożowe, konserwy owocowe, warzywne i mięsne, wędliny, napoje owocowe i mleczne, desery i przekąski.

Inulina wykorzystywana jest zarówno ze względu na jej działanie prozdrowotne, jak i właściwości strukturotwórcze w produktach mlecznych, zbożowych, cukierniczych i piekarskich (Brennan i in., 2004; Tárrega i Costell, 2006; Brennan i in., 2008; Gonzalez-Tomás i in., 2008; Peressini i Sensidoni, 2009; Mayer i in., 2011). Na szczególną uwagę zasługuje możliwość jej wykorzystania jako czynnika teksturotwórczego i jednocześnie wzbogacającego w błonnik pieczywo bezglutenowe, posiadające obniżoną wartość odżywczą w stosunku do pieczywa tradycyjnego (Korus i in., 2006; Juszczak i in., 2012; Ziobro i in., 2013).

Pomimo szerokiego wykorzystania preparatów inuliny w różnych układach spożywczych (Brennan i in., 2004; Tárrega i Costell, 2006; Brennan i in., 2008; Gonzalez-Tomás i in., 2008; Peressini i Sensidoni, 2009; Mayer i in., 2011) ilość prac dotycząca interakcji inuliny z innymi składnikami żywności jest stosunkowo ograniczona. Szersza analiza dotyczy głównie interakcji inuliny ze skrobią kukurydzianą (Zimeri i Kokini, 2003a; Zimeri i Kokini, 2003 b). Brak informacji dotyczy szczególnie oddziaływań inuliny ze skrobią ziemniaczaną i hydrokoloidami nieskrobiowymi. Wydaje się zatem, że podjęcie pracy mającej na celu wyjaśnienie roli inuliny oraz stopnia jej polimeryzacji we wzajemnych oddziaływaniach skrobia-inulina-hydrokoloidy nieskrobiowe jest w pełni uzasadnione.

Celem badań było określenie wpływu średniego stopnia polimeryzacji (DP) komercyjnych preparatów inuliny na właściwości żeli uzyskanych na bazie skrobi i inuliny. Dodatkowo analizie poddano interakcje skrobi i inuliny z obecną w układzie pektyną. Wyniki charakteryzujące kleiki i żele bezpośrednio po przygotowaniu przedstawiono w pracy Witczak i in. (2014). W niniejszej pracy dyskusji poddano zmianę właściwości lepkosprężystych żeli w trakcie przechowywania.

MATERIAŁY I METODY

W badaniach wykorzystano skrobię ziemniaczaną (Trzemeszno S.A., Polska), pektynę (Hortimex, Polska) oraz inulinę (BENEO-Orafti, Belgia) o różnej średniej wartości DP: wysokorozpuszczalną inulinę HSI (DP<10), granulowaną inulinę GR (DP≥10) i wysoko-wydajną inulinę HPX (DP>23). Zgodnie z deklaracją producenta preparat HPX zawierał 100% inuliny, natomiast preparaty GR i HSI odpowiednio — 92% i 86%. Pozostałe 8% (GR) i 14% (HSI) stanowiła mieszanina sacharozy, glukozy i fruktozy. Analizie poddano 5% żele. Mieszanek suchych składników uzyskiwano zastępując 0 do 12% skrobi ziemniaczanej pektyną (0, 1 i 2%) i badanymi preparatami inuliny (0, 5 i 10%). Jako próby kontrolne potraktowano układy nie zawierające inuliny. Próbkę zawieszin analizowanych mieszanek w wodzie (5 g/100 g) kleikowano w temperaturze 95°C przez 30 minut, chłodzono do temperatury 25°C przez 2 godziny, a następnie umieszczano w warunkach chłodniczych (4±1°C) i przechowywano odpowiednio przez 24, 48 i 72 h.

Charakterystykę reologiczną wykonano z użyciem reometru MARS II (Thermo Haake, Niemcy) wyposażonego w układ stożek/płytkę (średnica stożka: 35mm, kąt: 1°, szczelina: 0.105 mm).

Zakres liniowej lepkosprężystości określono wyznaczając zależność modułu magazynowania (G') i modułu strat (G'') od naprężenia w zakresie 0,1–100 Pa przy stałej częstotliwości 1 Hz (Pitera i in., 2006).

Spektra mechaniczne określono w zakresie liniowej lepkosprężystości przy stałej amplitudzie odkształcenia wynoszącej 5% w zakresie prędkości kątowej 0,1–100 rad·s⁻¹. Dane eksperymentalne opisano równaniami potęgowymi (Steffe, 1996; Pycia i in., 2012; Witczak i in., 2014):

$$G'(\omega) = K' \cdot \omega^{n'}$$

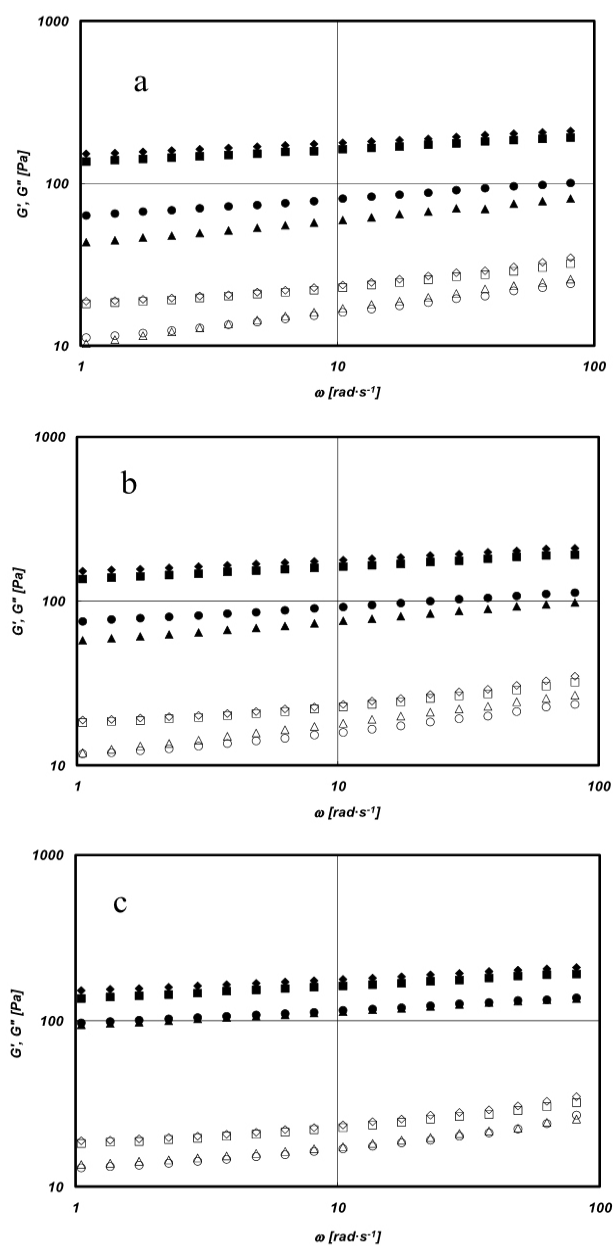
$$G''(\omega) = K'' \cdot \omega^{n''}$$

gdzie G' jest modulem magazynowania (Pa), G'' — modulem strat (Pa), ω — prędkością kątową ($\text{rad} \cdot \text{s}^{-1}$), a K' , K'' , n' , n'' — stałymi materiałowymi.

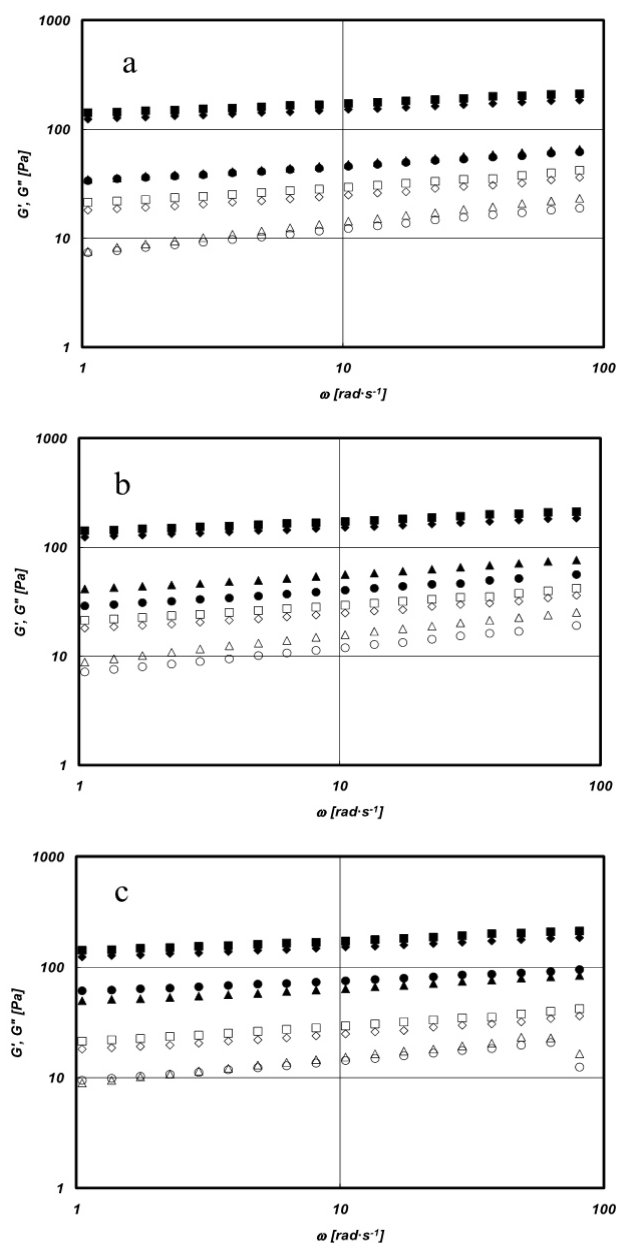
W celu oceny zmienności i różnic pomiędzy średnimi wykonano jednoczynnikową analizę wariancji i test Duncana na poziomie istotności 0,05. Wpływ poszczególnych czynników i ich interakcji oceniono z wykorzystaniem trzyczynnikowej analizy wariancji. Obliczenia wykonano z użyciem pakietu Statistica 9.0 (StatSoft Inc., USA).

WYNIKI I DYSKUSJA.

Chłodzenie koloidalnego roztworu, powstałego na skutek wpływu liniowej amylozy z wnętrza granul skrobiowych, prowadzi początkowo do powstania trójwymiarowej struktury. Struktura ta zatrzymuje wodę i jest złożona z łańcuchów amylozy i amylopektyny, połączonych wiązaniami wodorowymi (Singh i in., 2003; Bello-Perez i in., 2010). Dalsze chłodzenie powoduje powstawanie żelu (Pycia i in., 2012), którego właściwości reologiczne analizuje się często z użyciem badań oscylacyjnych, pozwalających określić zdolność materiału do rozpraszania i magazynowania energii. Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wybrane spektra mechaniczne żeli przechowywanych przez 24 i 72 godziny, w obecności preparatów inuliny o różnej średniej wartości DP, a w tabelach 1–3 zestawiono parametry równań potęgowych zastosowanych do opisu zależności modułów od prędkości kątowej. Żele z dodatkiem inuliny, bez względu na wartość DP, charakteryzowały się niższymi od prób kontrolnych wartościami modułów oraz współczynników K' i K'' modelu potęgowego (tab. 1, 2 i 3), które reprezentują wartości modułów przy prędkości kątowej równej $1 \text{ rad} \cdot \text{s}^{-1}$. Ich wartość obniżała się ze wzrostem średniej długości łańcuchów inuliny. W przypadku próby kontrolnej, bez dodatków, po wzroście wartości modułu G' w początkowym okresie przechowywania (24 i 48 h — tab. 1 i 2) w stosunku do wartości początkowych (Witczak i in., 2014), po trzecim dniu nastąpiło jego obniżenie (tab. 3). Przy 5% dodatku inuliny podobnie zachowywały się żele z dodatkiem preparatu HPX, natomiast dodatek inuliny o średniej i najniższej wartości DP powodował wzrost wartości G' . Po zwiększeniu stężenia inuliny do 10%, w przypadku preparatu HPX i GR (najwyższa i średnia długość łańcuchów) wartości modułów obniżały się już po drugim dniu (tab. 2), a w przypadku preparatu HSI po trzecim dniu (tab. 3). Wskazuje to na obniżenie stabilności żeli, przy dalszym zwiększaniu stężenia inuliny, po jej początkowym wzroście, przy niskim stężeniu preparatów o średniej i krótkiej długości łańcuchów inuliny. Dodatek pektyny do analizowanych próbek powodował stopniowe obniżanie wartości modułu magazynowania. Obecność pektyny powodowała jednak, stopniową poprawę stabilności żeli. Przy dodatku 2% prawie wszystkie próbki wykazywały zwiększanie wartości modułu G' w całym okresie przechowywania.



Rys. 1. Wybrane spektra mechaniczne badanych próbek (G' — symbole pełne, G'' — symbole puste):
 (a) HPX, b) GR, c) HSI. $\diamond$ Kontrolna po 24 h, $\square$ Kontrolna po 72 h, $\square$ 10% inuliny po 24 h, Δ 10%
 inuliny po 72 h. Dodatek pektyny: 0%. Stężenie: 5 g/100 g
 Fig. 1. Mechanical spectra of selected samples (G' — filled symbols, G'' — empty symbols): (a) HPX, b)
 GR, c) HSI. $\diamond$ Control after 24 h, $\square$ Control after 72 h, $\square$ 10% inulin after 24 h, Δ 10% inulin after 72
 h. Pectin addition: 0%. Concentration: 5 g/100 g



Rys. 2. Wybrane spektra mechaniczne badanych próbek (G' — symbole pełne, G'' — symbole puste):
 (a) HPX, b) GR, c) HSI. $\diamond$ Kontrolna po 24 h, $\square$ Kontrolna po 72 h, $\square$ 10% inuliny po 24 h, Δ 10% inuliny po 72 h. Dodatek pektyny: 2%. Stężenie: 5 g/100 g
 Fig. 2. Mechanical spectra of selected samples (G' — filled symbols, G'' — empty symbols): (a) HPX, b) GR, c) HSI. $\diamond$ Control after 24 h, $\square$ Control after 72 h, $\square$ 10% inulin after 24 h, Δ 10% inulin after 72 h. Pectin addition: 2%. Concentration: 5 g/100 g

Tabela 1

Parametry równań potęgowych zastosowanych do opisu zależności modułu strat i magazynowania od prędkości kątowej po 24 h przechowywania (średnia z trzech powtórzeń $\pm$ odchylenie standardowe)
Parameters of the power-law functions describing dependence of storage and loss module on angular frequency after 24 h of storage (mean values from three repetitions $\pm$ standard deviation)

Próbka Sample	Inulina Inulin %	Pektyna Pectin %	K' Pa·s ^{n'}	n' -	r ² -	K'' Pa·s ^{n''}	n'' -	r ² -
Kontrola Control	0	0	149,9 $\pm$ 7,04 ^l	0,076 $\pm$ 0,001 ^a	0,996	17,6 $\pm$ 0,93 ^k	0,141 $\pm$ 0,002 ^a	0,971
	0	1	112,4 $\pm$ 5,66 ^j	0,086 $\pm$ 0,001 ^{abc}	0,998	15,3 $\pm$ 0,49 ⁱ	0,147 $\pm$ 0,001 ^{ab}	0,983
	0	2	122,8 $\pm$ 2,19 ^k	0,093 $\pm$ 0,008 ^{bcd}	0,998	17,4 $\pm$ 2,26 ^k	0,158 $\pm$ 0,003 ^{cd}	0,994
HSI	5	0	117,3 $\pm$ 1,77 ^{jk}	0,082 $\pm$ 0,007 ^{abc}	0,997	15,0 $\pm$ 0,96 ^j	0,151 $\pm$ 0,006 ^{abc}	0,978
	5	1	88,4 $\pm$ 3,39 ^h	0,089 $\pm$ 0,001 ^{abcd}	0,998	12,4 $\pm$ 0,54 ^{hi}	0,162 $\pm$ 0,005 ^{de}	0,986
	5	2	67,5 $\pm$ 1,74 ^{fg}	0,102 $\pm$ 0,005 ^{de}	0,997	10,5 $\pm$ 0,33 ^{efg}	0,189 $\pm$ 0,001 ^{gh}	0,995
	10	0	95,9 $\pm$ 5,08 ⁱ	0,081 $\pm$ 0,001 ^{ab}	0,998	12,1 $\pm$ 0,36 ^{ghi}	0,157 $\pm$ 0,009 ^{bcd}	0,964
	10	1	71,2 $\pm$ 1,51 ^e	0,096 $\pm$ 0,003 ^{cde}	0,998	10,8 $\pm$ 0,05 ^{efgh}	0,170 $\pm$ 0,001 ^{ef}	0,992
	10	2	59,8 $\pm$ 2,21 ^c	0,103 $\pm$ 0,005 ^{de}	0,996	9,2 $\pm$ 0,09 ^{cde}	0,193 $\pm$ 0,001 ^{hi}	0,997
GR	5	0	102,7 $\pm$ 0,85 ⁱ	0,082 $\pm$ 0,001 ^{ab}	0,997	13,4 $\pm$ 0,32 ⁱ	0,147 $\pm$ 0,001 ^{ab}	0,971
	5	1	82,1 $\pm$ 3,07 ^h	0,090 $\pm$ 0,001 ^{abcd}	0,998	11,6 $\pm$ 0,42 ^{gh}	0,170 $\pm$ 0,001 ^{ef}	0,987
	5	2	43,8 $\pm$ 3,20 ^{cd}	0,134 $\pm$ 0,010 ^{hi}	0,998	9,5 $\pm$ 0,09 ^{def}	0,202 $\pm$ 0,006 ^{ij}	0,997
	10	0	74,5 $\pm$ 4,96 ^g	0,094 $\pm$ 0,006 ^{bcd}	0,998	11,1 $\pm$ 0,04 ^{fgh}	0,164 $\pm$ 0,004 ^{de}	0,989
	10	1	50,8 $\pm$ 1,54 ^d	0,118 $\pm$ 0,001 ^{fg}	0,998	9,7 $\pm$ 0,33 ^{def}	0,194 $\pm$ 0,004 ^{hi}	0,999
	10	2	28,4 $\pm$ 1,50 ^a	0,153 $\pm$ 0,006 ⁱ	0,996	7,1 $\pm$ 0,03 ^a	0,226 $\pm$ 0,002 ^j	0,998
HPX	5	0	67,2 $\pm$ 3,18 ^{fg}	0,103 $\pm$ 0,014 ^{de}	0,997	11,0 $\pm$ 0,92 ^{fgh}	0,179 $\pm$ 0,004 ^{fg}	0,993
	5	1	39,3 $\pm$ 2,61 ^{bc}	0,125 $\pm$ 0,012 ^{gh}	0,996	7,8 $\pm$ 1,47 ^{abc}	0,218 $\pm$ 0,015 ^{kl}	0,991
	5	2	35,5 $\pm$ 1,09 ^{ab}	0,152 $\pm$ 0,005 ⁱ	0,998	8,8 $\pm$ 0,11 ^{bcd}	0,212 $\pm$ 0,001 ^{jk}	0,999
	10	0	62,8 $\pm$ 5,46 ^{ef}	0,108 $\pm$ 0,004 ^{ef}	0,998	10,8 $\pm$ 0,43 ^{efgh}	0,177 $\pm$ 0,001 ^f	0,996
	10	1	44,4 $\pm$ 1,32 ^{cd}	0,127 $\pm$ 0,004 ^{gh}	0,998	9,1 $\pm$ 0,09 ^{cde}	0,197 $\pm$ 0,003 ^{hi}	0,999
	10	2	33,2 $\pm$ 0,27 ^{ab}	0,141 $\pm$ 0,005 ^{ij}	0,997	7,3 $\pm$ 0,19 ^{ab}	0,222 $\pm$ 0,001 ^l	0,999

Stężenie: 5 g/100 g. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Sample concentration of 5 g/100 g. Differences between values marked with the same letters in particular columns are non-significant at 0.05 level of confidence

Wyjątek stanowiła próbka z najwyższym dodatkiem inuliny HSI i 2% pektyny, dla której odnotowano spadek wartości po trzecim dniu przechowywania (tab. 1, 2 i 3). Moduł G'', w próbie kontrolnej początkowo ulegał zwiększeniu, a po trzecim dniu odnotowano obniżenie jego wartości. Dodatek inuliny powodował obniżenie wartości tego modułu, jednocześnie powodując zmniejszanie jego zmienności w czasie. Przy niższym stężeniu, inulina o najwyższym DP powodowała obniżenie wartości G'' po trzecim dniu, natomiast dodatek pozostałych dwóch preparatów powodował zwiększenie tego modułu w całym okresie przechowywania. Wzrost stężenia do 10%, spowodował jego spadek we wszystkich przypadkach, przy czym największy wpływ odnotowano dla preparatu HSI. Dodatek pektyny powodował niewielkie obniżenie wartości G'' przy niższym stężeniu, a następnie jego zwiększenie. Przy czym, podobnie jak w przypadku G', w próbkach z dodatkiem pektyny, w całym okresie przechowywania następował wzrost wartości dla większości próbek. Wyjątek stanowiła ponownie próbka z dodatkiem 2% pektyny i 10% preparatu HSI, dla której odnotowano zmniejszenie wartości modułu po trzecim dniu przechowywania. Jak pokazały wcześniejsze badania, inulina obniża wartości modułów dla układów-inulina skrobia przy niskich stężeniach (Zimeri i Kokini, 2003; Witczak i in., 2014). Dopiero sumaryczne stężenie obu polimerów powyżej 30% daje efekt zwiększenia

ich wartości (Zimeri i Kokini, 2003). Zmienność wpływu inuliny, w zależności od stężenia skrobi, stwierdzili również Tárrega i Costell (2006), co według cytowanych autorów związane jest ze współzawodnictwem o dostęp do wody, pomiędzy badanymi polimerami. Dodatkowo wartości modułów magazynowania i strat obniżane są przez cukry niskocząsteczkowe (Chang i in., 2004) obecne w preparatach inuliny.

Tabela 2

Parametry równań potęgowych zastosowanych do opisu zależności modułu strat i magazynowania od prędkości kątowej po 48 h przechowywania (średnia z trzech powtórzeń $\pm$ odchylenie standardowe)
Parameters of the power-law functions describing dependence of storage and loss module on angular frequency after 48 h of storage (mean values from three repetitions $\pm$ standard deviation)

Próbka Sample	Inulina Inulin %	Pektyna Pectin %	K' Pa·s ^{n'}	n' -	r ² -	K'' Pa·s ^{n''}	n'' -	r ² -
Kontrola Control	0	0	171,5 $\pm$ 5,80 ^j	0,076 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,999	20,7 $\pm$ 0,78 ^j	0,124 $\pm$ 0,008 ^{ab}	0,982
	0	1	153,0 $\pm$ 13,50 ^j	0,082 $\pm$ 0,003 ^{abc}	0,999	20,2 $\pm$ 1,04 ^j	0,132 $\pm$ 0,002 ^{ab}	0,988
	0	2	104,6 $\pm$ 11,14 ^h	0,096 $\pm$ 0,004 ^{de}	0,997	15,4 $\pm$ 0,98 ^h	0,165 $\pm$ 0,001 ^{cd}	0,995
HSI	5	0	137,8 $\pm$ 0,28 ⁱ	0,076 $\pm$ 0,001 ^a	0,999	16,9 $\pm$ 0,13 ⁱ	0,130 $\pm$ 0,007 ^{ab}	0,980
	5	1	94,7 $\pm$ 0,27 ^{gh}	0,093 $\pm$ 0,001 ^{cde}	0,999	14,1 $\pm$ 0,24 ^{gh}	0,156 $\pm$ 0,001 ^c	0,991
	5	2	80,5 $\pm$ 7,71 ^{fg}	0,103 $\pm$ 0,003 ^{ef}	0,998	12,9 $\pm$ 0,81 ^{efg}	0,177 $\pm$ 0,004 ^{ef}	0,995
	10	0	154,0 $\pm$ 7,28 ^j	0,072 $\pm$ 0,004 ^a	0,998	17,7 $\pm$ 0,21 ⁱ	0,125 $\pm$ 0,001 ^a	0,971
	10	1	87,2 $\pm$ 5,30 ^{fg}	0,089 $\pm$ 0,001 ^{bcd}	0,998	12,4 $\pm$ 0,18 ^{ef}	0,163 $\pm$ 0,002 ^{cd}	0,990
	10	2	73,1 $\pm$ 2,16 ^{ef}	0,101 $\pm$ 0,001 ^{cf}	0,998	11,5 $\pm$ 0,76 ^{cde}	0,184 $\pm$ 0,003 ^f	0,997
GR	5	0	106,4 $\pm$ 7,50 ^h	0,083 $\pm$ 0,002 ^{abc}	0,998	14,2 $\pm$ 0,62 ^{gh}	0,139 $\pm$ 0,004 ^b	0,974
	5	1	82,0 $\pm$ 0,56 ^{fg}	0,095 $\pm$ 0,001 ^{de}	0,999	12,7 $\pm$ 0,09 ^{efg}	0,161 $\pm$ 0,001 ^{cd}	0,987
	5	2	41,2 $\pm$ 4,00 ^{abc}	0,149 $\pm$ 0,007 ^{ij}	0,999	10,1 $\pm$ 0,55 ^{bc}	0,213 $\pm$ 0,014 ^h	0,999
	10	0	62,5 $\pm$ 1,50 ^{de}	0,115 $\pm$ 0,001 ^{gh}	0,998	11,8 $\pm$ 0,38 ^{de}	0,170 $\pm$ 0,001 ^{de}	0,998
	10	1	50,5 $\pm$ 2,25 ^{bcd}	0,126 $\pm$ 0,006 ^h	0,998	10,4 $\pm$ 0,18 ^{bcd}	0,201 $\pm$ 0,006 ^e	0,996
	10	2	40,4 $\pm$ 0,18 ^{ab}	0,142 $\pm$ 0,001 ^{ij}	0,998	8,9 $\pm$ 0,01 ^{ab}	0,215 $\pm$ 0,001 ^h	0,999
HPX	5	0	107,4 $\pm$ 8,06 ^h	0,082 $\pm$ 0,001 ^{abc}	0,998	13,9 $\pm$ 0,86 ^{fgh}	0,140 $\pm$ 0,004 ^b	0,976
	5	1	60,3 $\pm$ 3,58 ^{de}	0,110 $\pm$ 0,018 ^{fg}	0,997	10,5 $\pm$ 1,48 ^{bcd}	0,188 $\pm$ 0,008 ^f	0,989
	5	2	34,3 $\pm$ 0,58 ^a	0,162 $\pm$ 0,001 ^k	0,998	9,1 $\pm$ 0,07 ^{ab}	0,223 $\pm$ 0,002 ^h	0,999
	10	0	56,0 $\pm$ 6,06 ^{cd}	0,124 $\pm$ 0,004 ^h	0,998	11,3 $\pm$ 0,92 ^{cde}	0,184 $\pm$ 0,011 ^f	0,997
	10	1	44,0 $\pm$ 2,31 ^{abc}	0,138 $\pm$ 0,004 ⁱ	0,998	9,9 $\pm$ 0,28 ^{bc}	0,200 $\pm$ 0,006 ^e	0,999
	10	2	33,4 $\pm$ 0,35 ^a	0,150 $\pm$ 0,001 ^j	0,997	7,8 $\pm$ 0,14 ^a	0,238 $\pm$ 0,001 ⁱ	0,999

Stężenie: 5 g/100 g. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Sample concentration of 5 g/100 g. Differences between values marked with the same letters in particular columns are non-significant at 0.05 level of confidence

W przypadku próby kontrolnej stwierdzono niewielką zmienność współczynnika n' (tab. 1, 2 i 3) w okresie 3 dni przechowywania. Dodatek preparatów inuliny powodował początkowe obniżanie, a następnie zwiększenie wartości wskaźnika. Największą niestabilność zaobserwowano przy dodatku inuliny o najwyższym średnim DP, a najmniejszą dla inuliny o najniższym DP. Dodatek pektyny podnosił wartości tego parametru, zmniejszając jednocześnie jego zmienność w czasie. Przy najwyższym dodatku pektyny (2%) wartość wskaźnika, przy niższym dodatku inuliny, charakteryzowała się zwiększeniem wartości w całym okresie przechowywania, przy czym najniższym dla inuliny o najniższym DP. Przy wyższym dodatku inuliny zmienność w czasie była niewielka w przypadku inuliny o dwóch wyższych wartościach DP, a preparat o najniższej wartości powodował wzrost wartości wskaźnika.

Tabela 3

Parametry równań potęgowych zastosowanych do opisu zależności modułu strat i magazynowania od prędkości kątowej po 72 h przechowywania (średnia z trzech powtórzeń $\pm$ odchylenie standardowe)
Parameters of the power-law functions describing dependence of storage and loss module on angular frequency after 72 h of storage (mean values from three repetitions $\pm$ standard deviation)

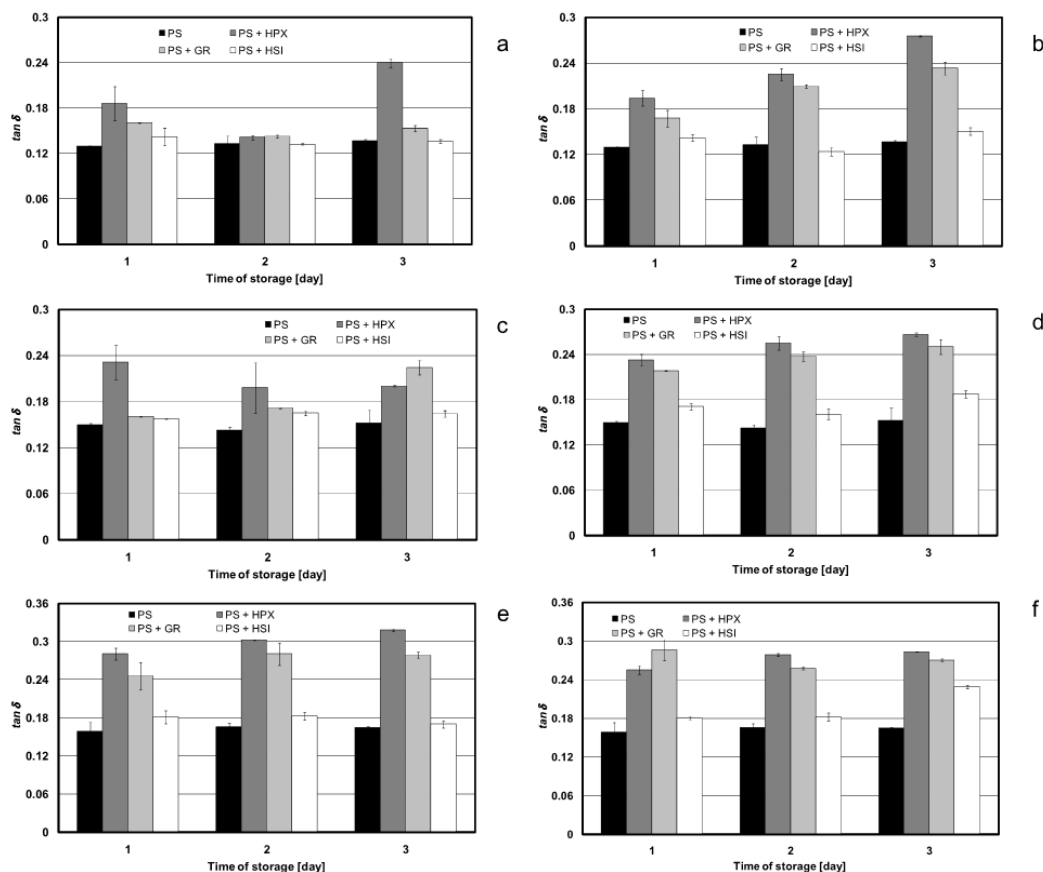
Próbka Sample	Inulina Inulin %	Pektyna Pectin %	K' Pa·s ^{n'}	n' -	r ² -	K'' Pa·s ^{n''}	n'' -	r ² -
Kontrola Control	0	0	135,5 $\pm$ 0,21 ^j	0,079 $\pm$ 0,001 ^a	0,998	17,3 $\pm$ 0,15 ⁱ	0,129 $\pm$ 0,001 ^a	0,979
	0	1	119,8 $\pm$ 10,80 ⁱ	0,088 $\pm$ 0,009 ^b	0,999	16,8 $\pm$ 0,18 ^{hi}	0,138 $\pm$ 0,011 ^{ab}	0,985
	0	2	139,1 $\pm$ 1,06 ^j	0,097 $\pm$ 0,001 ^{cd}	0,996	20,7 $\pm$ 0,53 ^j	0,153 $\pm$ 0,002 ^c	0,995
HSI	5	0	137,2 $\pm$ 11,88 ^j	0,078 $\pm$ 0,001 ^a	0,999	17,4 $\pm$ 1,12 ⁱ	0,128 $\pm$ 0,004 ^a	0,979
	5	1	115,2 $\pm$ 9,19 ⁱ	0,092 $\pm$ 0,001 ^{bc}	0,999	17,4 $\pm$ 1,04 ⁱ	0,143 $\pm$ 0,006 ^{bc}	0,990
	5	2	113,1 $\pm$ 2,47 ⁱ	0,097 $\pm$ 0,003 ^{cd}	0,997	16,9 $\pm$ 0,33 ^{hi}	0,168 $\pm$ 0,002 ^d	0,998
	10	0	93,5 $\pm$ 3,73 ^h	0,085 $\pm$ 0,003 ^{ab}	0,998	12,9 $\pm$ 1,14 ^{fg}	0,144 $\pm$ 0,007 ^{bc}	0,978
	10	1	81,6 $\pm$ 5,19 ^g	0,104 $\pm$ 0,004 ^{de}	0,998	13,6 $\pm$ 0,87 ^g	0,172 $\pm$ 0,011 ^d	0,997
	10	2	48,1 $\pm$ 1,37 ^{cde}	0,125 $\pm$ 0,004 ^f	0,997	8,9 $\pm$ 0,05 ^{ab}	0,231 $\pm$ 0,007 ^{hi}	0,997
GR	5	0	111,8 $\pm$ 2,76 ⁱ	0,087 $\pm$ 0,002 ^b	0,999	15,8 $\pm$ 1,01 ^h	0,137 $\pm$ 0,004 ^{ab}	0,988
	5	1	59,4 $\pm$ 5,25 ^f	0,123 $\pm$ 0,004 ^f	0,998	11,8 $\pm$ 0,66 ^{ef}	0,188 $\pm$ 0,007 ^{ef}	0,999
	5	2	47,1 $\pm$ 1,44 ^{cd}	0,149 $\pm$ 0,001 ^j	0,998	11,3 $\pm$ 0,45 ^{de}	0,224 $\pm$ 0,001 ^{gh}	0,996
	10	0	56,8 $\pm$ 2,88 ^{def}	0,125 $\pm$ 0,006 ^f	0,998	11,8 $\pm$ 0,13 ^{ef}	0,186 $\pm$ 0,004 ^c	0,999
	10	1	50,2 $\pm$ 1,37 ^{cdef}	0,135 $\pm$ 0,004 ^{gh}	0,996	10,6 $\pm$ 0,21 ^{de}	0,217 $\pm$ 0,001 ^g	0,999
	10	2	40,3 $\pm$ 1,02 ^{abc}	0,144 $\pm$ 0,002 ^{ij}	0,997	8,9 $\pm$ 0,19 ^{abc}	0,241 $\pm$ 0,004 ^{ij}	0,998
HPX	5	0	57,4 $\pm$ 1,78 ^{ef}	0,129 $\pm$ 0,006 ^{fg}	0,998	12,0 $\pm$ 1,13 ^{ef}	0,199 $\pm$ 0,010 ^f	0,999
	5	1	45,9 $\pm$ 2,20 ^e	0,108 $\pm$ 0,001 ^c	0,997	7,8 $\pm$ 0,50 ^a	0,212 $\pm$ 0,004 ^g	0,983
	5	2	33,2 $\pm$ 0,84 ^a	0,166 $\pm$ 0,001 ^k	0,997	8,8 $\pm$ 0,20 ^{ab}	0,251 $\pm$ 0,004 ^{jk}	0,999
	10	0	42,7 $\pm$ 0,57 ^{abc}	0,144 $\pm$ 0,005 ^{ij}	0,995	10,3 $\pm$ 0,02 ^{cd}	0,212 $\pm$ 0,005 ^g	0,999
	10	1	43,7 $\pm$ 0,23 ^{bc}	0,141 $\pm$ 0,004 ^{hi}	0,995	10,1 $\pm$ 0,13 ^{bcd}	0,215 $\pm$ 0,001 ^g	0,999
	10	2	33,8 $\pm$ 0,03 ^{ab}	0,150 $\pm$ 0,001 ^j	0,996	7,7 $\pm$ 0,02 ^a	0,256 $\pm$ 0,001 ^k	0,998

Stężenie: 5 g/100 g. Średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Sample concentration of 5 g/100 g. Differences between values marked with the same letters in particular columns are non-significant at 0.05 level of confidence.

Wskaźnik n'' dla próby kontrolnej podobnie jak n' , wykazywał niewielkie zmiany w trakcie przechowywania (tab. 1, 2 i 3). Niższy dodatek preparatów inuliny o średnim i najniższym DP podnosił wartość n'' , ale również powodował szybsze obniżenie wartości tego parametru w czasie. Dodatek inuliny o najwyższym DP, po początkowym spadku, dawał efekt wzrostu wartości wskaźnika n'' . Wyższy dodatek (10%) inuliny w przypadku niższej i średniej wartości DP powodował zwiększenie wartości wskaźnika w całym okresie przechowywania, a inulina o niższym DP dawała efekt wzrostu dopiero po ostatnim dniu. Dodatek pektyny podniósł wartości n'' , jednocześnie stabilizując próbki bez dodatku inuliny, co dało w efekcie bardzo niewielką ich zmienność. W przypadku żeli z dodatkiem 2% pektyny, przy niższym dodatku inuliny efekt przyrostu w całym okresie uzyskano dla dwóch wyższych wartości DP, a dla najniższej efekt spadku. Wyższy dodatek inuliny (10%), w obecności 2% pektyny dawał już efekt przyrostu współczynnika w całym okresie przechowywania dla wszystkich preparatów inuliny.

Rysunek 3 przedstawia wpływ czasu przechowywania badanych żeli na wartość tangensa kąta przesunięcia fazowego. Najniższe wartości tego parametru uzyskano dla próby kontrolnej (bez udziału pektyny i inuliny). Dodatek inuliny i pektyny zwiększał jego wartość, co wskazuje na wzrost udziału właściwości lepkich w próbkach. Najsilniejszy

spadek udziału właściwości sprężystych uzyskano przy dodatku inuliny o najwyższej średniej wartości DP, a najsłabszy przy dodatku inuliny o najniższej wartości DP. Wzrost stężenia inuliny powodował dalszy wzrost wartości $\tan \delta$. Dodatek pektyny oddziaływał różnie, w zależności od rodzaju preparatu inuliny. Przy 5% udziale inuliny (rys. 3a,c,e) wzrosło zróżnicowanie pomiędzy próbkami z dodatkiem preparatów o różnej wartości DP inuliny, przy zachowaniu tendencji do zwiększania się wartości $\tan \delta$ ze wzrostem dodatku pektyny. Przy najwyższych dodatkach inuliny i pektyny uzyskano stosunkowo niewielką zmienność wartości $\tan \delta$ w trakcie przechowywania (rys. 3f).



Rys. 3. Wpływ czasu przechowywania na wartość $\tan \delta$: a) 5% inuliny, 0% pektyny, b) 10% inuliny, 0% pektyny, c) 5% inuliny, 1% pektyny, d) 10% inuliny, 1% pektyny, e) 5% inuliny, 2% pektyny, f) 10% inuliny, 2% pektyny. PS — skrobia ziemniaczana

Fig. 3. Effect of storage time on the value of $\tan \delta$: a) 5% inulin, 0% pectin, b) 10% inulin, 0% pectin, c) 5% inulin, 1% pectin, d) 10% inulin, 1% pectin, e) 5% inulin, 2% pectin, f) 10% inulin, 2% pectin. PS — potato starch

Wskazuje to, że obecność pektyny hamuje działanie inuliny i zwalnia szybkość wzrostu wartości kąta przesunięcia fazowego, ograniczając szybkość zmiany charakteru reologicznego próbek. Również Gennaro i in. (2000) stwierdzili silną zależność właściwości roztworów od średniej wartości DP inuliny. Natomiast Chiavaro i in. (2007) wykazali, że struktura chemiczna inuliny wpływa istotnie zarówno na zdolność do tworzenia żelu, jak i na charakterystykę termiczną i teksturalną żelu. Według tych autorów wzrost średniej wartości DP (zawartości molekuł o dużej masie cząsteczkowej) umożliwia tworzenie żelu, a jej spadek, do utworzenia żelu, wymaga pełnej hydratacji wszystkich cząstek i ograniczenia ich wzajemnych oddziaływań.

WNIOSKI

1. Dodatek inuliny powoduje obniżanie wartości modułów charakteryzujących przechowywane żele. Wartości te zmniejszają się ze wzrostem średniej wartości DP preparatu inuliny.
2. Analiza statystyczna wykazała istotność wpływu wzajemnych oddziaływań inuliny i pektyny na właściwości przechowywanych żeli skrobiowych, a ich charakter uzależniony był od średniej wartości DP stosowanego preparatu inuliny. Wskazuje to, że wprowadzenie inuliny do układów spożywczych wymaga uwzględnienia jej interakcji z innymi składnikami, w celu zniwelowania ewentualnych niekorzystnych zmian reologicznych produktów.
3. Dodatek inuliny i pektyny powodował zwiększenie udziału właściwości lepkich w badanych próbkach żeli. Proces ten był tym silniejszy im wyższa była średnia wartość DP inuliny. Wzrost stężenia pektyny prowadził do silnej stabilizacji właściwości żeli w trakcie przechowywania.

LITERATURA

- Bello-Perez L.A., Sanchez-Rivera M.A., Nunez-Santiago C., Rodriguez-Ambriz S.L., Roman-Gutierrez A.D. 2010. Effect of the pearled in the isolation and the morphological, physicochemical and rheological characteristics of barley starch. *Carbohydr. Polym.* 81: 63 – 69.
- Brennan C. S., Kuri V., and Tudorica C.M. 2004. Inulin-enriched pasta: effects on textural properties and starch degradation. *Food Chem.* 86: 189 – 193.
- Brennan C. S., Kuri V., Tudorica C.M. 2008. Carbohydrate-based fat replacers in the modification of the rheological, textural and sensory quality of yoghurt: comparative study of the utilisation of barley beta-glucan, guar gum and inulin. *Int. J. Food Sci. Tech.* 43: 824 — 833.
- Brown L., Rosner B., Willet W.W., Sacks F.M. 1999. Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 69: 30 — 42.
- Chang Y.H., Lim S.T., Yoo B. 2004 Dynamic rheology of corn starch-sugar composites. *J. Food Eng.* 64: 521 — 527.
- Chiavaro E., Vittadini E., Corradini C. 2007. Physicochemical characterization and stability of inulin gels. *Eur. Food Res. Technol.* 225: 85 — 94.
- Diowksz A., Sucharzewska D., Ambroziak W. 2009. Rola błonnika pokarmowego w kształtowaniu cech funkcjonalnych ciasta i chleba bezglutenowego. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 63 (2): 83 — 93.
- Gennaro S., Birch G. G., Parke S. A., Stancher B. 2000. Studies on the physicochemical properties of inulin and inulin oligomers. *Food Chem.* 68: 179 — 183.

- Gonzalez-Tomás L., Coll-Marqués J., Costell E. 2008. Viscoelasticity of inulin-starch-based dairy systems. Influence of inulin average chain length. *Food Hydrocol.* 22: 372 — 380.
- Grajeta H. 2004. Żywność funkcjonalna w profilaktyce chorób układu krążenia. *Adv. Clin. Exp. Med.* 13(3): 503 — 510.
- Jenkins D.J.A., Kendall C.W.C., Raansom T.P.P. 1998. Dietary fiber, the evolution of the human diet and coronary heart disease. *Nutr. Res.* 18: 633 — 652.
- Juszczak L., Witczak T., Ziobro R., Korus J., Cieślik E., Witczak M. 2012. Effect of inulin on rheological and thermal properties of gluten-free dough. *Carbohydr. Polym.* 90: 353 — 360.
- Korus J., Grzelak K., Achremowicz K., Sabat R. 2006. Influence of prebiotic additions on the quality of gluten-free bread and on the content of inulin and fructooligosaccharides. *Food Sci. Technol. Int.* 12(6): 489 — 495.
- Meyer D., Bayarri S., Tárrega A., Costell E. 2011. Inulin as a texture modifier in dairy products. *Food Hydrocol.* 25: 1881 — 1890.
- Peressini D., Sensidoni A. 2009. Effect of soluble dietary fibre addition on rheological and breadmaking properties of wheat doughs. *J. Cereal Sci.* 49: 190 — 201.
- Piteira M. F., Maia J. M., Raymundo A., Sousa I. 2006. Exstressal flow behaviour of natural fibre-filled dough and its relationship with structure and properties. *J. Non-Newton. Fluid.* 137: 72 — 80.
- Praznik W., Cieślik E., Filipiak-Florkiewicz A. 2002. Soluble dietary fibers in jerusalem artichoke powders: composition and application in bread. *Nahrung* 45: 151 — 157.
- Pycia K., Juszczak L., Gałkowska D., Witczak M. 2012. Physicochemical properties of starches obtained from Polish potato cultivars. *Starch-Starke* 64: 105 — 114.
- 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 Chem.* 81: 219 — 231.
- Steffe J. F. 1996. *Rheological methods in food process engineering*. East Lansing, Michigan, USA: Freeman Press.
- Tárrega A., Costell E. 2006. Effect of inulin addition on rheological and sensory properties of fat-free starch-based dairy desserts. *Int. Dairy J.* 11: 1104 — 1112.
- Thebaudin J.Y., Lefebvre A.C., Harrington M., Bourgeois C.M. 1997. Dietary fibres: Nutritional and technological interest. *Trends Food Sci. Tech.* 8: 41 — 49.
- Witczak T., Witczak M., Ziobro R. 2014. Effect of inulin and pectin on rheological and thermal properties of potato starch paste and gel. *J. Food Eng.* 124: 72-79
- Zimeri J.E., Kokini J.L. 2003a. Rheological properties of inulin-waxy maize starch systems. *Carbohydr. Polym.* 52: 67 — 85.
- Zimeri, J.E., Kokini, J.L. 2003b. Morphological characterization of the phase behavior of inulin-waxy maize starch systems in high moisture environments. *Carbohydr. Polym.* 52: 225-236.
- Ziobro R., Korus J., Juszczak L., Witczak T. 2013. Influence of inulin on physical characteristics and staling rate of gluten-free bread. *J. Food Eng.* 116: 21 — 27.

PODZIĘKOWANIA

Autorka składa podziękowania dla JM Rektora Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie za finansowe wsparcie realizacji projektu oraz dla Biesterfeld Chemia Specjalna, Polska za udostępnienie próbek badanych preparatów inuliny.

LESŁAW JUSZCZAK ¹
SŁAWOMIR PIETRZYK ¹
TERESA FORTUNA ¹
DOROTA GAŁKOWSKA ¹
TERESA WITCZAK ²

¹ Katedra Analizy i Oceny Jakości Żywności

² Katedra Inżynierii i Aparatury Przemysłu Spożywczego
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Wybrane właściwości fizykochemiczne skrobi ziemniaczanej o różnym stopniu utlenienia*

Selected physicochemical properties of potato starch oxidized at different levels

Celem niniejszej pracy była charakterystyka wybranych właściwości fizykochemicznych skrobi ziemniaczanej o różnym stopniu utlenienia. Materiałem badanym była skrobia ziemniaczana utleniona w reakcji z różną ilością chloranu(I) sodu. Otrzymane skrobie na czterech stopniach utlenienia poddano analizie pod względem zawartości grup karboksylowych oraz karbonylowych. Wyznaczono termodynamiczną (DSC) oraz viskozymetryczną charakterystykę kleikowania. Wyznaczono także krzywe lepkości kleików skrobiowych, które opisano modelem potęgowym. Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wraz ze wzrostem ilości zastosowanego czynnika utleniającego wzrastała liczba grup karboksylowych i karbonylowych w skrobi, których zawartość wynosiła odpowiednio 0,03–0,94% oraz 0,02–0,12%. Wraz ze wzrostem stopnia utlenienia malały wartości temperatury początku, piku i końca kleikowania. Malały również wartości temperatury kleikowania wyznaczonej viskozymetrycznie. Stwierdzono ponadto, że wraz ze wzrostem stopnia utlenienia malała lepkość kleików zarówno w fazie ogrzewania, jak i chłodzenia. Kleiki badanych skrobi wykazywały właściwości cieczy nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, a ich lepkość pozorna malała wraz ze wzrostem stopnia utlenienia.

Słowa kluczowe: DSC, kleikowanie, skrobia, utlenianie, właściwości reologiczne

The aim of this work was to characterize selected physicochemical properties of potato starch oxidized at four different levels. Starch was oxidized with different amounts of sodium hypochlorite, and the resulted starches were analyzed in respect of carboxyl and carbonyl group content. Thermodynamic (DSC) and viscometric pasting characteristics were determined as well as the viscosity curves, which were described by power law model. It was found that carboxyl and carbonyl group contents were increasing with increasing amount of the oxidizing agent, and they were 0.03–0.94% and

* Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2013/09/B/NZ9/01781

Redaktor prowadzący: Anna Linkiewicz

0.02–0.12%, respectively. Values of onset, peak and end temperatures of starch gelatinization and pasting temperature of starch were decreasing with increasing the oxidation level. It was also found that the viscosity of modified starch pastes, both during heating and cooling stages, was decreasing with increase in oxidation level. The oxidized starches exhibited non-Newtonian, shear-thinning fluid behavior, and their apparent viscosity was decreasing with increasing oxidation level.

Key words: DSC, gelatinization, oxidation, rheological properties, starch

WPROWADZENIE

Skrobia obok celulozy jest jednym z głównych polisacharydów naturalnie występujących w przyrodzie. Magazynowana jest w bulwach, łodygach, liściach i ziarnach wielu roślin, jako ich materiał zapasowy. Stanowi surowiec odnawialny ze względu na fakt, iż jest wytwarzana w procesie fotosyntezy (Parker i Ring, 2001; Emmambux i Taylor, 2013). Skrobia jest jednym z najbardziej funkcjonalnych surowców w przemyśle spożywczym. W stanie naturalnym jej zastosowanie jest jednak ograniczone ze względu na małą stabilność termiczną i reologiczną, podatność na działanie skrajnych wartości pH środowiska oraz mechanicznych sił ścinających. Również takie zjawiska jak retrogradacja kleików oraz synereza żeli skrobiowych są niekorzystne z punktu widzenia jakości produktów żywnościowych. W celu eliminacji niekorzystnych właściwości skrobi poddaje się różnego rodzaju modyfikacjom. Uzyskane w ten sposób preparaty skrobi modyfikowanych charakteryzują się pożądanymi właściwościami fizykochemicznymi, a w szczególności reologicznymi (Tharanathan, 2005). Skrobie modyfikowane znalazły zastosowanie m.in. w przemyśle włókienniczym, papierniczym, budowlanym. Skrobie chemicznie modyfikowane stosowane w przemyśle spożywczym mają status dozwolonych substancji dodatkowych.

Jedną z chemicznych metod modyfikacji skrobi jest utlenianie. Podczas utleniania w skrobi tworzą się grupy karbonylowe i karboksylowe. Ilość tych grup uzależniona jest od rodzaju czynnika utleniającego, warunków reakcji, jak również od pochodzenia botanicznego skrobi. Reakcji utleniania towarzyszy często depolimeryzacja łańcuchów polimerów skrobiowych oraz rozluźnienie wiązań międzycząsteczkowych (Singh i in., 2007; Ashogbon i Akintayo, 2014). Do celów spożywczych dopuszczone zostały tylko skrobie utlenione za pomocą chloranu (I) sodu, oznaczane symbolem E 1404. Od wielu lat skrobie utlenione są podstawowym składnikiem recepturowym budyniów, kremów budyniowych, bitej śmietany, lodów, galaretek oraz mieszanek ciast w proszku. Preparaty skrobi utlenionych mogą być również stosowane w kompozycjach powlekających, posypkach i panierkach. Skrobie te wykazują dobrą adhezję do powlekanego produktu i korzystnie wpływają na cechy teksturalne produktów po procesie prażenia lub oziębiania (Leszczyński, 2006; Walkowski i Lewandowicz 2008; Abbas i in., 2010).

Ze względu na to, iż właściwości skrobi utlenionych zależą nie tylko od rodzaju użytej skrobi, ale także od stopnia jej utlenienia, celem pracy była analiza wpływu poziomu utlenienia skrobi chloranem (I) sodu na zmiany jej właściwości fizykochemicznych.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiła skrobia ziemniaczana wyprodukowana w zakładach PEPEES S.A. Łomża (Polska), którą utleniono na czterech poziomach. Utlenianie skrobi chloranem(I) sodu prowadzono w 40% zawiesinie wodnej skrobi, wg Forsell i in. (1995). Modyfikacje wykonano w temp. $25 \pm 2^\circ\text{C}$, mieszając zawiesinę skrobi w środowisku alkalicznym ($\text{pH} = 10,0$) przez 50 min. Po tym czasie mieszaninę reakcyjną neutralizowano 1 M H_2SO_4 do $\text{pH} = 7,0$. Ilość użytego NaOCl do utleniania była równoważna 10, 20, 40, 60 g Cl/kg skrobi. Następnie skrobie przemywano, suszono w temperaturze pokojowej przez 48 h, rozdrabniano i przesiewano przez sito o średnicy oczek 0,2 mm.

Efektywność procesów utleniania została określona przez oznaczenie w skrobiach modyfikowanych zawartości grup karboksylowych (ISO, 11214) i karbonylowych (Whistler i in., 1964). W celu wyznaczenia właściwości termicznych uzyskanych skrobi modyfikowanych przeprowadzono analizę termodynamicznej charakterystyki kleikowania przy użyciu kalorymetru skaningowego DSC 204F1 (Phoenix Netsch, Niemcy). Mieszaninę skrobia-woda (1:3) zamykano hermetycznie w naczynkach aluminiowych i pozostawiono na 24 h w celu nawilżenia. Następnie próbkę ogrzewano w zakresie temperatur $20\text{--}100^\circ\text{C}$ przy wzroście temperatury 10°C/min . Jako wzorzec stosowano puste naczynko kalorymetryczne. Na podstawie otrzymanych termogramów wyznaczono temperatury: początku T_0 , maksimum T_P i końca T_E piku kleikowania, zakres temperatur ($T_E - T_0$) oraz entalpię przemiany ΔH (J/g). W celu określenia właściwości reologicznych wyznaczono charakterystykę kleikowania 15% (w/w) zawiesin skrobiowych przy użyciu analizatora lepkości RVA (Perten Instruments, Australia). Próbkę, mieszane z szybkością 160 rpm, ogrzewano w zakresie temperatur $50\text{--}95^\circ\text{C}$, przetrzymywano w temperaturze 95°C przez 5 min, chłodzono do temp. 50°C i przetrzymywano w temperaturze 50°C przez 5 min. Na podstawie otrzymanych krzywych wyznaczono: temperaturę kleikowania (PT), lepkość maksymalną (PV), lepkość w temperaturze 95°C (HPV), spadek lepkości BD = PV-HPV, lepkość końcową (FV), wzrost lepkości przy chłodzeniu (SB = FV-HPV). Krzywe lepkości 15% (w/w) kleików skrobiowych wyznaczono przy użyciu reometru Mars II (Thermo Haake, Niemcy), w układzie stożek-płytkę. Kleiki skrobiowe otrzymane w trakcie oznaczania charakterystyki kleikowania umieszczano między elementami pomiarowymi, termostatowano w temperaturze 25°C , a następnie poddawano działaniu zmiennej szybkości ścinania w zakresie $1\text{--}300\text{ s}^{-1}$. Do opisu otrzymanych krzywych płynięcia zastosowano model potęgowy:

$$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$$

gdzie: τ — naprężenie ścinające (Pa), K — współczynnik konsystencji ($\text{Pa}\cdot\text{s}^n$), n — wskaźnik płynięcia, $\dot{\gamma}$ — szybkość ścinania (s^{-1}).

W celu określenia istotności różnic w wartościach wyznaczonych parametrów zastosowano jednoczynnikową analizę wariancji i test NIR Fishera na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Efektywność procesu utleniania skrobi, której miarą była zawartość grup karboksylowych i karbonylowych, wzrastała wraz z ilością dodanego utleniacza. W tabeli 1 zestawiono wyniki oznaczeń zawartości grup karboksylowych i karbonylowych.

Tabela 1

Zawartość grup karboksylowych i karbonylowych w skrobiach utlenionych
Carboxyl and carbonyl group contents in oxidized starches

Poziom utlenienia Oxidation level	Zawartość grup karboksylowych Carboxyl group content (%)	Zawartość grup karbonylowych Carbonyl group content (%)
1	0,03 ± 0,00	0,02 ± 0,00
2	0,06 ± 0,00	0,05 ± 0,00
3	0,37 ± 0,00	0,09 ± 0,00
4	0,94 ± 0,01	0,12 ± 0,01

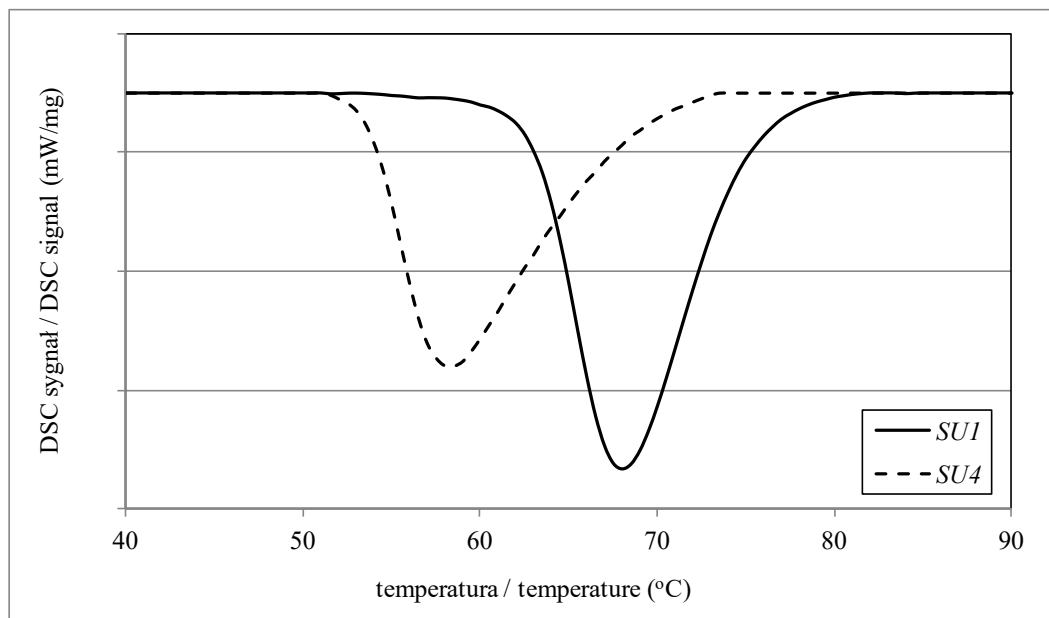
Wartości średnie ± odchylenie standardowe oznaczone takimi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się w sposób statystycznie istotny przy poziomie istotności 0,05

Mean values ± standard deviation signed the same letters in particular columns are not statistically different at significance level of 0.05

Zawartość grup karboksylowych wahała się od 0,03 do 0,94%, natomiast karbonylowych od 0,02 do 0,12%. Stwierdzono istotną korelację liniową pomiędzy ilością dodanej substancji utleniającej a zawartością grup karboksylowych ($r = 0,9683$) oraz karbonylowych ($r = 0,9915$). Otrzymane preparaty skrobi utlenionych, szczególnie utlenionych na wyższym poziomie, charakteryzowały się istotnie większą zawartością grup karboksylowych niż karbonylowych. Wynika to z faktu, iż chloran (I) sodu w środowisku alkalicznym powoduje wytwarzanie większej ilości grup karboksylowych niż karbonylowych (Wang i Wang, 2003). Zawartość grup karboksylowych w otrzymanych skrobiach modyfikowanych była mniejsza od 1,1%, co wskazuje na możliwość ich stosowania w przemyśle spożywczym. Jak wynika z danych literaturowych (Autio i in., 1996; Fortuna i in., 2002) podczas utleniania skrobi następuje również proces depolimeryzacji tym większy im proces utleniania przebiega intensywniej.

Typowe termogramy kleikowania dla skrobi utlenionych na największym i najmniejszym poziomie pokazano na rysunku 1. Obrazem kleikowania skrobi jest endotermiczny pik widoczny w postaci istotnego odchylenia od linii bazowej. Wielkość tego piku, a tym samym entalpia przemiany, oraz odpowiadający mu zakres temperatur są charakterystyczne dla danej skrobi. Wszelkie procesy modyfikacyjne mogą powodować zmiany zakresu temperatur oraz wielkości piku. Parametry termodynamicznej charakterystyki kleikowania zestawiono w tabeli 2. Wraz ze wzrostem stopnia utlenienia malały wartości charakterystycznych temperatur przemiany, przy czym w większym stopniu malały wartości temperatury początkowej (T_O) niż końca przemiany (T_E), co wpłynęło na wzrost zakresu temperatur kleikowania, który był największy dla skrobi o największym stopniu utlenienia. Nie stwierdzono jednak jednoznacznej tendencji związanej z wpływem procesu utleniania na wartości entalpii kleikowania (ΔH), której wartości dla skrobi o największym i najmniejszym stopniu utlenienia nie różniły się istotnie. Według Wootton i

Bamunuarachchi (1979) wprowadzenie nowych podstawników do skrobi oraz depolimeryzacja związana z procesem utleniania powoduje obniżenie temperatury przemiany i entalpii kleikowania. Natomiast Kuakpetoo i Wang (2006) zaobserwowali, iż depolimeryzacja skrobi dotyczy również amylopektyny, co może mieć wpływ na zmianę stopnia krystaliczności skrobi.



Rys. 1. Przykładowe krzywe DSC skrobi utlenionych. SU1 — skrobia utleniona na poziomie 1, SU4 — skrobia utleniona na poziomie 4

Fig. 1. Example of DSC curves of oxidized starches. SU1 — starch oxidized on the first level, SU4 — starch oxidized on the fourth level

Tabela 2

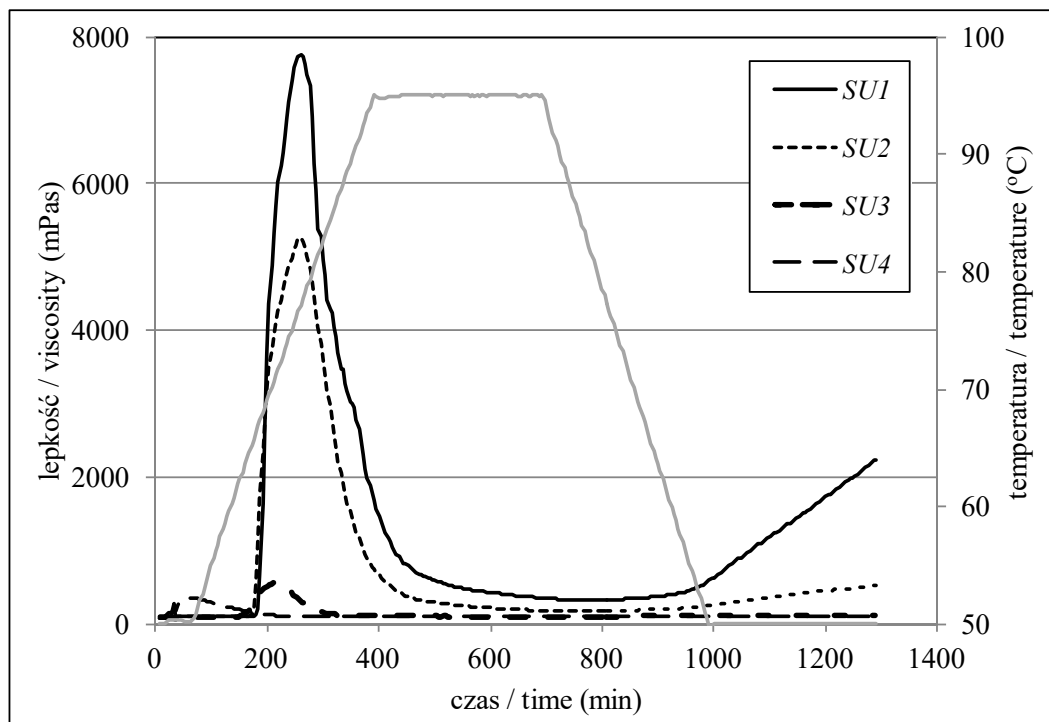
Termodynamiczna charakterystyka kleikowania skrobi utlenionych
Thermodynamic gelatinization characteristics of oxidized starches

Poziom utlenienia Oxidation level	T_O (°C)	T_P (°C)	T_E (°C)	$T_E - T_O$ (°C)	ΔH (J/g)
1	$63,05 \pm 0,07$	$68,00 \pm 0,00^a$	$75,25 \pm 0,07^a$	12,20	$14,63 \pm 0,47^a$
2	$62,55 \pm 0,07$	$67,60 \pm 0,14^a$	$75,15 \pm 0,07^a$	12,60	$16,73 \pm 0,11$
3	$60,35 \pm 0,07$	$65,30 \pm 0,14$	$74,00 \pm 0,14$	13,65	$15,96 \pm 0,08$
4	$53,50 \pm 0,00$	$58,30 \pm 0,28$	$68,55 \pm 0,07$	15,05	$14,01 \pm 0,11^a$

Wartości średnie $\pm$ odchylenie standardowe oznaczone takimi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się w sposób statystycznie istotny przy poziomie istotności 0,05

Mean values $\pm$ standard deviation signed the same letters in particular columns are not statistically different at significance level of 0.05

Krzywe charakterystyki kleikowania badanych preparatów skrobiowych pokazano na rysunku 2. Kształt otrzymanych krzywych jest charakterystyczny dla procesu kleikowania skrobi, przy czym kleiki poszczególnych preparatów odznaczały się różnymi wartościami lepkości. Parametry charakterystyki kleikowania odczytane na podstawie uzyskanych krzywych zebrano w tabeli 3.



Rys. 2. Krzywe kleikowania skrobi utlenionych. SU1 do SU4 — skrobia utleniona na poziomie od 1 do 4
Fig. 2. Pasting curves of oxidized starches. SU1 to SU4 —starches oxidized from the first to the fourth level

Tabela 3

Parametry charakterystyki kleikowania skrobi utlenionych
Parameters of pasting characteristics of oxidized starches

Poziom utlenienia Oxidation level	T _K (°C)	PV (mPa s)	HPV (mPa s)	BD (mPa s)	FV (mPa s)	SB (mPa s)
1	65,2 ± 0,1	7756 ± 170	326 ± 1	7430 ± 168	2224 ± 76	1898 ± 77
2	64,7 ± 0,0	5200 ± 23	178 ± 2	5022 ± 25	522 ± 4	345 ± 2
3	61,3 ± 0,0	553 ± 1 ^a	100 ± 1	453 ± 1 ^a	117 ± 0 ^a	17 ± 1 ^a
4	50,0 ± 0,0	355 ± 14 ^a	93 ± 0	262 ± 14 ^a	104 ± 0 ^a	11 ± 0 ^a

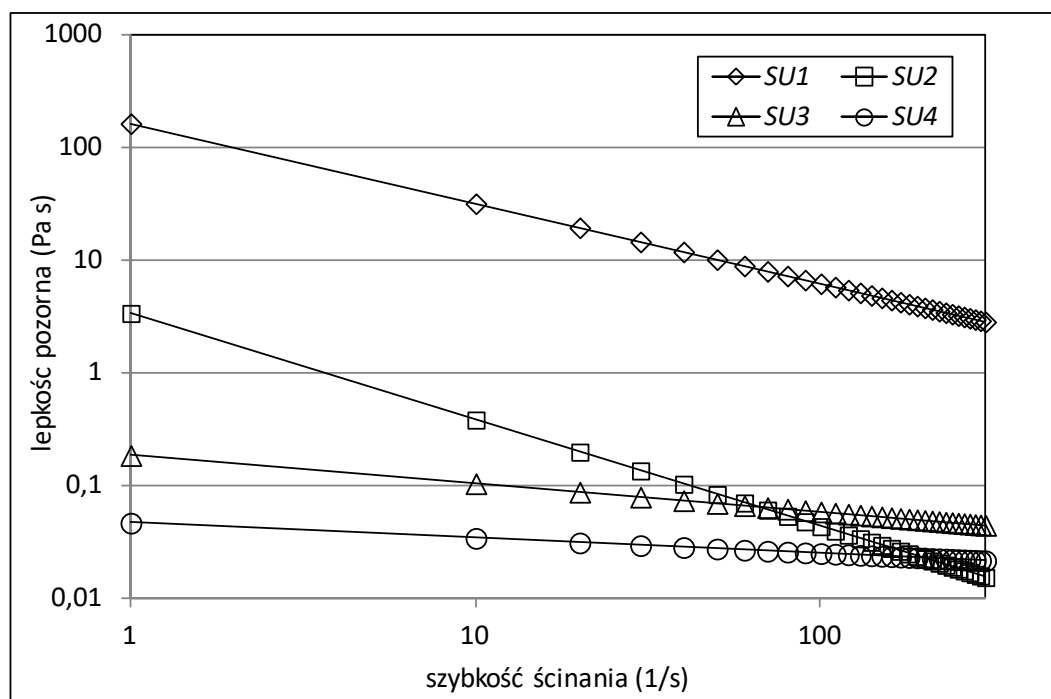
Wartości średnie ± odchylenie standardowe oznaczone takimi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się w sposób statystycznie istotny przy poziomie istotności 0,05

Mean values ± standard deviation signed the same letters in particular columns are not statistically different at significance level of 0.05

Wartości temperatury kleikowania wahały się w przedziale 50,0–65,2°C i malały wraz ze wzrostem poziomu utlenienia. Jest to zgodne z wcześniejszymi obserwacjami dotyczącymi tendencji zmian temperatury początku i końca kleikowania, wyznaczonymi z wykorzystaniem DSC (tab. 2). Wiskozymetryczna temperatura kleikowania związana jest ze zdolnością ziaren skrobiowych do pęcznienia i jest tym niższa im ziarna szybciej chłoną wodę i powiększają swoją średnicę. Równie istotnym czynnikiem wpływającym na kleikowanie skrobi jest jej depolimeryzacja, która ma miejsce w trakcie utleniania. Pomimo iż sama skrobia po procesie utleniania zachowuje swoją strukturę ziarnistą, to zdegradowane polimery skrobiowe wykazują znacznie niższą zdolność chłonięcia i zatrzymywania wody, co skutkuje niższą temperaturą kleikowania. Wartości pozostałych parametrów związanych z charakterystyką kleikowania również malały wraz ze wzrostem stopnia utlenienia, wyrażonego jako zawartość grup karboksylowych i karbonylowych (tab. 1). Największymi wartościami lepkości maksymalnej (PV), lepkości w temperaturze 95°C (HPV) oraz lepkości końcowej (FV) odznaczała się skrobia utleniona w najmniejszym stopniu. W jej przypadku odnotowano również największy spadek lepkości (BD) oraz jej wzrost w trakcie chłodzenia (SB). Istotnie niższe wartości lepkości wykazywała skrobia utleniona na drugim poziomie. Pozostałe dwa preparaty odznaczały się dużo mniejszymi wartościami lepkości, nie różniącymi się statystycznie istotnie, co świadczy o daleko posuniętych zmianach depolimeryzacyjnych struktury polimerów skrobiowych.

Skleikowana skrobia, zwana kleikiem skrobiowym, odznacza się przepływem charakterystycznym dla cieczy nienewtonowskiej, rozrzedzanej ścinaniem, której właściwości reologiczne zależą również od czasu ścinania (Lagarrigue i Alvarez, 2001). Przejawia ponadto zjawisko tiksotropii oraz właściwości lepkosprężyste. Kleik skrobiowy może być rozpatrywany jako układ dwufazowy, w którym fazę rozpraszającą stanowi koloidalny roztwór amylozy rozpuszczonej w wodzie, natomiast fazą rozproszoną są fragmenty ziaren złożone głównie z amylopektyny. Właściwości takiego układu zależą od wielu czynników, np. rodzaju i stężenia skrobi, temperatury pomiaru, sposobu przygotowania kleiku, tj. czasu i temperatury ogrzewania zawiesiny (Lagarrigue i Alvarez, 2001). Kleiki skrobiowe o wyższych stężeniach charakteryzują się również obecnością granicy płynięcia przy niskich prędkościach ścinania, a jej wartości zależą od stężenia skrobi, rozkładu wielkości ziaren i ich zdolności pęcznienia, procedury przygotowywania kleiku (Lagarrigue i Alvarez, 2001). Krzywe lepkości kleików badanych skrobi pokazano na rysunku 3. Największymi wartościami lepkości pozornej w badanym zakresie prędkości ścinania charakteryzował się kleik skrobi o najmniejszym stopniu utlenienia, natomiast najmniejszymi — o największym stopniu utlenienia. Potwierdzają to wartości parametrów modelu potęgowego, którego użyto do opisu krzywych eksperymentalnych. Podobnie jak w przypadku charakterystyki kleikowania, największą wartością współczynnika konsystencji, świadczącego o lepkości początkowej, odznaczał się kleik skrobi o najmniejszym stopniu utlenienia. Próbką ta odznaczała się również najniższą wartością wskaźnika płynięcia, co świadczy o największym spadku lepkości wywołanym działaniem sił ścinających. Znacznie mniejsze wartości współczynników konsystencji stwierdzono dla

próbek utlenionych na trzecim i czwartym poziomie, co potwierdza wcześniejsze obserwacje dotyczące lepkości podczas kleikowania (tab. 3).



Rys. 3. Krzywe lepkości kleików skrobi utlenionych. SU1 do SU4 — skrobia utleniona na poziomie od 1 do 4

Fig. 3. Viscosity curves of oxidized starches. SU1 to SU4 — starches oxidized from the first to the fourth level

Tabela 4

Parametry modelu potęgowego opisującego krzywe lepkości kleików skrobiowych
Power law parameters describing viscosity curves of starch pastes

Poziom utlenienia Oxidation level	K (Pa s ⁿ)	n	R ²
1	162,455 ± 1,068	0,29 ± 0,00	0,9866
2	3,369 ± 0,151	0,55 ± 0,00	0,9680
3	0,185 ± 0,008 ^a	0,75 ± 0,00	0,9644
4	0,047 ± 0,005 ^a	0,87 ± 0,02	0,9566

Wartości średnie ± odchylenie standardowe oznaczone takimi samymi literami w poszczególnych kolumnach nie różnią się w sposób statystycznie istotny przy poziomie istotności 0,05

Mean values ± standard deviation signed the same letters in particular columns are not statistically different at significance level of 0.05

Próbki te również odznaczały się znacznie większymi wartościami wskaźnika płynięcia. Tak istotny spadek lepkości związany jest tu z daleko posuniętą depolimeryzacją polimerów skrobiowych. Jednym z czynników mających istotny wpływ na charakterystykę reologiczną kleików skrobiowych jest obecności amylozy w fazie ciągłej. Pycia i in. (2012)

stwierdzili istnienie dodatniej korelacji pomiędzy zawartością amylozy w skrobiach a wartościami współczynników konsystencji oraz ujemnej pomiędzy zawartością amylozy a wartościami wskaźnika płynięcia. Ponieważ w stanie ziarnistym modyfikacja polimerów skrobiowych zachodzi w największym stopniu w obszarach amorficznych, depolimeryzacja w trakcie procesu utleniania dotyczy w dużym stopniu amylozy, co w konsekwencji istotnie wpływa na spadek lepkości kleików i ogranicza jej zdolność do żelowania.

PODSUMOWANIE

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że wraz ze wzrostem ilości zastosowanego czynnika utleniającego wzrastała liczba grup karboksylowych i karbonylowych w skrobi, przy czym otrzymane preparaty skrobi utlenionych, szczególnie na wyższym poziomie, charakteryzowały się istotnie większą zawartością grup karboksylowych niż karbonylowych. Wraz ze wzrostem stopnia utlenienia malały wartości temperatury początku, piku i końca kleikowania, natomiast nie wykazano jednoznacznego wpływu utleniania na wartości entalpii kleikowania. Malały również wartości temperatury kleikowania wyznaczonej viskozymetrycznie. Stwierdzono ponadto, że wraz ze wzrostem stopnia utlenienia kleiki badanych preparatów wykazywały mniejszą lepkość zarówno w fazie ogrzewania, jak i chłodzenia oraz wykazywały właściwości cieczy nienewtonowskich rozrzedzanych ścinaniem, a ich lepkość pozorna malała wraz ze wzrostem stopnia utlenienia.

LITERATURA

- Abbas K. A., Khalil S. K., Hussin A. S. M. 2010. Modified starches and their usages in selected food products: a review study. *J. Agri. Sci.* 2, 2: 90 — 100.
- Ashogbon A. O., Akintayo E. T. 2014. Recent trend in the physical and chemical modification of starches from different botanical sources: a review. *Starch/Stärke* 66: 41 — 57.
- Copeland L., Blazek J., Salman H., Tang M.Ch. 2009. Form and functionality of starch. *Food Hydrocolloid*. 23, 6, 1527 — 1534.
- Emmambux M. N., Taylor J. R. N. 2013. Morphology, physical, chemical, and functional properties of starches from cereals, legumes, and tubers cultivated in Africa: a review. *Starch/Stärke* 65: 715 — 729.
- Forssell P., Hamunen A., Autio K., Suorti T., Poutanen K. 1995. Hypochlorite oxidation of barley and potato starch. *Starch/Stärke* 47: 371 — 377.
- ISO 11214: 1996. Modified Starch – Determination of carboxyl group content of oxidized starch.
- Kuakpetoon D., Wang Y. J. 2006. Structural characteristics and physicochemical properties of oxidized corn starches varying in amylose content. *Carbohydr. Res.* 341: 1896 — 1915.
- Lagarrigue, S., Alvarez, G. 2001. The rheology of starch dispersions at high temperatures and high shear rates: a review. *J. Food Engi.* 50: 189 — 202.
- Leszczyński W. 2006. Zastosowanie skrobi modyfikowanych w przemyśle spożywczym cz. II. Skrobie chemicznie modyfikowane. *Przemysł Piekarski i Cukierniczy* 6: 6 — 8.
- Parker S., Ring S. G. 2001. Aspects of the physical chemistry of starch. *J. Cereal Sci.* 34: 1 — 17.
- Pycia K., Juszcak L., Gałkowska D., Witeczak M. 2012. Physicochemical properties of starches obtained from Polish potato cultivars. *Starch/Stärke* 64: 105 — 144.
- Singh J., Kaur L., McCarthy O. J. 2007. Factors influencing the physico-chemical, morphological, thermal and rheological properties of some chemically modified starches for food applications — a review. *Food Hydrocolloid* 21: 1 — 22.

- Tharanathan R. N. 2005. Starch-value addition by modification. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 45, 371 — 384.
- Wolkowski A., Lewandowicz G. 2008. Skrobie modyfikowane właściwości technologiczne i zakres stosowania. *Przem. Spoż.* 5, 12: 49 — 51.
- Whistler R. L., BeMiller E., Paschall E. F. 1967. *Starch: chemistry and technology*. Academic Press, New York, vol. 2: 620 — 625.
- Wootton M., Bamunuarachchi A. 1979. Application of differential scanning calorimetric to starch gelatinization. Commercial native and modified starches. *Starch/Stärke* 31: 201 — 204.

ANNA BRYŁA**WOJCIECH JUZWA****GRAŻYNA LEWANDOWICZ**

Katedra Biotechnologii i Mikrobiologii Żywności

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Kapsułkowanie soku z ziemniaka w liposomach*

Potato juice encapsulation into liposomes

Sok z ziemniaka jest surowcem o wielokierunkowej aktywności biologicznej obejmującej działanie przeciwwzapalne w obrębie przewodu pokarmowego, działanie antyproliferacyjne w stosunku do komórek nowotworowych żołądka i jelit oraz stymulujące wzrost probiotycznych bakterii *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*, przy jednoczesnym zahamowaniu rozwoju szkodliwych — *Clostridium perfringens* i *E. coli*. Wykorzystanie aktywności biologicznej soku z ziemniaka poprzez zastosowanie go do wzbogacania żywności może być ograniczone przez degradację substancji bioaktywnych wskutek działania światła, tlenu, czy interakcji z innymi substancjami znajdującymi się w matrycy produktu spożywczego. Proponowane rozwiązanie może stanowić zabezpieczenie soku z ziemniaka poprzez kapsułkowanie w liposomach. Celem pracy była ocena przydatności lecytyn różnego pochodzenia biologicznego do nanokapsułkowania hydrolizatu soku z ziemniaka metodą uwadniania cienkiego filmu. W procesie kapsułkowania stosowano sok z ziemniaka zatężony w przez kriokoncentrację, a następnie poddany proteolizie prowadzonej w reaktorze membranowym z ultrafiltracyjnym modulem separacyjnym. Hydrolizat rozcieńczono w zbuforowanym roztworze soli fizjologicznej i kapsułkowano w liposomach. Wytwarzanie liposomów realizowano metodą hydratacji cienkiego filmu. Oznaczano rozkład wielkości liposomów metodą dynamicznego rozpraszania światła oraz ich stabilność poprzez pomiar potencjału ζ . Równocześnie badano morfologię otrzymanych nanokapsulek za pomocą cytometru przepływowego. Ponadto, określono wydajność kapsułkowania soku wewnątrz liposomów. Stwierdzono, że lecytyny sojowa i słonecznikowa mogą być zastosowane do nanokapsułkowania hydrolizatu soku ziemniaczanego. Lecytyna z żółtka jaj, ze względu na niezadawalającą wydajność kapsułkowania nie może być rekomendowana do tego procesu. Najwyższą wydajność kapsułkowania odnotowano przy zastosowaniu lecytyny słonecznikowej, jednak otrzymane liposomy charakteryzowały się niezadawalającą stabilnością. Do nanokapsułkowania hydrolizatu soku z ziemniaka należy rekomendować lecytynę sojową, która umożliwia uzyskanie trwałych liposomów z zadowalającą wydajnością, bez konieczności silnego rozcieńczania hydrolizatu w zbuforowanym roztworze soli fizjologicznej. Wykazano, że tak otrzymana populacja liposomów jest homogeniczna zarówno pod względem wielkości jak i struktury nanokapsulek.

* 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

Redaktor prowadzący: Wojciech Nowacki

Słowa kluczowe: hydrolizat, liposom, nanokapsułka, sok z ziemniaka

The potato juice is a material of various biological activities. It reveals anti-inflammatory effect within gastrointestinal tract, as well as antiproliferative activity against stomach and intestine cancer cells. Moreover, it stimulates the growth of probiotic *Lactobacillus* and *Bifidobacterium*, inhibiting the development of pathogens — *Clostridium perfringens* and *E. coli* at the same time. However, due to the high susceptibility of potato juice bioactive substances to degradation by light, oxygen and possible interaction in the food product, the use of potato juice for food products fortification may be limited. Encapsulation into liposomes may be the solution. The aim of this study was to evaluate the usefulness of lecithin of different biological origins for the encapsulation of potato juice into liposomes by a thin film hydration method. Prior to encapsulation process, potato juice was subjected to cryoconcentration and then to a proteolysis performed in a membrane reactor equipped with an ultrafiltration separation unit. The hydrolysate was diluted in phosphate buffered saline and encapsulated into liposomes. Liposomes were prepared by thin lipid film hydration technique. Size distribution of the obtained particles was determined by dynamic light scattering method as well as was their stability by the ζ potential measurement. At the same time, the nanocapsules morphology was studied by flow cytometry. Additionally, the encapsulation process efficiency was evaluated. It was found that, both sunflower and soya lecithin may be used for potato juice hydrolysate encapsulation into liposomes. Egg yolk lecithin, due to the unsatisfactory encapsulation efficiency cannot be recommended for this purpose. The highest encapsulation yield was observed for sunflower lecithin, but the obtained liposomes were characterized by relatively low stability. Soy lecithin however, provided stable liposomes with a satisfactory efficiency, and without a necessity of a strong dilution of the hydrolysate in a phosphate buffer saline. It was shown that the obtained population of liposomes was homogeneous both in terms of size and structure of the nanocapsules.

Key words: hydrolysate, liposome, nanocapsule, potato juice

WSTĘP

Sok z ziemniaka jest produktem ubocznym powstającym w procesie produkcji skrobi. Pomimo swej wysokiej wartości odżywczej jest uważany za materiał odpadowy, uciążliwy i trudny do zagospodarowania (Lubiewski i in., 2006). Tymczasem sok z ziemniaka jest surowcem o wielokierunkowej aktywności biologicznej. Najszerzej udokumentowane jest działanie przeciwzapalne w obrębie przewodu pokarmowego (Pouvreau i in., 2001; Ruseler-van Embden i in., 2004; Lewandowicz i in., 2014). Jest ono związane z działaniem antyproliferacyjnym w stosunku do komórek nowotworowych żołądka i jelit (Olejnik i in., 2011; Lewandowicz i in., 2012) bądź też ze stymulacją wzrostu probiotycznych bakterii *Bifidobacterium* i *Lactobacillus*, przy jednoczesnym zahamowaniu rozwoju szkodliwych — *Clostridium perfringens* i *E. coli* (Lee, 2005).

Najbardziej naturalnym sposobem wykorzystania aktywności biologicznej soku z ziemniaka wydaje się być jego zastosowanie do wzbogacania żywności (Kowalczewski i in., 2012 b). Jednak część związków bioaktywnych w nim zawartych może ulegać degradacji wskutek działania światła, tlenu, czy interakcji z innymi substancjami znajdującymi się w matrycy produktu spożywczego. Ponadto, przeciwutleniacze są adsorbowane jelitach w niewielkim stopniu, lub degradowane w procesie trawienia (Keller, 2001; Chen i in., 2009). Zwiększenie biodostępności oraz trwałości labilnych składników soku z ziemniaka można osiągnąć przez zakapsułkowanie ich wewnątrz liposomów. Liposomy są to bowiem sztuczne struktury kuliste (pęcherzykowe) zbudowane z

podwójnych warstw fosfolipidowych zawierające wewnątrz fazę wodną i będące również w fazie wodnej zawieszone. Są one nietoksyczne, biokompatybilne oraz charakteryzują się bardzo małymi rozmiarami (w granicach od 20 nm do $> 1\mu\text{m}$). Mogą być zbudowane z jednej lub kilku dwuwarstw fosfolipidowych (Kozubek, 2004). Liposomy są rekomendowane głównie jako nośniki leków i składniki kosmetyków, jednak w ostatnich latach rośnie zainteresowanie zastosowaniem liposomów w wytwarzaniu żywności (Mozafari i in., 2008).

Pierwszy raz liposomy zostały opisane przez Banghama i współpracowników w 1965 roku. Przedstawiono wówczas metodę otrzymywania nanocząstek poprzez uwadnianie cienkiego filmu fosfolipidowego (Bangham i in., 1965). Następnie, opracowano wiele technik zarówno otrzymywania liposomów jak i obróbki mającej na celu redukcję ilości dwuwarstw budujących liposom i ujednolicenie rozkładu rozmiaru otrzymanej populacji. Wśród nich warto wymienić sonikację (Papahadjopoulos i in., 1967), zamrażanie-rozmrażanie (Freezing and Thawing FAT) (Hope i in., 1986), hydratację-dehydratację (Shew i in., 1985). Metoda Banghama (uwadnianie cienkiego filmu fosfolipidowego) jest najprostszą i najczęściej stosowaną techniką otrzymywania liposomów (Meure i in., 2008). W kombinacji z procedurą FAT, pozwala uzyskać stosunkowo jednorodną populację pęcherzyków o zadowalających wartościach wydajności enkapsulacji (Hope i in., 1986).

Ze względu na niewielkie rozmiary liposomów ich badanie jest niezwykle trudne. Klasyczna mikroskopia optyczna jest nieprzydatna ze względu na niewystarczającą rozdzielczość tego typu przyrządów. Konieczne jest zastosowanie mikroskopów elektronowych, przy czym ze względu na ruchy Browna jakim podlegają liposomy najkorzystniejsze rezultaty uzyskuje się przy zastosowaniu techniki transmisyjnej mikroskopii elektronowej w zamrożeniu ciekłym azotem (Khosravi-Darani i in., 2007). Wśród metod fizykochemicznych najbardziej powszechnie stosowane jest badanie mobilności cząstek koloidalnych w polu elektrycznym oraz ich potencjału ζ . (Wagner i in., 2002; Vorauer-Uhl i in., 2002; Jaafar-Maalej i in., 2011). Jest to związane z tym, że źródłem stabilności liposomów w dyspersji wodnej, jest obecność ładunków na powierzchni ich cząstek. Ładunek ten powoduje powstanie atmosfery jonowej podobnej do tej jaka tworzy się wokół jonów. Jony gromadzą się wokół liposomów tworząc podwójną warstwę elektryczną. Promień sfery, która zawiera wewnętrzną, sztywną warstwę jonów, ściśle przylegających do powierzchni liposomów, nazywa się promieniem ścinania. Potencjał elektryczny w odległości równej promieniowi ścinania, liczony względem potencjału w punkcie odległym od cząstki znajdującym się w głębi roztworu, nazwa się potencjałem ζ lub potencjałem elektrokinetycznym (Atkins, 2007). Potencjał ζ nie jest mierzony bezpośrednio, jest natomiast obliczany z zastosowaniem modeli teoretycznych na podstawie pomiarów elektrokinetycznych (Delgado i in., 2005). Generalnie pomiary elektrokinetyczne są źródłem informacji na temat rozmiarów i stabilności cząstek rozproszonych w układach koloidalnych.

Alternatywą dla pomiarów elektrokinetycznych jest zastosowanie do badania liposomów cytometrii przepływowej. Technika ta umożliwia analizę ilościową i jakościową małych obiektów, głównie komórek mikroorganizmów, przepływających przez komorę pomiarową i skanowanych promieniem lasera. Analiza cytometryczna dostarcza informacji

o morfologii obiektów zarówno w aspekcie ich wielkości jak i struktury. Jest to możliwe dzięki równoczesnej rejestracji światła rozproszonego, mierzonego w przedłużeniu promienia lasera (forward scatter channel — FSC) i pod kątem 90° do promienia lasera (side scatter channel — SSC). Dodatkowe informacje można uzyskać dzięki zastosowaniu barwników fluorescencyjnych wykazujących zróżnicowane powinowactwo do poszczególnych elementów strukturalnych komórek. Wyniki badań uzyskane metodą cytometrii przepływowej stanowią konkluzje wynikające z wielowymiarowej analizy statystycznej cech komórek w badanej próbce. Są one zwykle przedstawiane w postaci jedno-, dwu- lub trójwymiarowych histogramów będących graficznym sposobem przedstawiania rozkładu empirycznego cech badanych komórek.

Cytometria przepływowa stosowana do badania liposomów umożliwia oszacowanie ilości fosfolipidu budującego pęcherzyk, ilość zakapsułkowanej substancji, strukturę liposomu, wielkość oraz rozkład tych cech w populacji (Sato i in., 2006).

Tworzenie się, struktura i stabilność powstających liposomów zależą od szeregu czynników związanych zarówno z kapsułkowanym materiałem, rodzajem fosfolipidów tworzących dwuwarstwę oraz warunków środowiskowych takich jak np. pH oraz siła jonowa. Ze względu na wielość czynników decydujących o efektywności procesu nanokapsułkowania w opisanym w pracy eksperymencie zdecydowano o użyciu przetworzonego i wystandaryzowanego surowca jakim jest hydrolizat skoncentrowanego soku z ziemniaka. Za użyciem hydrolizatu przemawiał również fakt iż aktywność biologiczna soku z ziemniaka zwiększa się wskutek hydrolizy frakcji białkowej (Kowalczewski i in., 2012 a).

Celem pracy była ocena przydatności lecytyn różnego pochodzenia biologicznego do nanokapsułkowania hydrolizatu soku z ziemniaka metodą uwadniania cienkiego filmu w kombinacji z procedurą wielokrotnego zamrażania i rozmrażania. Oznaczano efektywność kapsułkowania oraz wielkość, stabilność i jednorodność populacji powstających liposomów.

MATERIAŁY I METODY

Przygotowanie hydrolizatu soku z ziemniaka

Materiał przeznaczony do enkapsulacji stanowił hydrolizat enzymatyczny soku z ziemniaka. Sok ziemniaczany pozyskano z Zakładu Produkcyjnego w Stawie należącego do Wielkopolskiego Przedsiębiorstwa Przemysłu Ziemniaczanego w Luboniu. Surowcem do otrzymywania hydrolizatu był sok pięciokrotnie zatężony w procesie kriokoncentracji, a sam proces hydrolizy enzymatycznej prowadzono w reaktorze membranowym wyposażonym w ultrafiltracyjny moduł separacyjny. Metodyka procesów kriokoncentracji i hydrolizy została opisana przez Lewandowicz i współpracowników (Lewandowicz i in., 2010, 2012). Otrzymany produkt o stężeniu ekstraktu 30,5° Brix był kierowany do bioreaktora III (New Brunswick Scientific Co., Inc. USA) z membraną ceramiczną firmy Tami o punkcie odcięcia 5 kDa i powierzchni filtracyjnej 0,06 m². Ustalono pH na poziomie 8,0, temperaturę 30°C, po czym dodawano enzym Alcalase 2,4L FG. Hydrolizę prowadzono w sposób ciągły.

Przygotowanie liposomów

Do wytworzenia otoczek nanokapsulek liposomowych wykorzystano handlowe lecytyny dostarczone na nośniku skrobiowym: sojową (Soy Lecithin, Adlec), słonecznikową (Lecisol, Hortomex), z żółtka jaja kurzego (l-alfa lecytyna granulowana, Across).

Liposomy wytwarzano metodą uwadniania cienkiego filmu lipidowego (Bangham i in., 1965). W tym celu przyrządzano 1,13% roztwory lecytyn w chloroformie. Następnie rozpuszczalnik organiczny odparowywano na wyparce próżniowej (Laborata 4000 Efficient, Heidolph). Powstały suchy film lipidowy kierowano do procesu uwadniania będącego właściwym etapem formowania nanokapsulek liposomowych.

W celu zachowania właściwej, dla stabilności liposomów siły jonowej środowiska w procesie uwadniania stosowano hydrolizat soku z ziemniaka rozcieńczony w zbuforowanym roztworze soli fizjologicznej, zwyczajowo zwanym buforem PBS $1 \times$ stężonym ($1 \times$ PBS). Stosowano trzy rozcieńczenia: dziesięciokrotne oznakowano jako I, stukrotne jako II i tysiąckrotne jako III. Proces uwadniania prowadzono w temperaturze $T = 20^\circ\text{C}$, w czasie $t = 2$ godz. Ponieważ w procesie uwadniania następowało wytrącanie nośnika skrobiowego, w celu jego oddzielenia od dyspersji liposomowej próby wirowano w czasie $t = 4$ min., przy 2,5 tys. rpm (Mini Spin, Eppendorf), a następnie pobierano supernatant, a osad odrzucano.

W celu ujednolicenia populacji liposomów oraz zmniejszenia liczby dwu warstw fosfolipidowych otrzymane dyspersje poddawano dziesięciu cyklom zamrażania w ciekłym azocie i rozmrażania w łaźni wodnej $T = 20^\circ\text{C}$.

Oznaczenie wydajności kapsułkowania

Do oddzielania liposomów od niezakapsułkowanego hydrolizatu zastosowano metodę opracowaną przez Ruyschaert i in. (2005). Polega ona na oddzielaniu liposomów od substancji niezakapsułkowanych i potencjalnych zanieczyszczeń na drodze chromatografii żelowej. Stosowano złożę Sephadex G75 warunkujące optymalny rozdział przy stosunkowo niskim poziomie strat lipidu (Ruyschaert i in., 2005). Wykorzystano kolumnę chromatograficzną (Pharmacia Fine Chemicals) o objętości 45 cm^3 , równoważoną buforem $1 \times$ PBS. Obecność liposomów w poszczególnych frakcjach weryfikowano poprzez pomiar absorbancji za pomocą spektrofotometru (Specord 205, Analytic Jena) przy długości fali $\lambda = 340\text{ nm}$ umożliwiającej ocenienie stopnia zmętnienia próbek.

W celu wyznaczenia wydajności kapsułkowania przeprowadzono analizy metodą UV-Vis przy długości fali $\lambda = 420\text{ nm}$ odpowiadającej maksimum absorpcji hydrolizatu soku z ziemniaka. Oznaczono absorbancję dla każdej z frakcji uzyskanej na drodze filtracji żelowej. Stosunek sumy wartości absorbancji frakcji bogatych w liposomy do sumy wartości absorbancji wszystkich frakcji, wyrażona w procentach, odpowiadała wydajności procesu enkapsulacji.

Elektrokinetyczne oznaczanie rozmiarów i stabilności liposomów

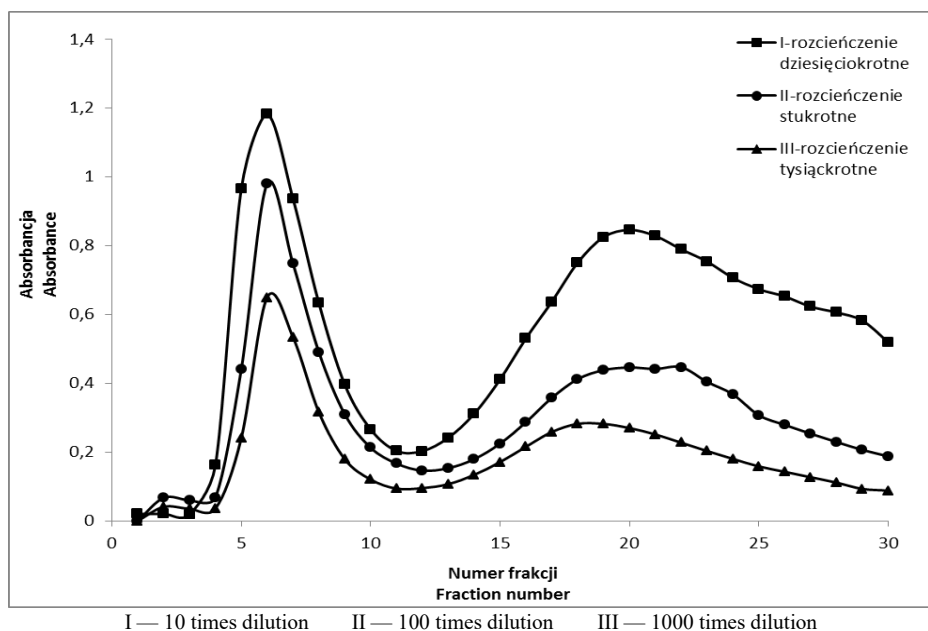
Połączone frakcje zawierające liposomy badano metodą dynamicznego rozpraszania światła (DLS-Dynamic Light Scattering) z wykorzystaniem aparatu Nano Series, Zeta Potential Analyzer. W analizie wyników zastosowano oprogramowanie stanowiące integralne wyposażenie analizatora i dostarczane przez producenta.

Cytometria przepływowa

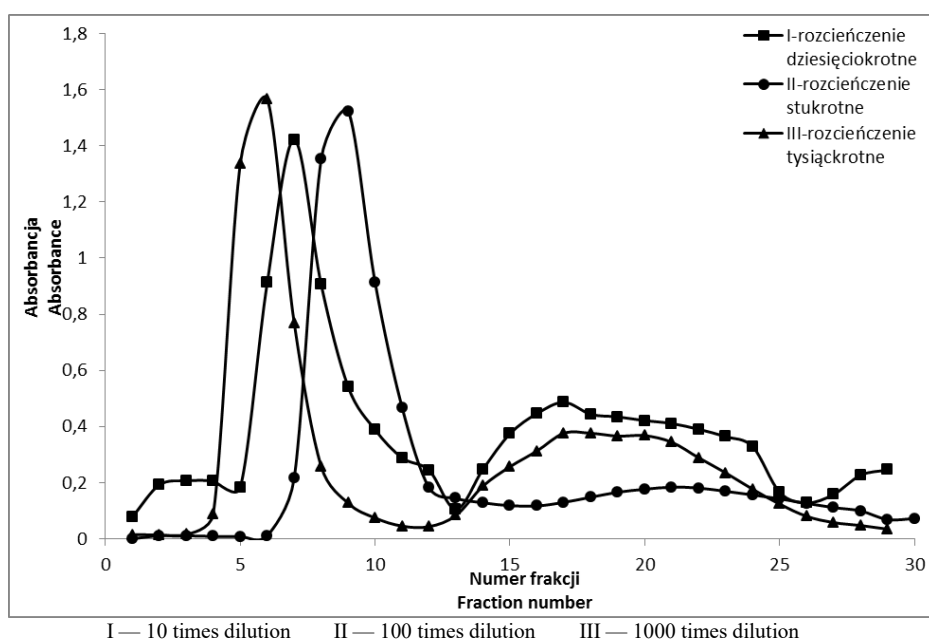
Do badań wykorzystano cytometr przepływowy z sorterem komórkowym BD FACS AriaTMIII firmy Becton Dickinson. Zastosowano barwniki fluorescencyjne: Thiazole Orange (TO, Sigma Aldrich) oraz DID (Lipophilic Carbocyanine DiIC₁₈, Vybrant® Multicolor Cell-Labeling Kit DiD). Stanowią one unikalną kombinacji fluorochromów: wnikaącego do wnętrza liposomów TO (wykazującego zieloną fluorescencję) oraz wiążącego się z dwuwarstwą fosfolipidową DiD (charakteryzującego się czerwoną fluorescencją). Celem wybarwienia badanych obiektów pobierano 5 μ l DID na 1 ml próby i inkubowano przez 30 min w 37°C. Następnie, próby trzykrotnie wirowano przez $t = 4$ min, 4 tys. rpm każdorazowo płucząc zawiesinę liposomów roztworem $1 \times$ PBS. Przygotowywano 1 μ M roztwór TO w DMSO. Dodano 2 μ l roztworu TO na 1 ml próby i inkubowano 10 min w 37°C (Thermomixer Compact, Eppendorf).

WYNIKI I DYSKUSJA

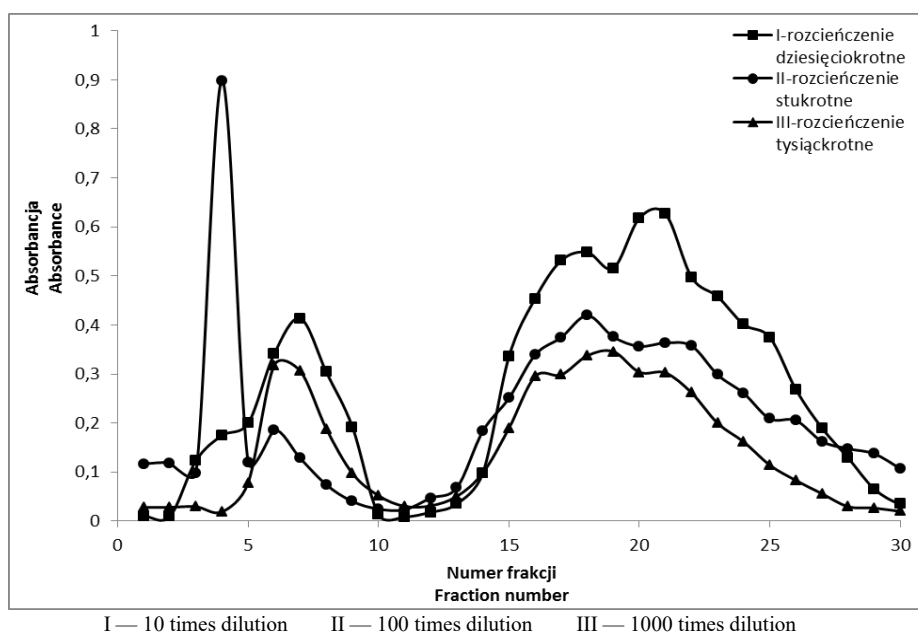
Przeprowadzone analizy z zastosowaniem filtracji żelowej (rys. 1–3), pozwoliły na zweryfikowanie czy w zastosowanym procesie uwodnienia cienkiego filmu trzech różnych lecytyn następuje formowanie liposomów.



Rys. 1. Zmętnienie frakcji prób uzyskanych z lecytyny sojowej
Fig. 1. Turbidity of the fractions for soy lecithin samples



Rys. 2. Zmętnienie frakcji prób uzyskanych z lecytyny słonecznikowej
Fig. 2. Turbidity of the fractions for sunflower lecithin samples



Rys. 3. Zmętnienie frakcji prób uzyskanych z lecytyny z żółtka jaja kurzego
Fig. 3. Turbidity of the fractions for egg yolk lecithin Samales

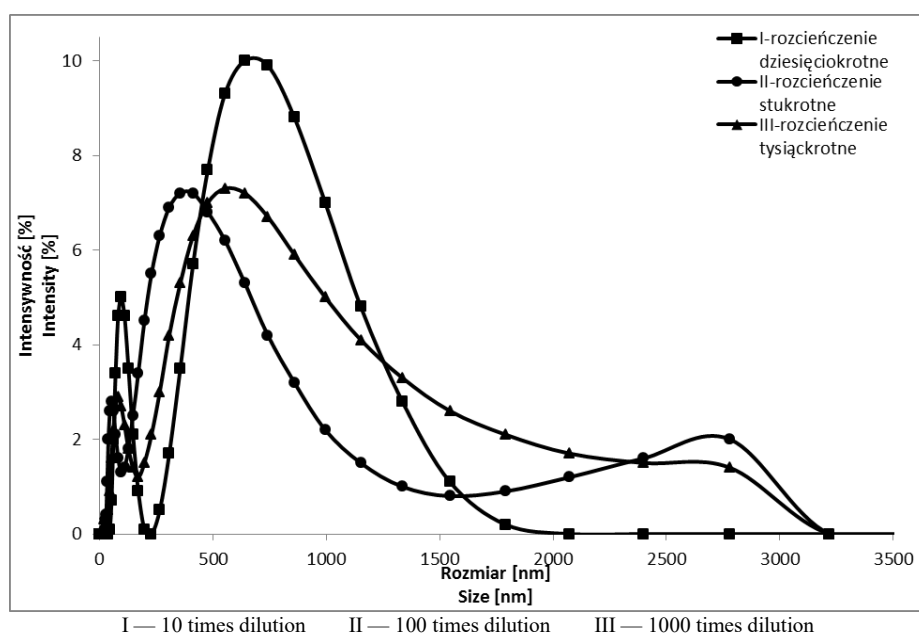
Zastosowana metodyka pomiaru (Ruysschaert i in., 2005) powodowała iż cząstki były eluowane z kolumny w zależności od rozmiaru: od największych, do najmniejszych, a pik pojawiający się na wykresach dla frakcji 5–10 odpowiada obecności liposomów. Wyższe wartości absorbancji dla frakcji >15 sugerują obecność niezakapsułkowanego hydrolizatu. Obliczone wartości wydajności kapsułkowania (tab. 1) wskazują, że najbardziej efektywnie proces ten przebiegał w przypadku lecytyny słonecznikowej. Wydajność kapsułkowania z zastosowaniem lecytyny słonecznikowej była około dwukrotnie wyższa niż dla lecytyny sojowej. W przypadku lecytyny z żółtka jaja wydajność była bardzo niska, zwłaszcza w przypadku bardziej stężonych roztworów hydrolizatu (próby I i II). Otrzymane wartości wydajności kapsułkowania z użyciem lecytyn sojowej, a zwłaszcza słonecznikowej, należy uznać za zadowalające ponieważ odpowiadają danym najczęściej przytaczanym w literaturze (Charcosset i in., 2005 oraz Jaafar-Maalej i in., 2005).

Tabela 1

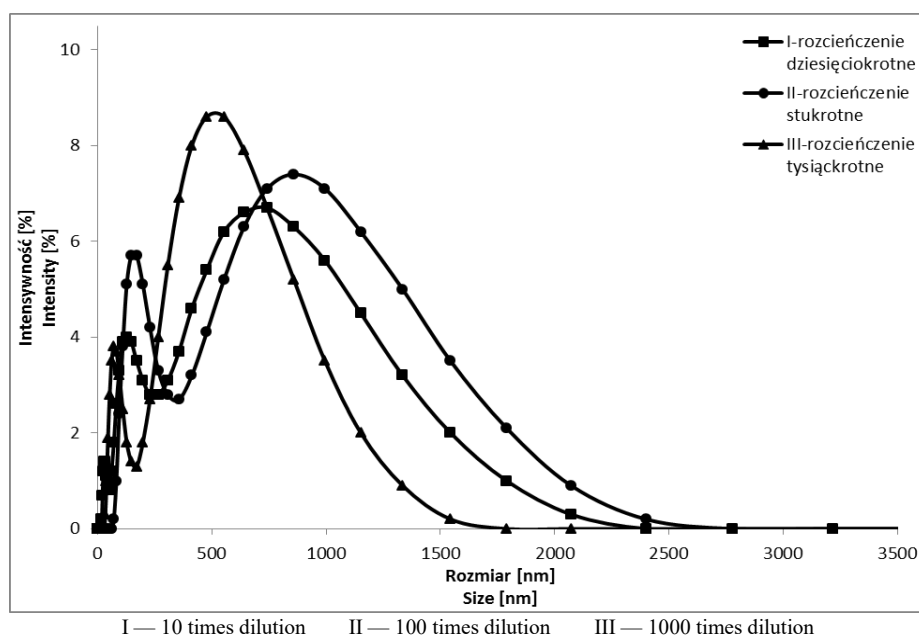
Podstawowa charakterystyka populacji liposomów
The liposomes populations basic characteristics

Pochodzenie lecytyny Origins of lecithin	Rozcieńczenie Dilution	Liczba zliczeń (kcps) Numer of counts (kcps)	Średni rozmiar (nm) Average size (nm)	Indeks polidispersyjności PDI Polydispersity index (PDI)	Potencjał Zeta (mV) ζ potential (mV)	Wydajność kapsułkowania (%) Encapsulation efficiency (%)
Soja Soybean	I	149,4	493,6	0,637	-31,2	36,11
	II	95,9	444,7	0,579	-30,5	33,18
	III	55,5	554,0	0,622	-30,9	29,43
Słonecznik Sunflower	I	118,3	413,2	0,587	-19,8	62,70
	II	216,6	550,0	0,539	-21	72,20
	III	223,2	387,6	0,614	-21,2	52,89
Żółtko jaja kurzego Egg yolk	I	23,0	229,2	0,475	-22,9	3,72
	II	9,4	223,9	0,475	-27,5	2,32
	III	26,2	426,4	0,958	-28,9	14,55

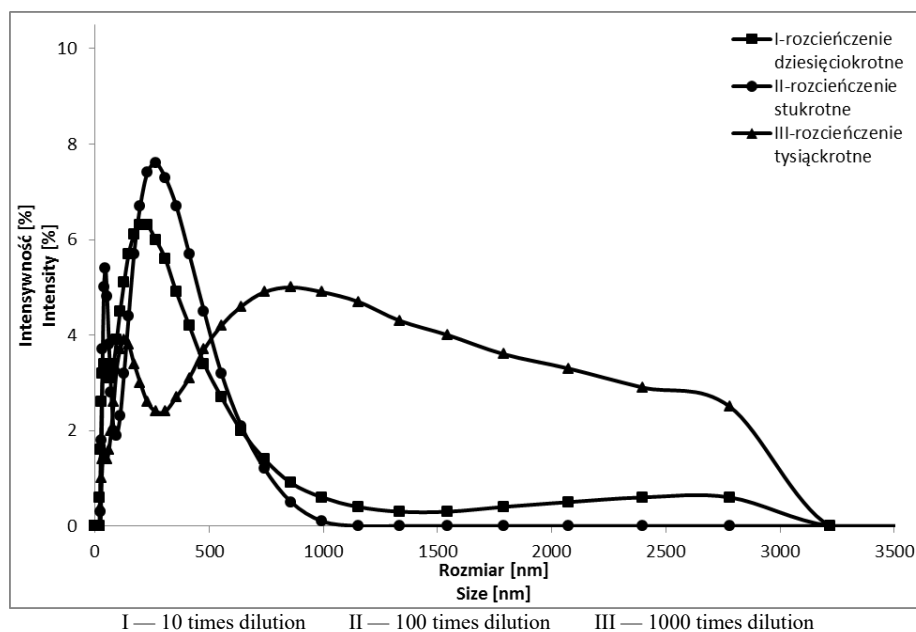
Pomimo iż wydajność kapsułkowania z zastosowaniem lecytyny żółtka jaja była niezadowalająca, do elektrokinetycznych badań stabilności liposomów zostały skierowane frakcje 5–10, zawierające liposomy. Wyniki przedstawiono na rysunkach 4–6 oraz w tabeli 1. W analizie danych przedstawionych graficznie należy wziąć pod uwagę, że intensywność sygnału uzyskana z aparatu ZetaSizer nie zależy głównie od ilości cząstek obecnych w analizowanej próbce ale od ich wielkości. Stąd na rys. 4–6 możemy zaobserwować bardzo intensywne piki w zakresie powyżej 500 nm pomimo iż średnie wartości rozmiarów cząstek, obliczone przez oprogramowanie aparatu ZetaSizer, przytoczone w tabeli 1 mieszczą się w granicach 230–550 nm. Obecność pików w zakresie powyżej 500 nm świadczy jedynie o obecności większych cząstek, niekorzystnie wpływających na jednorodność populacji liposomów. Na podstawie danych literaturowych, można wnioskować, że otrzymano głównie liposomy typu LUV (z ang. Large Unilamellar Vesicles) osiągające rozmiary >100 nm i zbudowane z jednej dwuwarstwy fosfolipidowej oraz DBV (z ang. Double Bilayer Vesicles) również osiągające rozmiary >100 nm, ale zbudowane z dwóch dwuwarstw fosfolipidowych (Kozubek, 2004). Oprócz głównej populacji zawierającej liposomy, zaobserwowano obecność drobnych zanieczyszczeń i większych cząstek (rys. 4–6).



Rys. 4. Rozkład rozmiaru w populacji liposomów w lecytyny sojowej
Fig 4. Size distribution for soy lecithin liposomes population



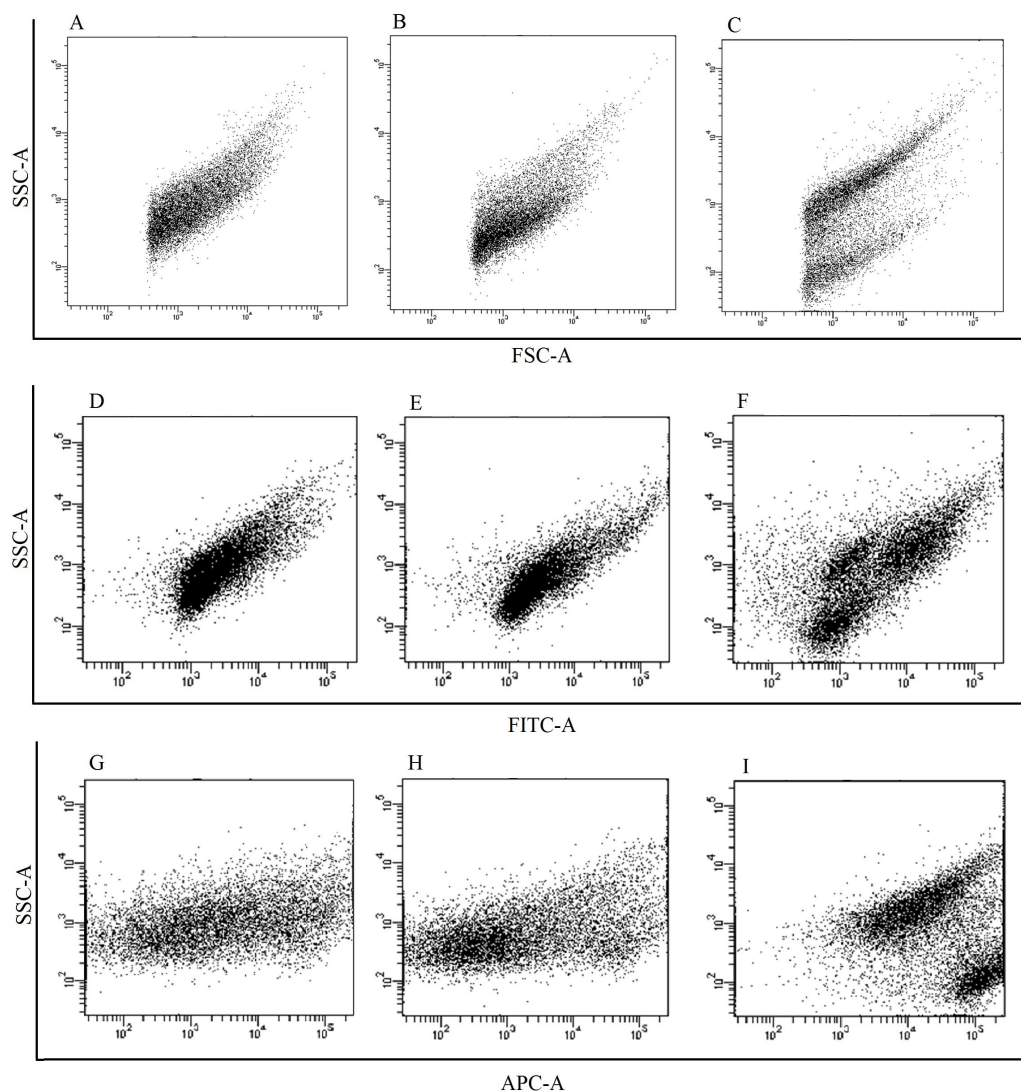
Rys. 5. Rozkład rozmiaru w populacji liposomów w lecytyny słonecznikowej
Fig. 5. Size distribution for sunflower lecithin liposomes population



Rys. 6. Rozkład rozmiaru w populacji liposomów w lecytyny z żółtka jaja kurzego
 Fig. 6. Size distribution for egg yolk lecithin liposomes population

Bardzo ważnym parametrem oceny procesu kapsułkowania jest wartość potencjału ζ , ponieważ określa on stabilność układu koloidalnego. Im wyższa bezwzględna wartość potencjału ζ , tym większa stabilność dyspersji. W tym aspekcie najlepszą okazała się lecytyna sojowa, ponieważ bezwzględne wartości potencjału ζ , bez względu na stopień rozcieńczenia hydrolizatu soku z ziemniaka były powyżej 30. Odpowiada to danym najczęściej przytaczanym w literaturze (Charcosset i in., 2005; Jaafar-Maalej i in., 2005). Sugeruje się, że poprzez modyfikację składu otoczki liposomów oraz optymalizację warunków procesu można dążyć do dalszego podwyższenia tych wartości (Wagner i in., 2006). W przypadku lecytyny słonecznikowej bezwzględne wartości potencjału ζ były najniższe. Jest to prawdopodobnie związane z bardzo wysoką wydajnością procesu. Należy zwrócić uwagę, że wartość potencjału ζ liposomów wytworzonych z lecytyny sojowej była najwyższa w przypadku najbardziej stężonego roztworu hydrolizatu (wariant I), co wskazuje na szczególną przydatność tego surowca do nanokapsułkowania. Biorąc to pod uwagę jak również wydajność procesu kapsułkowania i jednorodność populacji liposomów oraz ich trwałość do badań metodą cytometrii przepływowej skierowano jedynie liposomy z lecytyny sojowej.

Wyniki uzyskane z zestawienia sygnałów otrzymanych z FSC, SSC (detektorów światła rozproszonego) oraz obydwu detektorów zielonej i czerwonej fluorescencji (rys. 7A, D, G) wskazują, że najbardziej homogeniczną zarówno pod względem struktury jak i rozmiaru była populacja liposomów uzyskana w wyniku kapsułkowania najbardziej stężonego roztworu hydrolizatu (rozcieńczenie I, rys. 7 A).



Rys. 7. Dwuwymiarowe histogramy populacji liposomów otrzymanych z użyciem lecytyny sojowej

A, B, C — rozcieńczenie I; D, E, F, — rozcieńczenie II, G, H, I, — rozcieńczenie III

SSC-A — boczny detektor światła rozproszonego

FSC-A — przedni detektor światła rozproszonego

FITC-A — sygnał zielonej fluorescencji

APC-A — sygnał czerwonej fluorescencji

Fig. 7. Two dimensional histograms of population of liposomes obtained using soy lecithin

A, B, C — dilution I; D, E, F, — dilution II, G, H, I, — dilution III

SSC-A — Side Scatter Channel

FSC-A — Forward Scatter Channel

FITC-A — green fluorescence signal

APC-A — red fluorescence signal

Tylko nieco gorszą homogennością charakteryzowała się populacja liposomów otrzymana w wyniku kapsułkowania stukrotnie rozcieńczonego hydrolizatu (rozcieńczenie II, rys. 7D). Kapsułkowanie najsilniej rozcieńczonego soku skutkowało powstaniem dwóch populacji różniących się przede wszystkim strukturą (rozcieńczenie III, rys. 7G). Intensywność zielonej fluorescencji, rejestrowanej przez detektor zielonej fluorescencji (FITC-A) (rys. 7B, E, H) jest ściśle uzależniona od stopnia wybarwienia analizowanych cząstek fluorochromem TO. Barwnik ten wykazuje powinowactwo do wody, zatem sygnał będzie tym silniejszym, im więcej przestrzeni wodnej w liposomie. Silny, skoncentrowany sygnał obserwowano dla rozcieńczenia I (rys. 7 B) co świadczy o występowaniu cząstek o zbliżonej ilości przedziałów oraz ilości zakapsułkowanego hydrolizatu. Mniejszy, ale także skoncentrowany sygnał odnotowano dla rozcieńczenia II (rys. 7 E). W przypadku kapsułkowania najbardziej rozcieńczonego hydrolizatu (rozcieńczenie III, rys. 7 H) zaobserwowano trzy populacje o różnej wielkości i intensywności, co świadczy iż powstały wówczas liposomy o odmiennej strukturze i o odmiennej ilości dwuwarstw fosfolipidowych (rys. 7 H). Obserwacje te są w zgodzie z otrzymanymi wartościami wydajności procesu enkapsulacji największymi odpowiednio dla próby wariantu I, II i III (tab. 1).

Stopień intensywności sygnału czerwonej fluorescencji (APC-A), wskazuje na ilość fosfolipidu w cząstce, ponieważ barwnik ten wykazuje powinowactwo do lipidów. Przeprowadzona analiza wskazuje, że w przypadku najniższego rozcieńczenia hydrolizatu (rozcieńczenie I, rys. 7 C) uzyskano najbardziej homogeniczną populację liposomów. Rozcieńczenie II (rys. 7 F) wykazywało podobny rozkład ilości fosfolipidu w populacji liposomów. Należy zauważyć, że w obydwu przypadkach zaobserwowano szeroki rozrzut cech w ramach populacji (rys. 7 C i F). W przypadku najsilniejszego rozcieńczenia kapsułkowanego hydrolizatu soku z ziemniaka zaobserwowano występowanie dwóch odrębnych populacji, różniących się zawartością fosfolipidu (rys. 7 I). Podsumowując wyniki badania metodą cytometrii przepływowej należy stwierdzić, że potwierdzają one wnioski uzyskane z badań elektrokinetycznych wskazując równocześnie, że najlepsze rezultaty uzyskuje się w przypadku słabo rozcieńczonego hydrolizatu soku ziemniaczanego.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że:

- lecytyny sojowa i słonecznikowa mogą być zastosowane do nanokapsułkowania hydrolizatu soku ziemniaczanego;
- lecytyna z żółtka jaj, ze względu na niezadowalającą wydajność kapsułkowania nie może być rekomendowana do tego procesu;
- najwyższą wydajność kapsułkowania odnotowano przy zastosowaniu lecytyny słonecznikowej, jednak otrzymane liposomy charakteryzowały się niezadowalającą stabilnością;
- do nanokapsułkowania hydrolizatu soku z ziemniaka należy rekomendować przede wszystkim lecytynę sojową, która umożliwia uzyskanie trwałych liposomów z

zadowalającą wydajnością, bez konieczności silnego rozcieńczania hydrolizatu w zbuforowanym roztworze soli fizjologicznej. Wykazano, że tak otrzymana populacja liposomów jest homogeniczna zarówno pod względem wielkości, jak i struktury nanokapsulek.

LITERATURA

- Atkins W. A. *Chemia fizyczna*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2007.
- Bangham A. D., Standish M. M., Watkins J. C. 1965. Diffusion of univalent ions across the lamellae of swollen phospholipids. *J Mol Biol.* 13 (1): 238 — 252.
- Charcosset C., El-Harati A., Fessi H. 2005. Preparation of solid lipid nanoparticles using a membrane contactor, *J of Controlled Release*, 108: 112 — 120.
- Chen Y., Lu Y., Chen J., Lai J., Sun J., Hu F., Wu W. 2009. Enhanced bioavailability of the poorly water-soluble drug fenofibrate by using liposomes containing a bile salt, *Int. J. Pharm.* 376: 153 — 160.
- Delgado A.V., González-Caballero F., Hunter R.J., Koopal L.K., Lyklema J. 2005. Measurement and interpretation of electrokinetic phenomena (IUPAC Technical Report). *Pure & Applied Chemistry* 77 (10): 1753 — 1805.
- Hope M. J., Bally M. B., Webb G., Cullis P. R. 1985. Production of large unilamellar vesicles by a rapid extrusion procedure. characterization of size, distribution, trapped volume and ability to maintain a membrane potential. *Biochim Biophys Acta* 812: 55 — 65.
- Jaafar-Maalej C., Charcosset C., Fessi H. 2011. A new method for liposome preparation using a membrane Contactor. *J. Liposome Res.* 21 (3): 213 — 220.
- Keller B.C. 2001. Liposomes in nutrition. *Trends Food Sci. Tech.* 12: 25 — 31.
- Khosravi-Darani K., Pardekhty A., Homerpishek H., Rao M., Mozafari M. R. 2007. The role of high-resolution imaging in the evaluation of nanosystems for bioactive encapsulation and targeted nanotherapy. *Micron.* 38: 804 — 818.
- Kowalczewski P., Celka K., Białas W., Lewandowicz G. 2012a. Antioxidant activity of potato juice. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 11 (2): 175 — 181.
- Kowalczewski P., Lewandowicz G., Makowska A., Olejnik A., Obuchowski W. 2012b. Charakterystyka ekstrudowanych przekąsek zbożowych zawierających sok z ziemniaka. *Biul. IHAR* 266: 319 — 329.
- Kozubek A. 2004. Wstęp do technologii liposomowej. Wrocław. Dostępne na: <http://www.ibmb.uni.wroc.pl/studia/liposomes.pdf>.
- Lee, H. S. 2005. Clinical effects of intake of Juice valley and Gogu valley towards fecal microflora of healthy human volunteers. *Food Sci. Biotechnol.* 14: 540 — 542.
- Lewandowicz G., Leja K., Lubiewski Z., Białas W., Dembczyński R. 2010. Wpływ obróbki wstępnej soku ziemniaczanego na przebieg hydrolizy enzymatycznej frakcji białkowej w reaktorze membranowym. W: *Membrany i Procesy Membranowe w Ochronie Środowiska. Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska* vol. 65: 363 — 371.
- Lewandowicz G., Kowalczewski P., Białas W., Olejnik A., Rychlik J. 2012. Rozdział frakcji soku ziemniaczanego różniących się masą cząsteczkową i charakterystyka ich aktywności biologicznej. *Biul. IHAR* 266: 331 — 344.
- Lewandowicz G., Kowalczewski P., Olejnik A., Jodynis-Liebert J., Kujawska M., Lesiecki M. 2014. Sposób otrzymywania preparatu z soku ziemniaka oraz jego zastosowanie. Zgłoszenie Patentowe PL nr P.406918 z dnia 24.01.2014.
- Lubiewski Z., Śmigielska H., Lewandowicz G., Balcerek W. 2006. Charakterystyka odcieku po koagulacji białka pozyskiwanego w toku kampanii krochmalniczej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 511: 617 — 626.
- Meure L. A., Foster N. R., Dehghani F. 2008. Conventional and dense gas techniques for the production of liposomes: a review. *AAPS Pharm Sci. Tech.* 9 (3): 789 — 809.
- Mozafari M. R., Khosravi-Darani K., Borazan G. G., Cui J., Pardakhty A., Yurdugul S. 2008. Encapsulation of food ingredients using nanoliposome technology. *International Journal of Food Properties*, 11: 833 — 844.

- Olejniak A., Białas W., Tomczyk J., Lewandowicz G. 2011. Cytotoksyczność i genotoksyczność soku z ziemniaka. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Poznaniu* 205: 118 — 125.
- Papahadjopoulos D., Miller N. 1967. Structural characteristics of hydrates liquid crystals. *BBA*. 75067: 624 — 638.
- 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 puritis, Patent USA 6:723,354.
- Ruysschaert T., Marque A., Duteyrat J. L., Lesieur S., Winterhalter M., Fournier D. 2005. Liposomes retention in size exclusion chromatography. *BMC Biotechnology* 5 (11).
- Sato K., Obinata T., Sugawara, Urabe I., Yomo T. 2006. Quantification of structural properties of cel-sized individual liposomes by flow cytometry. *J Biosci Bioeng*, 102 (3): 171 — 178.
- Shew. R. L., Deamer D. W. 1985. A novel method for encapsulation of macromolecules in liposomes. *Biochem. Biophys. Acta* 816: 1 — 8.
- Wagner A, Vorauer-Uhl K., Katinger H. 2002. Liposomes produced in a pilot scale: production, purification and efficiency aspects, *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 54: 213 — 219.
- Wagner A., Platzgummer M., Kreismayr G., Quendler H., Stiegler G., Ferko B., Vecera G., Vorauer-Uhl K., Katinger H. 2006. GMP Production of liposomes-a new industrial approach. *J Liposome Res.* 16: 311 — 319.
- Vorauer-Uhl K., Wagner A., Katinger H. 2002. Long term stability of rh-Cu/Zn-superoxide dismutase (SOD)-liposomes prepared by the cross-flow injection technique following International Conference on Harmonisation (ICH)-guidelines. *Eur. J. Pharm. Biopharm.* 54: 83 — 87.

MAGDA ANIOŁOWSKA**AGNIESZKA KITA**Katedra Technologii Rolnej i Przechowywania
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wpływ temperatury smażenia i stopnia degradacji medium smaźalniczego na jakość chipsów ziemniaczanych*

Influence of frying temperature and degree of oil degradation on the quality of potato chips

Celem pracy było określenie wpływu temperatury smażenia i stopnia degradacji medium smaźalniczego na jakość otrzymanych chipsów ziemniaczanych. Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmiany Lady Rosetta. Bulwy po umyciu, pokrojono na plasterki o grubości 1 mm, wypłukano w zimnej wodzie i po osuszeniu na bibule smaźono w oleju palmowym o trzech temperaturach: 150, 165 i 180°C. Smaźenie prowadzono w 30 minutowych cyklach przez 8 godzin dziennie w ciągu pięciu kolejnych dni. Łączny czas ogrzewania oleju wynosił 40 godzin. W chipsach smaźonych w oleju świeżym i o różnym stopniu degradacji (po 8, 16, 24, 32 i 40 h) oznaczano: wilgotność - metodą suszarkową, zawartość tłuszczu - metodą ekstrakcyjną Soxhleta, konsystencję - metodą obiektywną przy użyciu aparatu Instron 5544, barwę - metodą obiektywną przy użyciu spektrofotometru Minolta typ CM-5 oraz przeprowadzono ocenę organoleptyczną: barwy, smaku, zapachu i konsystencji. Wraz z obniżaniem temperatury smażenia, niezależnie od stopnia degradacji oleju smaźalniczego, chipsy chłoniły większe ilości tłuszczu. Największą twardością charakteryzowały się chipsy smaźone w oleju o temperaturze 165°C odznaczające się najkorzystniejszą konsystencją. Najciemniejszą barwą charakteryzowały się chipsy smaźone w najwyższej temperaturze (180°C). Smaźenie w tej temperaturze wpłynęło na pogorszenie smaku i zapachu chipsów smaźonych w kolejnych godzinach doświadczenia. Optymalnymi cechami sensorycznymi charakteryzowały się chipsy smaźone w oleju o temperaturze 165°C.

Słowa kluczowe: barwa, chipsy ziemniaczane, konsystencja, stopień degradacji oleju, temperatura smażenia, zawartość tłuszczu

The aim of the study was to evaluate the effect of frying temperature and degree of oil degradation on the quality of potato chips. Potato tubers of cv. Lady Rosetta were the material used for the research. After washing, potato tubers were cut into 1.0 mm thick slices, washed in cold water and, after drying

* Praca naukowa współfinansowana ze środków NCN w ramach projektu badawczego nr 2012/05/N/NZ9/01508

(paper towels), fried in palm oil at three temperatures: 150, 165 and 180°C. Frying was conducted in 30 minutes cycles for eight hours per day. Total oil heating time was 40 hours. In potato chips fried in fresh and degraded oil (after 8, 16, 24, 32 and 40 h) the following parameters were determined: moisture content — by gravimetric method, fat content — by a Soxhlet extraction method, texture — by an objective method using Instron 5544 apparatus, colour — by an objective method using Minolta spectrophotometer type CM-5 and organoleptic assessment involving: colour, flavour, odor and texture. With decreasing frying temperature, regardless of the degree of frying oil degradation, the chips absorbed higher amount of fat. Potato chips fried in oil at temperature of 165°C exhibited the hardest consistency. The darkest colour characterized chips fried in oil at highest temperature (180°C). Frying at this temperature resulted in the deterioration of flavour and odor of chips fried in oil in the subsequent hours of frying. The chips fried at 165°C were of optimal sensory qualities.

Key words: colour, degree of oil degradation, fat content, frying temperature, potato chips, texture

WSTĘP

Chipsy ziemniaczane należą do popularnych smażonych przekąsek ziemniaczanych charakteryzujących się chrupką konsystencją oraz specyficznym smakiem i zapachem. Otrzymywane są z cienkich plasterków ziemniaka (o grubości od 1 do 2 mm) smażonych w tłuszczu lub oleju do odpowiednio niskiej wilgotności (poniżej 2%) (Smith, 1987). Ich jakość uzależniona jest zarówno od czynników surowcowych jak i technologicznych związanych w dużej mierze z przebiegiem procesu smażenia. Do wyróżników jakościowych chipsów należą: zawartość tłuszczu, konsystencja, barwa oraz smak i zapach. Prawidłowo usmażone chipsy charakteryzują się wysoką zawartością tłuszczu (33–39%) (Lusas i Rooney, 2002). Chipsy o niższej zawartości tłuszczu otrzymywane są w wyniku modyfikacji technologii, między innymi poprzez zwiększenie grubości plasterków ziemniaka lub wprowadzenie procesu odtuszczania (polegającego na usuwaniu części tłuszczu znajdującego się na powierzchni chipsów opuszczających smaźalnik). Z kolei chipsy o wyższej zawartości tłuszczu otrzymywane są z surowca o zbyt niskiej zawartości suchej masy lub gdy smażenie przebiega w zbyt niskiej temperaturze (Lisińska i Leszczyński, 1989). Innym czynnikiem wpływającym na absorpcję tłuszczu może być rodzaj oraz stopień degradacji medium smaźalniczego (Banks i Lusas, 2002).

Ilość zaadsorbowanego tłuszczu podczas smażenia wpływa na pozostałe wyróżniki jakościowe chipsów. Konsystencja chipsów powinna być chrupka i delikatna, bez wyczuwalnej twardości (Choe i Min, 2007). Chipsy, które wchłoną zbyt dużo tłuszczu (powyżej 40%) cechują się mazistą i oleistą konsystencją, natomiast są zbyt mało twarde i mało chrupkie (Kita, 2006).

Kolejnym wyróżnikiem jakościowym chipsów jest barwa, która zaraz po usmażeniu powinna być jasna, od białej do żółtej (w zależności od naturalnej barwy mięszu bulw), bez przebarwień i ciemnych plam. Barwa chipsów uzależniona jest przede wszystkim od zawartości cukrów redukujących w surowcu, których ilość nie powinna przekraczać 0,1% (Lisińska i Leszczyński, 1989). Innym czynnikiem kształtującym barwę może być rodzaj oraz jakość (stopień degradacji) tłuszczu smaźalniczego. Produkty przemian termooksydacyjnych tłuszczu wpływają na pociemnienie barwy medium smaźalniczego, a przez to i smażonych produktów.

Smak i zapach chipsów związany jest z cechami obu surowców — ziemniaka i tłuszczu smaźalniczego, i powinien być ziemniaczano-olejowy (Kita, 2012). W zależności od rodzaju tłuszczu chipsy charakteryzują się nieco odmiennym smakiem, który jednakże powinien charakteryzować się cechami świeżego tłuszczu. Produkty degradacji, a zwłaszcza reakcji utleniania, znacząco wpływają na zmianę tych wyróżników jakościowych (Saguy i Dana, 2003). Stąd też jako media smaźalnicze często stosowane są tłuszcze o zwiększonej stabilności oksydatywnej i odporności na degradację, a przy tym o neutralnych cechach sensorycznych, które nie mają bezpośredniego wpływu na cechy produktu. Do takich tłuszczów można zaliczyć olej palmowy i jego frakcje, zwłaszcza oleinowe.

Celem pracy było określenie wpływu temperatury smażenia i stopnia degradacji medium smaźalniczego na jakość otrzymanych chipsów ziemniaczanych.

MATERIAŁ I METODY

Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmiany Lady Rosetta (typowej do produkcji chipsów). Z ziemniaków pokrojonych na plasterki sporządzono chipsy ziemniaczane, które smażono w rafinowanym oleju palmowym o trzech różnych temperaturach. Zarówno ziemniaki, jak i olej zostały pobrane bezpośrednio z zakładu produkującego chipsy ziemniaczane.

Bulwy ziemniaków po umyciu pokrojono na plasterki o grubości 1 mm przy użyciu szatkownicy do warzyw (Robot Coupe, typ CL50 E). Plasterki po opłukaniu w zimnej wodzie i osuszeniu na bibule, smażono w oleju palmowym podgrzanym do temperatury 150, 165 i 180°C. Smażenie prowadzono w smaźalnikach o pojemności 4 dm³ (Beckers, Włochy) stosując wsad smaźalniczy w ilości około 100 g plasterków. Chipsy smażono w 30 minutowych cyklach (ok. 4 minuty — smażenie, 26 minut — ogrzewanie oleju) przez 8 godzin dziennie w ciągu kolejnych pięciu dni. Czas smażenia dla każdego wariantu temperaturowego wyznaczono eksperymentalnie, tak aby uzyskać chipsy o wilgotności do 2% (PN-A-74780). Chipsy smażone w oleju świeżym oraz o różnym stopniu degradacji (po 8, 16, 24, 32 i 40 h), po ostudzeniu pakowano w opakowania z folii metalizowanej i przechowywano w temperaturze pokojowej do dalszych analiz. Doświadczenie smaźalnicze przeprowadzono w dwóch powtórzeniach technologicznych, a prezentowane wyniki są średnimi z powtórzeń.

W otrzymanych chipsach oznaczano: wilgotność — metodą suszarkową (AOAC) i 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 20 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”. Parametr „L”

opisuje jasność barwy, „a” przedstawia udział barwy czerwonej lub zielonej, natomiast „b” – udział barwy żółtej lub niebieskiej (Frydecka-Mazurczyk i Zgórska, 2002).

Różnicę barwy (ΔE) obliczono według wzoru:

$$\Delta E = \sqrt{(L_0 - L_n)^2 + (a_0 - a_n)^2 + (b_0 - b_n)^2},$$

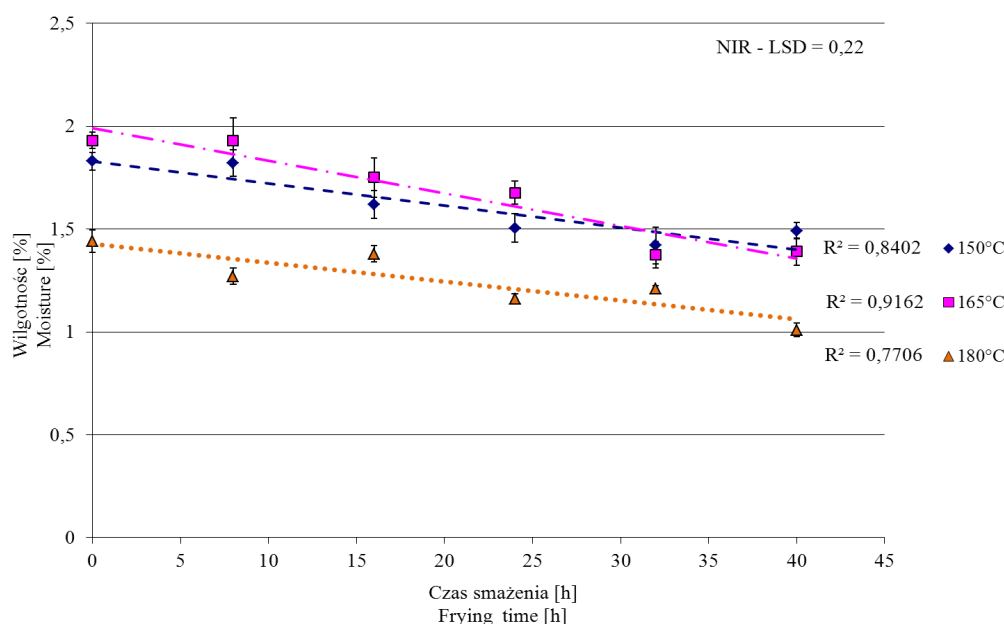
gdzie L_0 , a_0 , b_0 — parametry oleju świeżego, L_n , a_n , b_n — parametry oleju po „n” godzinach smażenia.

Chipsy poddano również ocenie organoleptycznej oceniając barwę, smak, zapach i konsystencję wg 5-punktowej skali ocen (1 — ocena najgorsza, 5 — ocena najwyższa) (PN-A-74780). Oceny sensorycznej dokonał 10 osobowy zespół studentów Wydziału Nauk o Żywności Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, spełniający wymogi formalne.

Otrzymane wyniki opracowano statystycznie z wykorzystaniem programu Statistica 10.0. Do wyznaczenia najmniejszych istotnych różnic zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji przy poziomie istotności $p \leq 0,05$.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na rysunku 1 zamieszczono wyniki pomiaru wilgotności chipsów ziemniaczanych otrzymanych w kolejnych godzinach smażenia w oleju palmowym o temperaturach 150, 165 i 180°C.

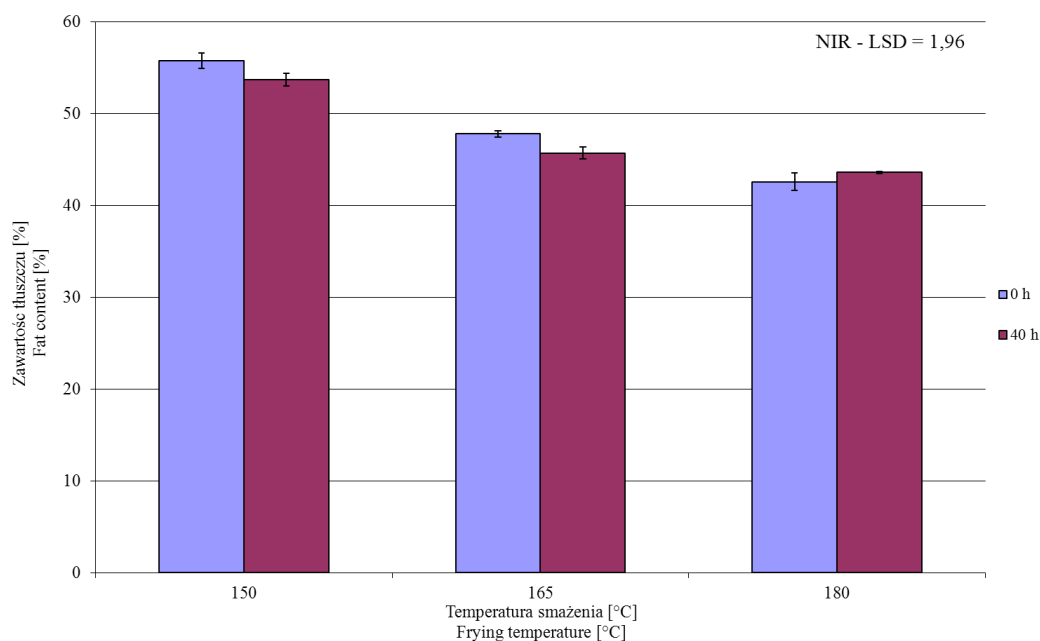


Rys. 1. Wilgotność (%) chipsów ziemniaczanych smażonych w oleju palmowym o różnym stopniu degradacji w zależności od temperatury smażenia

Fig. 1. Moisture (%) of potato chips fried in palm oil with different degree of degradation depending on the temperature of frying

Niska wilgotność chipsów ziemniaczanych wpływa na ich jakość oraz walory organoleptyczne. Chipsy cechowały się zawartością wody poniżej 2% w każdym wariancie smaźalniczym, przy czym wilgotność chipsów skorelowana była z temperaturą smażenia oraz stopniem degradacji medium smaźalniczego. Najmniejszą zawartością wody charakteryzowały się chipsy smażone w oleju palmowym ogrzewanym do 180°C (od 1,44% — olej świeży (0h) do 1,01% — olej zdegradowany (40 h). Podobne wyniki uzyskała Kita (2006) otrzymując chipsy o niższej wilgotności podczas smażenia w olejach zdegradowanych. Większa dehydratacja podczas smażenia w olejach zdegradowanych związana jest z obecnością związków polarnych zwiększających tempo wymiany ciepła i masy, a co za tym idzie szybsze odparowanie wody.

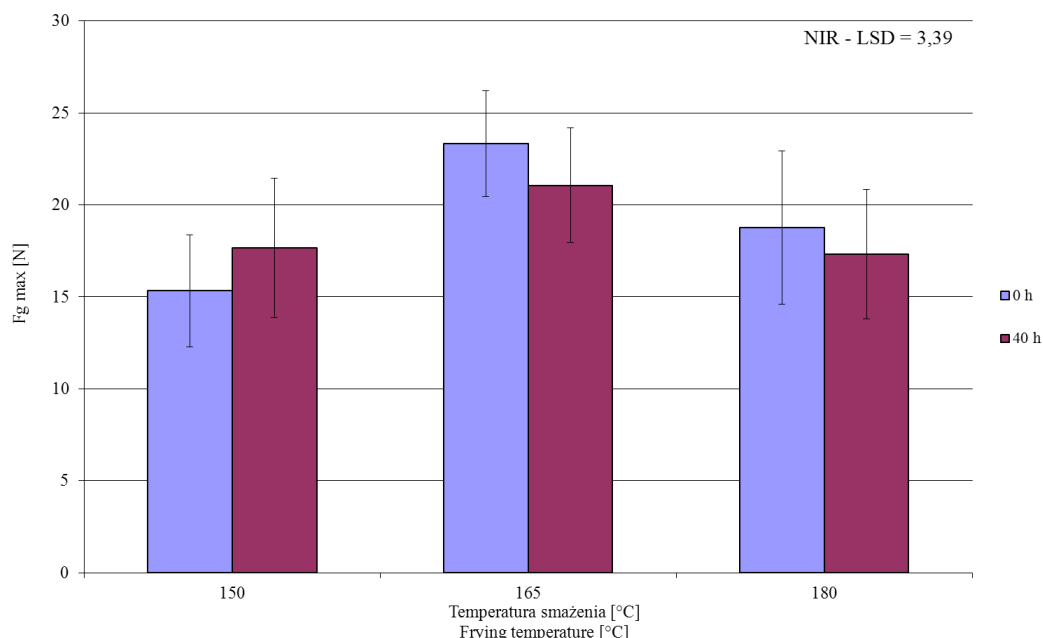
Kolejnym wyróżnikiem jakości chipsów ziemniaczanych jest zawartość tłuszczu. Otrzymane chipsy charakteryzowały się stosunkowo wysoką zawartością tego składnika (powyżej 40%) (rys. 2). Istotnie wyższą zawartością tłuszczu charakteryzowały się chipsy smażone w najniższej temperaturze (150°C) — średnio 53,8%. Podobną ilość tłuszczu wchłaniały natomiast chipsy smażone w oleju o temperaturze 165 i 180°C (odpowiednio 44,8% i 43,9%). Podobne zależności stwierdzili Kita i in. (2007) w innym doświadczeniu, w którym chipsy smażono w różnych olejach o temperaturze 150, 170 i 190°C. Autorzy wykazali, że zawartość tłuszczu w chipsach zmniejszała się wraz z podnoszeniem temperatury smażenia niezależnie od rodzaju medium smaźalniczego. Najmniejszą zawartością cechowały się chipsy smażone w olejach o temperaturze 190°C.



Rys. 2. Zawartość tłuszczu (%) w chipsach ziemniaczanych smażonych w świeżym (0 h) i zdegradowanym(40 h) oleju palmowym

Fig. 2. Fat content (%) of potato chips fried in fresh (0 h) and degraded (40 h) palm oil

Istotnym wyróżnikiem jakościowym chipsów jest ich charakterystyczna chrupka konsystencja. W przeprowadzonym doświadczeniu chipsy smażone w oleju świeżym o temperaturze 150°C charakteryzowały się najmniej twardą konsystencją (15,3 N), natomiast o temperaturze 165°C — najtwardszą (23,3 N) (rys. 3).



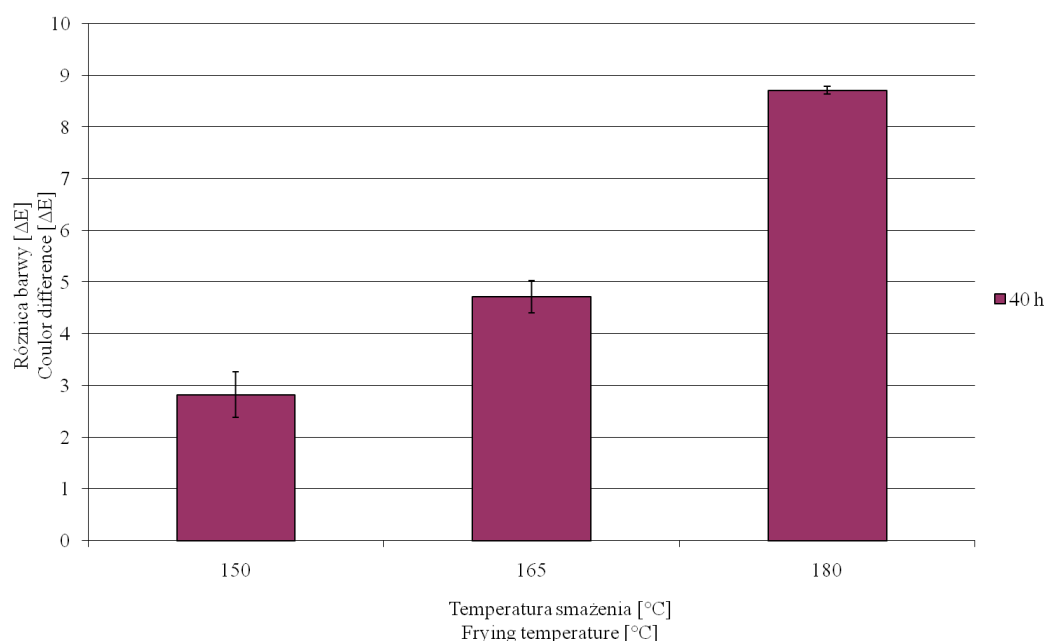
Rys. 3. Konsystencja [N] chipsów ziemniaczanych smażonych w świeżym (0 h) i zdegradowanym (40 h) oleju palmowym

Fig. 3. Texture [N] of potato chips fried in fresh (0 h) and degraded (40 h) palm oil

Podobne zależności obserwowano porównując twardość chipsów smażonych w olejach zdegradowanych. W badaniach Kity (2006) do przecięcia chipsów smażonych w świeżym oleju palmowym o temperaturze 185°C wymagana była siła 19,1 N, natomiast w oleju zdegradowanym (po 40 h cyklicznych smażeń) — 28,9 N. W innym doświadczeniu, w którym chipsy smażono w świeżym oleju palmowym o temperaturze 155°C oraz 175°C, Kita i Figiel (2009) nie stwierdzili istotnych różnic twardości otrzymanych chipsów (odpowiednio 19,0 N oraz 20,5 N). Z kolei w badaniach, w których porównywano wpływ rodzaju oleju i temperatury smażenia (150, 170 i 190°C) na kształtowanie konsystencji chipsów ziemniaczanych wykazano, że twardość chipsów zmniejszała się wraz ze zwiększaniem temperatury smażenia. Najbardziej twardą konsystencją, niezależnie od rodzaju oleju, charakteryzowały się chipsy smażone w olejach o temperaturze 150°C. Poszukując zależności pomiędzy składem kwasów tłuszczowych medium smaźalniczego, a twardością chipsów, Kita i in. (2007) wykazali, że w największym stopniu wyróżnik ten skorelowany był z zawartością kwasu oleinowego w medium smaźalniczym. Z kolei Pedreschi i Moyano (2005), porównując konsystencję chipsów otrzymanych z plasterków

blanszowanych smażonych w temperaturze 120, 150 i 180°C stwierdzili, że chipsy smażone w oleju o niższej temperaturze charakteryzowały się większą chrupkością.

Chipsy ziemniaczane powinny cechować się złocistożółtą barwą. Chipsy smażone w olejach świeżych, niezależnie od temperatury smażenia, charakteryzowały się odpowiednią barwą (średnia $\pm$ odchylenie standardowe: $L = 53,73 \pm 1,38$, $a = 7,48 \pm 1,80$, $b = 33,97 \pm 2,43$), która ulegała pociemnieniu wraz z przedłużaniem czasu smażenia. Zmiany barwy chipsów jako ΔE przedstawiono na rysunku 4.



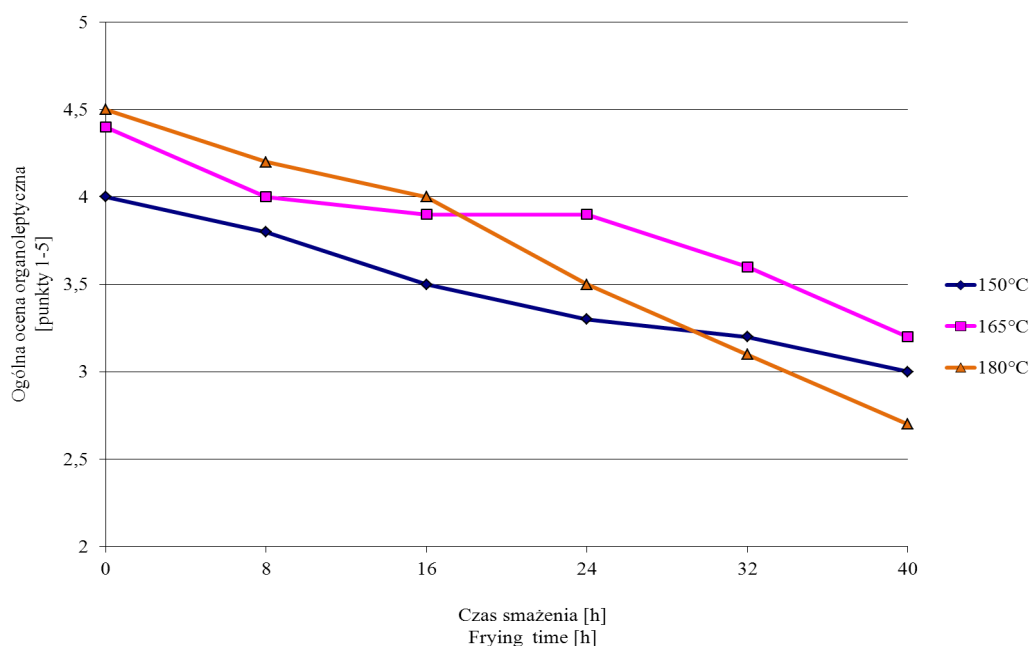
Rys. 4. Różnica barwy [ΔE] chipsów ziemniaczanych smażonych w zdegradowanym (40 h) oleju palmowym

Fig. 4. Colour difference [ΔE] of potato chips fried in degraded (40 h) palm oil

Największe różnice barwy zaobserwowano w chipsach smażonych w oleju palmowym o temperaturze 180°C, dla których ΔE po 40 h wynosiła 8,71. Znacznie stabilniejszą barwą charakteryzowały się chipsy smażone w niższych temperaturach, dla których ΔE wynosiła 4,74 (165°C) i 2,82 (150°C). Temperatura smażenia bezpośrednio wpływa na tempo reakcji barwnych Maillarda. Wraz z jej podnoszeniem zwiększa się ilość powstających związków barwnych, które bezpośrednio kształtują barwę smażonych produktów. Również przemiany zachodzące w tłuszczu, prowadzące do jego pociemnienia, odgrywają istotną rolę w kształtowaniu barwy finalnego produktu (Leszczyński, 2012).

Temperatura smażenia oraz stopień degradacji oleju wpływały na cechy sensoryczne uzyskanych chipsów. Wyniki ogólnej oceny organoleptycznej chipsów zestawiono na rysunku 5. Chipsy smażone w świeżych olejach charakteryzowały się odpowiednimi cechami sensorycznymi, które ulegały stopniowemu pogorszeniu wraz z wydłużaniem

czasu używania tłuszczu. Niekorzystnym zmianom ulegała nie tylko barwa, ale również smak i zapach, przy czym tempo zmian uzależnione było od temperatury smażenia.



Rys. 5. Ocena organoleptyczna (punkty 1-5) chipsów ziemniaczanych smażonych w oleju palmowym o różnym stopniu degradacji w zależności od temperatury smażenia

Fig. 5. Organoleptic assessment (points 1-5) of chips fried in palm oil with different degree of degradation depending on the temperature of frying

Spośród chipsów smażonych w zdegradowanych olejach (po 40 h), najlepszymi cechami charakteryzowały się chipsy smażone w temperaturze 165°C (3,2 pkt), natomiast najgorszymi w temperaturze najwyższej 180°C (2,7 pkt). Pogorszenie jakości chipsów w niniejszych badaniach w dużej mierze związane było prawdopodobnie z niekorzystnymi zmianami smaku i zapachu wywołanymi przemianami oksydacyjnymi i hydrolitycznymi tłuszczu smażalniczego. Podczas smażenia, w wyniku rozrywania łańcuchów kwasów tłuszczowych dochodzi do powstawania m.in. krótkołańcuchowych aldehydów, ketonów, alkoholi, a na skutek hydrolizy triacylogliceroli — wolnych kwasów tłuszczowych, które wpływają negatywnie na aromat medium smażalniczego jak i smażonych produktów. Obok produktów Maillarda, na smak i zapach produktów smażonych z ziemniaka, wpływają również produkty degradacji lipidów, cukrów oraz wiele lotnych związków smakowo-zapachowych ziemniaka, który posiada bardzo złożoną matrycę (Kita i in., 2009). Produkty smażone w zdegradowanych olejach zwykle charakteryzują się nieprzyjemnym aromatem zjełczałego tłuszczu (Kmieć i Korczak, 2010; Palmer i in., 1999). Pomimo obserwowanych zmian właściwości uzyskanych chipsów, w większości wariantów ich jakość była akceptowalna (powyżej 3 pkt), co związane jest z dobrą

stabilnością termooksydacyjną oleju palmowego. Winnym doświadczeniu Che Man i in. (1999), podczas smażenia chipsów w różnych olejach, stwierdzili że istotnie gorszymi cechami charakteryzowały się produkty smażone w oleju sojowym oraz jego mieszaninach z olejem palmowym, w porównaniu z czystym olejem palmowym.

WNIOSKI

1. Wraz z obniżaniem temperatury smażenia, niezależnie od stopnia degradacji oleju smażalniczego, chipsy chłonęły większe ilości tłuszczu.
2. Największą twardością charakteryzowały się chipsy smażone w oleju o temperaturze 165°C odznaczające się najkorzystniejszą konsystencją.
3. Najciemniejszą barwą charakteryzowały się chipsy smażone w najwyższej temperaturze (180°C). Smażenie w tej temperaturze wpłynęło również na pogorszenie smaku i zapachu chipsów smażonych w oleju zdegradowanym (32 i 40 h).
4. Optymalnymi właściwościami charakteryzowały się chipsy smażone w oleju palmowym o temperaturze 165°C.

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.
- Banks D. E., Lusas E. W. 2002. Snack Food Processing. CRC Press, Boca Raton, London, New York, Washington.
- Leszczyński W. 2012. Żywnościowa wartość ziemniaka i przetworów ziemniaczanych. Biul. IHAR 266: 5 — 20.
- Che Man Y. B., Liu J. L., Jamilah B., Abdul Rahman R. 1999. Changes of refined bleached-deodorized palm olein, soybean oil and their blends during deep-fat frying. J. Food Lipids, 6: 181 — 193.
- Choe E., Min D. B. 2007. Chemistry of deep-fat frying oils. J. Food Sci. 72 (5): 77 — 86.
- Frydecka-Mazurczyk A., Zgórska K. 2002. Instrumentalna metoda oceny barwy produktów smażonych z ziemniaka. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 489: 383 — 390.
- Kita A. 2006. Wpływ wybranych parametrów technologicznych na jakość smażonych produktów przekąskowych. Wydawnictwo Akademii Rolniczej 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., Figiel A. 2009. Effect of thermal treatment parameters on selected properties of potato chips, Acta Agrophysica 14 (3): 609 — 617.
- Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A., Pęksa A., Rytel E. 2009. The properties of potato snacks influenced by frying medium. Food, Potato IV, 3 Special Issue 2: 93 — 98.
- Kita A. 2012. Uwarunkowania jakości spożywczych przetworów smażonych. W: Produkcja i rynek ziemniaka, Chotkowski (red.). Wydawnictwo Wieś Jutra, Warszawa: 334 — 340.
- Kmiecik D., Korczak J. 2010. Tłuszcze smażalnicze — jakość, degradacja termiczna i ochrona, Nauka Przyroda Technologie 4 (2): 1 — 11.
- Lisińska G., Leszczyński W. 1989. Potato science and technology. Elsevier Applied Science, London-New York.
- Lusas E. W., Rooney L. W. 2002. Snack Food Processing. CRC Press Boca Raton, London, New York, Washington.

- Palmer M., Salisbury P., Tran V. H., White K., Xu X-Q. 1999. Chemical and physical analyses and sensory evaluation of six deep-frying oils. *JAOCS*, 76 (9): 1091 — 1099.
- Pedreschi F., Moyano P. 2005. Oil uptake and texture development in fried potato slices. *J. Food Eng.* 70: 557 — 563.
- Polska Norma PN-A-74780. Przetwory ziemniaczane. Smażone przekąski ziemniaczane.
- Saguy I. S., Dana D. 2003. Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects. *J. Food Eng.* 56: 143 — 152.
- Smith O. 1987. *Potato Processing* 4th ed. AVI Van Nostrand Reinhold Company, New York.

ELVYRA JARIENĖ ¹
HONORATA DANILČENKO ¹
NIJOLE VAITKEVIČIENĖ ¹
AGNIESZKA KITA ²

¹ Aleksandras Stulginskis University, Agronomy Faculty, Institute of Agriculture and Food Sciences,
LT-53361 Kaunas district, Lithuania

² Wrocław University of Environmental and Life Sciences, Faculty of Food Science, Poland

Effects of biodynamic preparations on the growth and yield parameters of potatoes with coloured flesh Short Communication

Wpływ preparatów biodynamicznych na wzrost i plonowanie bulw ziemniaków o kolorowym miąższu Komunikat

Biodynamic agriculture is one of the organic agricultural farming methods. Different from organic farmers, biodynamic farmers add eight specific preparations (made from cow manure, silica, and various plants) to improve crops growth and nutrient composition. In 2012–2013, in organic farm (Prienai district), potato cultivars with coloured flesh were grown for research. The aim of two years' research was to evaluate effects of biodynamic (BD) preparations (500 and 501) on the growth and yield parameters of the coloured fleshed potatoes. An experiment included two factors: I — three potato cultivars (purple fleshed — Vitelotte, Blue Congo and red-fleshed Red Emmalie), II — using of BD preparations in field sprays (four treatments: 1. Control without BD preparations; 2. BD preparation 500; 3. BD preparation 501; 4. complex application of BD preparations (500+501)). The individual productivities of potato plants were analyzed in the field experiment (chlorophyll content index values of leaves, tuber weight per plant and tuber number per plant). The results revealed that combination of BD preparations (500 + 501) was the best among all the treatments for most of the growth and yield parameters under study. It was found, that, compared with the control variant, combination of BD preparations (500 + 501) substantially increased the chlorophyll content index in leaves, the weight and number of tubers per plant of cvs. Blue Congo and Red Emmalie. BD preparation 501 substantially increased the chlorophyll content index in leaves of Red Emmalie at 9th (1.07 times) and 13th (1.13 times) week, and of Blue Congo only at 9th (1.07 times) week after planting. However, more research is needed to determine whether the BD preparations affect growth and yield parameters of colour-fleshed potato tubers.

Redaktor prowadzący: Katarzyna Mikołajczyk

Key words: biodynamic preparations, coloured fleshed potato, growth and yield parameters

Rolnictwo biodynamiczne jest jedną z metod rolnictwa ekologicznego. W uprawie biodynamicznej, w celu poprawy jakości plonu i kompozycji składników odżywczych w surowcu, wykorzystuje się osiem konkretnych preparatów (z nawozu krowiego, krzemionki i różnych roślin). Materiałem użytym do badań były ziemniaki odmian o kolorowym miąższu uprawiane w gospodarstwie ekologicznym (powiat Prienai) w latach 2012–2013. Celem badań było określenie wpływu preparatów biodynamicznych (BD) 500 i 501 na parametry wzrostu i wydajność plonu ziemniaków o kolorowym miąższu. Eksperyment obejmował dwa czynniki: I — odmiany ziemniaka (dwie odmiany ziemniaków z niebieskim miąższem — Blue Congo i Vitelotte oraz jedna z czerwonym — Red Emmalie), II — wykorzystanie preparatów biodynamicznych do oprysków gleby i roślin (cztery zabiegi: 1. kontrola bez preparatów BD 2. z zastosowaniem preparatu biodynamicznego 500; 3. z zastosowaniem preparatu biodynamicznego 501; 4. z zastosowaniem obu preparatów biodynamicznych (500 + 501). Produktywność roślin ziemniaka oznaczano w doświadczeniu połowym (wartość indeksu zawartości chlorofilu w liściach, masę i liczbę bulw pod krzewem). Najlepsze parametry wzrostu uzyskano przy zastosowaniu kombinacji preparatów biodynamicznych (500 + 501). Stwierdzono, że w porównaniu z wariantem kontrolnym stosowanie obu preparatów (500 + 501), istotnie zwiększyło zawartość chlorofilu w liściach oraz masę i liczbę bulw z jednej rośliny w odmianach ziemniaka Blue Congo i Red Emmalie. Preparat 501 istotnie zwiększał wskaźnik zawartości chlorofilu w liściach odmiany Red Emmalie w 9 (1.07 razy) i 13 (1.13 razy) tygodniu, a Blue Congo tylko w 9 (1.07 razy) tygodniu po posadzeniu. Niezbędne są jednakże dalsze badania, które pozwolą na ustalenie czy preparaty biodynamiczne istotnie wpływają na parametry wzrostu i plonowanie bulw ziemniaka o kolorowym miąższu.

Słowa kluczowe: parametry wzrostu i plonu, preparaty biodynamiczne, ziemniak o kolorowym miąższu

INTRODUCTION

Coloured potatoes (*Solanum tuberosum* L.) have attracted the attention of researchers as well as purchasers because of their antioxidant activities, appearance and taste. The antioxidant activity in these potatoes is related to the presence of anthocyanins, flavonoids, ascorbic acid, tocopherols, alpha-lipoic acid and selenium. Consequently, coloured potatoes have the potential to be one of the most significant sources of antioxidants in the human diet (Lachman et al., 2005; Nayak et al., 2011; Jarienė et al., 2013). In order to preserve the nutritive value of these potatoes, one needs to look for alternative farming methods.

Like organic farming, the products of biodynamic agriculture are nutritionally superior and they taste better than the conventional foods, besides having the potential to mitigate some of the negative effects of chemical agriculture (Steiner, 1996).

Biodynamic agriculture was developed in the 1920 s in response to concerns from farmers about the deteriorating soils and health of their farms (Steiner, 1993). Similar to organic agriculture, biodynamics eliminates synthetic chemical fertilizers and pesticides. A major difference is that biodynamic farmers add eight specific preparations to their soils, crops, and composts to enhance soil and crop quality and to stimulate the composting process (Zaller and Kopke, 2004). In order to promote efficient cycling of nutrients, a series of eight fermented herbal and manure based preparations numbered 500 through 507 are applied regularly, in small quantities to the soil, compost and crops. Some biodynamic

farmers make the preparations themselves while others buy them from certified biodynamic associations or experienced practitioners (Reganold, 1995; Koepf et al., 2001).

The preparation 500 consists of high quality farmyard manure, fresh or aged, put in bovine horns, then buried at autumn and dug up in spring, after that it can be stored under controlled conditions for some months and finally sprayed to the soil (Koepf et al., 2001).

Horn silica (501) is powdered quartz (rock crystal) put in a bovine horn and processed as horn manure. A very small quantity of the 501 is then dissolved in water and sprayed on the standing crop, mostly at flowering stage: it would reinforce the plant against pests and diseases and improve its nutritional properties, flavours and shelf-life (Koepf et al., 2001; Catellani, 2006). These two BD preparations are believed to work synergistically, with preparation 500 mainly improving the overall soil fertility, and preparation 501 being active in enhancing the plant physiological response to the light radiation (Spaccini et al., 2012).

Biodynamic preparations are added to the soil or to composting organic material always in very low doses of a few grams per ton of soil/compost material. Therefore, the primary purpose of these compounds is not to add nutrients, but to stimulate the processes of nutrient and energy cycling, to affect decomposition/building of humus and to improve soil and crop quality (Raupp, 1999).

The main aim of this study was to establish effects of biodynamic (BD) preparations (500 and 501) on the growth and yield parameters of the colour-fleshed potatoes.

MATERIALS AND METHODS

Field experiment was carried out in 2012-2013 in organic farm (Prienu district). When applying biodynamic (BD) preparations, potatoes were grown using the traditional potato growing technology (Razukas, 2003). They were planted in May, and harvested in September. The field experiment was carried out in four replications. Variants of replications were arranged randomly. The overall field size of potato experiment was 17.5 m² whereas the size of the accounting field was 10 m².

Agrochemical soil indicators were following: weakly acidic (pH_{KCl} 6.86), phosphorus (166.1 mg·kg⁻¹), very high in potassium (248.8 mg·kg⁻¹) and low in nitrogen (0.142%).

An experiment of two factors was carried out: I – three potato cultivars with coloured tuber flesh (Vitelotte and Blue Congo – blue and Red Emmalie – red), II – biodynamic (BD) preparations – 500 and 501 – used for potato field spraying. There were four treatments to evaluate the effectiveness of BD preparations: 1. control (BD preparations were not used); 2. application of BD preparation 500 (the soil was sprayed two weeks before the planting of potatoes with 1% solution); 3. application of BD preparation 501 (two times early in the morning potato leaves were sprayed with 0.5% solution in the VIII and IX stages of organogenesis); 4. complex application of BD preparations (500+501) (two weeks before the planting of potatoes the soil was sprayed with 1% solution of BD preparation 500 and two times early in the morning potato leaves were sprayed with 0.5% solution of BD preparation 501 in the VIII and IX stages of organogenesis).

BD preparations (500 and 501) investigated in the experiment, were purchased in the Biodynamic Preparations Centre, Germany. During experiment it was evaluated values of

chlorophyll content index (CCI) in leaves of potatoes (chlorophyll content meter CCM 200 Plus, Opti-Science, Tyngsboro, MA, USA) — in the 9th and 13th week after the planting. Ten plants were randomly selected in each replication. The CCM-200 plus uses absorbance to estimate the chlorophyll content in leaf tissue. Two wavelengths were used for absorbance determinations. One wavelength falls within the chlorophyll absorbance range while the other one serves to compensate for mechanical differences such as tissue thickness. The device measures the absorbance of both wavelengths and calculates a chlorophyll content index (CCI) value that is proportional to the amount of chlorophyll in the sample. The average tuber mass per plant, expressed in g·plant⁻¹ and tuber number per plant were also assessed.

Soil analyses were conducted at the Laboratory of Food Raw Materials, Agronomic and Zootechnical Research of Aleksandras Stulginskis University. Soil pH_{KCl} was established by the potentiometric method in 1N KCl extract. The amount of total nitrogen in the soil was established by the Kjeldahl method. The amount of available phosphorus was determined by the CAL method using a spectrophotometer as well available potassium content using a flame photometer.

Statistical analysis was performed using two-way ANOVA (STATISTICA software). Statistical significance was considered at $p < 0.05$. Arithmetic means and standard deviations of research data were calculated with EXCEL program.

RESULTS AND DISCUSSION

Values of chlorophyll content index (CCI) are directly proportional to the total content of chlorophyll in leaves. According to the CCI of the foliage, it is possible to predict the yield and to accurately determine its relationship with index values recorded during various stages of growth (Spaner et al., 2005; Gianquinto, 2004; Zebarth et al., 2007; Janušauskaitė, 2009). Results of our research have shown that CCI values in potato leaves depend on the cultivar, BD preparations used and age of plants (Table 1). The highest values of CCI were found in the leaves of cv. Red Emmalie 9 and 13 weeks after planting of potatoes. In all the measurements the lowest CCI values were determined in cv. Vitelotte leaves. It is stated in the literature that the pigment content may be influenced by architectonics of the plant's leaves, leaning angle towards the sun which varies in different varieties (Long et al., 2006).

Our research results have shown that in comparison with control, complex using of BD preparations (500 + 501) substantially increased CCI values in cvs. Blue Congo and Red Emmalie leaves 9 (respectively 1.10 and 1.08 times) and 13 (respectively 1.25 and 1.16 times) weeks after planting whereas the use of preparations in cv. Vitelotte had no significant effect. Comparing with control, BD preparation 501 substantially increased the CCI values in cv. Red Emmalie leaves after 9 (1.07 times) and 13 (1.13 times) weeks whereas in Blue Congo only 9 (1.07 times) weeks after potato planting (Table 1). Tegethoff and Koepf (1993) also found that horn-silica (BD preparations 501) spray increased chlorophyll content in bush beans. BD preparation 500 did not affect CCI values in the leaves of grown cultivars.

Plant age also had a significant influence on the CCI values. Essentially negative effect on CCI values was established after 13 weeks of potato planting (Table 1). Poljak and others (2008) determined that CCI values significantly decreased when plant got older.

Table 1

Effects of biodynamic (BD) preparations on chlorophyll content index values (CCI) of potato plants during growing season
Wpływ preparatów biodynamicznych na wartości indeksu zawartości chlorofilu (WIK) w liściach roślin ziemniaka podczas wegetacji

Treatment Doświadczenie	Chlorophyll content index values (CCI) Wartość zawartości chlorofilu (CCI)	
	9 weeks after planting 9 tygodni po posadzeniu	13 weeks after planting 13 tygodni po posadzeniu
	Blue Congo	
Control without BD preparations	20.46 ± 0.97 ^b	8.63 ± 1.17 ^b
BD preparation 500	20.68 ± 1.37 ^{ab}	9.70 ± 0.81 ^b
BD preparation 501	21.99 ± 1.93 ^a	9.36 ± 0.75 ^b
BD preparations 500 + 501	22.47 ± 1.91 ^a	10.80 ± 0.77 ^a
Vitelotte		
Control without BD preparations	14.93 ± 1.05 ^a	6.76 ± 0.90 ^a
BD preparation 500	14.15 ± 1.94 ^a	7.13 ± 0.80 ^a
BD preparation 501	15.80 ± 0.86 ^a	7.88 ± 1.03 ^a
BD preparations 500 + 501	15.91 ± 1.34 ^a	7.32 ± 1.07 ^a
Red Emmalie		
Control without BD preparations	32.49 ± 1.91 ^b	19.45 ± 1.38 ^b
BD preparation 500	32.40 ± 1.71 ^b	19.43 ± 1.96 ^b
BD preparation 501	34.92 ± 1.87 ^a	22.10 ± 1.15 ^a
BD preparations 500+ 501	34.99 ± 1.99 ^a	22.50 ± 1.59 ^a

*— Means located on the same column and marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$

*— Wyniki znajdujące się w tej samej kolumnie i oznaczone różnymi literami różnią się istotnie, gdy $p < 0,05$

Potato yield is determined by the number and weight of tubers per plant (Čeponienė, 2002). The largest number and weight of tubers per plant were determined in cv. Red Emmalie whereas the smallest — in cv. Blue Congo (Table 2).

It was established that in comparison with control, only the complex of BD preparations (500+501) essentially increased the yield of potato tubers. Average number of tubers per plant in cv. Red Emmalie and Blue Congo increased by 1.12 and 1.13 times respectively, as well average weight of tubers per plant increased by 1.10 and 1.34 times respectively. However, separately used BD preparations 500 and 501 had no influence on tuber yield in these cultivars (Table 2).

The use of BD preparations did not affect the yield of tubers of Vitelotte cultivar either, there were no essential differences among the treatments. There are other authors who mention different effect of BD preparation on various potato cultivars (Granstedt and Kjellenberg, 1997).

Table 2

Effects of biodynamic (BD) preparations on the yield parameters of potato tubers
Wpływ preparatów biodynamicznych na parametry plonu bulw ziemniaków

Treatment Doświadczenie	Number of tubers per plant Liczba bulw na roślinę	Tuber mass per plant (g) Ciężar bulw na roślinę (g)
Blue Congo		
Control without BD preparations	8.25 ± 0.27 ^b	371.25 ± 17.5 ^b
BD preparation 500	8.31 ± 0.42 ^b	365.13 ± 22.17 ^b
BD preparation 501	8.35 ± 0.37 ^b	377.53 ± 27.95 ^b
BD preparations 500 + 501	9.30 ± 0.65 ^a	496.24 ± 34.97 ^a
Vitelotte		
Control without BD preparations	15.99 ± 0.43 ^a	473.22 ± 21.17 ^a
BD preparation 500	16.03 ± 0.56 ^a	451.95 ± 38.67 ^a
BD preparation 501	16.15 ± 0.41 ^a	460.42 ± 35.28 ^a
BD preparations 500 + 501	16.46 ± 0.44 ^a	472.95 ± 56.19 ^a
Red Emmalie		
Control without BD preparations	16.48 ± 0.55 ^b	1045.13 ± 25.90 ^b
BD preparation 500	16.98 ± 0.60 ^b	1037.50 ± 43.49 ^b
BD preparation 501	17.30 ± 0.30 ^b	1085.45 ± 34.16 ^{ab}
BD preparations 500 + 501	18.41 ± 0.41 ^a	1116.59 ± 42.81 ^a

* — Means located on the same column and marked with different letters differ significantly at $p < 0.05$

* — Wyniki znajdujące się w tej samej kolumnie i oznaczone różnymi literami różnią się istotnie, gdy $p < 0,05$

CONCLUSIONS

The results revealed that combination of BD preparations (500 + 501) was the best among all the treatments for most of the growth and yield parameters under study.

It was found, that compared with the control variant, combination of BD preparations (500 + 501) substantially increased the chlorophyll content index values in leaves of cvs. Red Emmalie and Blue Congo in 9th (respectively 1.10 and 1.08 times) and 13th (respectively 1.25 and 1.16 times) week after planting. BD preparation 501 substantially increased the chlorophyll content index in leaves of cv. Red Emmalie in 9th (1.07 times) and 13th (1.13 times) week, and of cv. 'Blue Congo' only in 9th (1.07 times) week after planting.

Combination of BD preparations (500 + 501), compared with the control variant, substantially increased the weight and number of tubers per plant of cvs. Blue Congo and Red Emmalie.

BD preparations did not affect the growth and yield parameters of cv. Vitelotte.

LITERATURE

- Catellani, G. 2006. Guida all'Agricoltura Biodinamica. Associazione per l'Agricoltura Biodinamica, Milano, p. 142.
- Čeponienė S. 2002. Nematodams atsparių labai ankstyvų ir ankstyvų bulvių veislių tyrimas. Sodininkystė ir daržininkystė. LSDI ir LŽŪU mokslo darbai. Nr. 21 (1): 72 — 77.
- Gianquinto, G., Goffart, J.P., Olivier, M. et al. 2004. The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop. Potato Research. 47, Nr. 5: 35 — 80.

- Granstedt A., Kjellenberg L. 1997. Long-Term Field Experiment in Sweden: Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Fertility and Crop Quality. In Proceedings of an International Conference in Boston, Tufts University, Agricultural Production and Nutrition, Massachusetts March 19–21, 1997.
- Janušauskaitė, D. 2009. Trešimo intensyvumo įtaka vasarinių kvietrugių produktyvumui bei chlorofilo indeksui vasarinių kvietrugių lapijoje. *Agriculture*. T. 96, Nr. 4: 110 — 123.
- Jarienė E., Vaitkevičienė N., Chupakhina N., Poltavskaya R. L., Kita A. 2013. Antioxidant compounds and antioxidant activity in blue-fleshed potatoes. *Rural development 2013: The 6th international scientific Conference Proceedings*, ASU: 119 — 122.
- Koepf H. H., Schaumann W., Haccius M. 2001. *Agricoltura Biodinamica*. Antroposofica Editrice, p. 366.
- Lachman J., Hamouz K., Orsak M. 2005. Red and purple potatoes — A significant antioxidant source in human nutrition. *Chem. Lists*. 99: 474 — 482.
- Long S., Zhu X. G., Naidu S., Ort D. 2006. Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell and Environ.* 29: 215 — 330.
- Nayak B., Berrios J. J., Powers J. R., Tang J., Ji Y. 2011. Colored potatoes (*Solanum tuberosum* L.) dried for antioxidant-rich value-added foods. *J. of Food Proc. and Preser.* 35 (5): 571 — 580.
- Poljak, M., Horvat, T., Majic, A., Pospisil, A., Cosic, T. 2008. Nitrogen management for potatoes using rapid test methods. *Alps-adria Scientific Workshop. Cereal Research Comm.* 36: 1795 — 1798.
- Raupp, J. 1999. Biodynamic approaches in research and development. In *Research Methodologies in Organic Farming*, R. Zanoli and R. Krell (Eds.), REU Technical Series 58, FiBL, FAO, Rome.
- Ražukas A. 2003. *Bulvės. Biologija, selekcija, sėklininkystė*. Vilnius.
- Reganold, J. P. 1995. Soil quality and profitability of biodynamic and conventional farming systems: A review. *Am. J. of Alternative Agriculture*. 10: 36 — 45.
- Richardson A. D., Duigan S. P., Berlyn G. P. 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*. 153: 185 — 194.
- Spaccini R., Mazzei P., Squartini A., Giannattasio M., and Piccolo A. 2012. Molecular properties of a fermented manure preparation used as a field spray in biodynamic agriculture. *Environ. Sci. and Pollution R.* 19: 4214 — 4225.
- Spaner D., Todd A. G., Navabi A., McKenzie D. B., Goonewardene L. A. 2005. Can leaf chlorophyll measure at differing growth stages be used as an indicator of winter wheat and spring barley nitrogen requirements in Eastern Canada? *J. of Agronomy and Crop Sci.*, vol. 191: 393 — 399.
- Steiner R. 1993. *Agriculture: Spiritual Foundations for the Renewal of Agriculture*. Anthroposophic Press, Hudson, NY.
- Steiner R. 1996. *Spiritual Foundations for the Renewal of Agriculture: A course of lectures*. Biodynamic Farming and Gardening Association, Kimberton, p. 310.
- Tegethoff M., In: Koepf H. H. 1993. *Research in biodynamic agriculture: methods and results*. Bio-Dynamic Farming and Gardening Association Inc., Kimberton, p. 48.
- Zaller J. G., Köpke U. 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long-term field experiment. *Biology and Fertility of Soils*, 40: 222 — 229.
- Zebarth, B. J., Botha E. J. Rees H. 2007. Rate and time of fertilizer nitrogen application on yield, protein and apparent efficiency of fertilizer nitrogen use of spring wheat. *Can. J. of Plant Sci.* Vol. 87, iss. 4: 709 — 718.

JACEK LEWANDOWICZ¹**JOANNA LE THANH-BLICHARZ**²**JAN JASICZAK**¹¹ Katedra Przyrodniczych Podstaw Jakości, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu² Zakład Koncentratów Spożywczych i Produktów Skrobiowych, Instytut Biotechnologii Przemysłu Rolno-Spożywczego im. prof. Wacława Dąbrowskiego w Poznaniu

Ocena możliwości zastosowania skrobi woskowych jako zagęstników sosów typu keczup

Evaluation of waxy starches as tomato ketchup thickeners

Celem pracy była ocena wpływu skrobi woskowych różnego pochodzenia botanicznego na właściwości reologiczne, teksturę oraz barwę keczupu. Materiał do badań stanowiły natywne skrobie: ziemniaczana, kukurydziana i ryżowa w odmianach zwykłych oraz woskowych. Keczupy przygotowano według receptury zgodnej z Polską Normą z dodatkiem badanych skrobi w stężeniu 3,3%. Zbadano właściwości reologiczne z użyciem reometru RotoVisco1 (Haake), uniwersalny profil tekstury za pomocą testurometru TA.XT2 (Satble Micro Systems) oraz barwę z użyciem kolorymetru CR-300 (Minolta). Stwierdzono, że wszystkie sosy pod względem reologicznym stanowiły płyny nienewtonowskie, pseudoplatsyczne, tiksotropowe z granicą płynięcia. Największą lepkością pozorną cechowały się keczupy z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej oraz ryżowej woskowej, najmniejszą zaś z dodatkiem skrobi kukurydzianej zwykłej oraz ryżowej zwykłej. Największą odporność na obniżenie lepkości w skutek wzrostu temperatury wykazywał keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej. Parametrami uniwersalnego profilu tekstury, które wykazywały największą zmienność w badanych keczupach były twardość, adhezyjność i gumowatość. Najsilniejszymi właściwościami teksturotwórczymi charakteryzowały się skrobie ziemniaczana zwykła oraz kukurydziana woskowa. Barwa keczupów z dodatkiem skrobi kukurydzianych oraz ryżowych różniła się nieznacznie, równocześnie barwa keczupów z dodatkiem skrobi ziemniaczanych była ciemniejsza. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono że skrobia ziemniaczana woskowa cechuje się najkorzystniejszymi właściwościami w produkcji sosów typu keczup.

Słowa kluczowe: keczup, skrobia woskowa, tekstura, właściwości reologiczne

The aim of the work was to evaluate the effect of addition of waxy starches of different botanical origin on the rheological properties, texture and color of tomato ketchup. Waxy and normal native starches of potato, corn and rice origin were the experimental material. Tomato ketchups contained 3.3% of investigated starches, and their recipes met the Polish Standard requirements. Rheological

properties were measured using RotoVisco1 rheometer (Haake). Universal texture profile was analyzed using TA.XT2 texturometer (Stable Micro Systems). Color parameters were determined with CR-300 chroma meter (Minolta). It was found that all investigated ketchups were non-Newtonian, pseudoplastic, thixotropic fluids with yield stress. The highest apparent viscosity was recorded for the ketchups containing waxy potato and waxy rice starches. Ketchups with waxy potato starch revealed the lowest loss of viscosity caused by increasing temperature. Universal texture parameters which differed mostly were: hardness, adhesiveness and gumminess. The texture of ketchups was mostly influenced by normal potato and waxy corn starches. Color of ketchups containing corn and rice starches differed slightly, whereas ketchups thickened with potato starches were darkest. It was evidenced that waxy potato starch should be recommended for thickening of tomato ketchup.

Key words: rheological properties, texture, tomato ketchup, waxy starch

WSTĘP

Skrobia jest polisacharydem roślinnym zbudowanym wyłącznie z monomerów D-glukozy połączonych wiązaniami α -glikozydowymi. Nie jest ona jednak jednorodnym chemicznie związkiem, ponieważ biosynteza cząsteczki skrobi prowadzi do powstania dwóch różnych frakcji: generalnie nierozgałęzionej amylozy (AM) oraz rozgałęzionej amylopektyny (AMP). AM jest zbudowana z relatywnie długich, liniowych łańcuchów anhydroglukozy połączonych w około 99% wiązaniami α -(1,4) oraz maksymalnie w 1% rozgałęziającymi wiązaniami α -(1,6) (Varatharajan i in., 2011). Z kolei rozgałęziona struktura AMP wynika z znacznie większej ilości wiązań α -(1,6), których ilość szacuje się na około 5% (Varatharajan i in., 2011). Masowo AM stanowi najczęściej od 10 do 35% skrobi co jest uzależnione od jej pochodzenia botanicznego (Leszczyński, 2004). Wyjątek stanowią jednak tzw. skrobie woskowe, które w istocie składają się wyłącznie z amylopektyny (Cai i Shi, 2010). Aktualnie dostępne w handlu są skrobie woskowe wyhodowane metoda naturalnej selekcji odmian, pochodzące z: kukurydzy, ziemniaków oraz ryżu (Avebe, 2006). Ponadto zostały zidentyfikowane naturalne mutanty wśród innych gatunków roślin, które zawierają skrobię woskową m.in. jęczmień, sorgo oraz amarantus (Nakamura i n., 1995; Yoo i Jane, 2002). Do tej pory nie udało się wyhodować za pomocą selekcji odmian pszenicy zawierającej wyłącznie AMP, jednak po raz pierwszy w 1995 roku otrzymano ją metodami biotechnologicznymi (Zhang i in., 2013).

Skrobia jako surowiec wielofunkcyjny, odnawialny, biodegradowalny oraz stosunkowo tani znajduje wiele zastosowań zarówno w produkcji wyrobów przemysłowych, jak i spożywczych (Walkowski i in., 2004), o czym świadczy światowa produkcja skrobi na poziomie około 60 milionów ton (Varatharajan i in., 2010). Jednak wśród polimerów występujących w naturze skrobia charakteryzuje się największym zróżnicowaniem cech fizykochemicznych (Tegge, 2010), podczas gdy każde z jej zastosowań wymaga dokładnie sprecyzowanych właściwości użytkowych. Znaczący wpływ na przydatność technologiczną danej skrobi ma wzajemny stosunek AM i AMP, który silnie wpływa na wiele jej cech funkcjonalnych (Vilaplana i in., 2012). Skrobia kukurydziana woskowa odznacza się szczególnie korzystnymi właściwościami reologicznymi w stosunku do odmiany zwykłej: wyższą lepkością, odpornością na ścinanie oraz retrogradację (Walkowski i in., 2004). Skrobia ziemniaczana woskowa w stosunku do odmiany zwykłej

charakteryzuje się mniejszą lepkością, większą stabilnością, klarownością oraz odpornością na retrogradację (Luo i in., 2009; Huang i in., 2013). Z kolei właściwości reologiczne skrobi ryżowej woskowej są uzależnione od odmiany ryżu, z której pochodzi, czego przyczyną mogą być różnice związane z długością łańcuchów poliglukanowych (Zhu i in., 2010).

Skrobia kukurydziana woskowa, która została dość dobrze scharakteryzowana znajduje zastosowanie w wielu produktach spożywczych. Jednak skrobia ziemniaczana woskowa, która została wprowadzona na rynek dość niedawno, nie została obszernie przebadana. Dlatego celem pracy była ocena wpływu skrobi woskowych różnego pochodzenia botanicznego (kukurydziana, ziemniaczana i ryżowa) na właściwości reologiczne, teksturę oraz barwę keczupu.

MATERIAŁ I METODY

Materiał do badań stanowiły natywne skrobie: ziemniaczana Superior Standard (PPZ Trzemeszno, Polska), ziemniaczana woskowa "Eliane" (Avebe, Holandia), kukurydziana "Maisita 21.000" (Agrana, Austria), kukurydziana woskowa "Maisita 21.007" (Agrana, Austria), ryżowa "Remy DR" (Beneo, Belgia), ryżowa woskowa "Remyline XS" (Beneo, Belgia) i ryżowa woskowa "Remyline AX-DR" (Beneo, Belgia).

Keczupy przygotowywano w dwustugramowych porcjach według następującej receptury zgodnej z Polską Normą (PN-A-86951:2005): 60 g koncentratu pomidorowego ($30\% \pm 2\%$ SM), 25 g cukru, 12 g octu spirytusowego (10%), 6,5 g skrobi (SM), 3 g soli kuchennej, 0,2 g pieprzu czarnego oraz woda dejonizowana do 200 g. W celu przygotowania sosów wszystkie składniki z wyjątkiem octu naważono z dokładnością do 0,01 g w zlewce o pojemności 400 ml. Następnie umieszczano zlewkę na 15 minut w łaźni wodnej, gdzie temperatura wynosiła 95°C oraz mieszano za pomocą mieszadła mechanicznego R50D (CAT) przy prędkości 150 obr/min. Po ochłodzeniu zawartości zlewki dodawano ocet i uzupełniano odparowaną część wody, a następnie przenoszono do zamykanego pojemnika. Po upływie doby na tak przygotowanych sosach typu keczup wykonywano dalsze analizy. Próby do badań oznaczono następującymi oznaczeniami:

- **Z** — keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej zwykłej,
- **ZW** — keczup z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej,
- **K** — keczup z dodatkiem skrobi kukurydzianej zwykłej,
- **KW** — keczup z dodatkiem skrobi kukurydzianej woskowej,
- **R** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej zwykłej,
- **RWS** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej "Remyline XS",
- **RWA** — keczup z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej "Remyline AX-DR".

Pomiar właściwości reologicznych wykonano z użyciem reometru RotoVisco1 firmy Haake (Niemcy) z użyciem rotora Z20 DIN oraz urządzenia termostatujuącego DC30-K10. Próbkę przed pomiarem były relaksowane i termostatowane w cylindrze pomiarowym przez 5 minut. Rejestracji wyników oraz obliczeń dokonywano przy użyciu programu RheoWin 3.40. Wyznaczono:

- krzywe lepkości pozornej w zależności od czasu ścinania w trybie CR przy szybkości ścinania 50 s⁻¹, w temperaturze 20°C i czasie 5 min. Otrzymane krzywe opisano funkcją potęgową [$\eta_p = A \cdot t^B$] gdzie: η_p — lepkość pozorna [Pa×s], t — czas [s], A i B — stałe równania.
- krzywe płynięcia przy wzrastającej oraz malejącej szybkości ścinania w zakresie 5-600 s⁻¹, w temperaturze 20°C i czasie 4 min. Otrzymane krzywe opisano modelami równań reologicznych: Ostwolda de Waele'a [$\tau = K \cdot \dot{\gamma}^n$] gdzie: τ — naprężenie ścinające [Pa], K — współczynnik konsystencji [Pa×sⁿ], $\dot{\gamma}$ — szybkość ścinania [s⁻¹], n — wskaźnik płynięcia (wielkość wskazująca na zbieżność z przepływem newtonowskim) oraz Cassona [$\sqrt{\tau} = \sqrt{\tau_0} + \sqrt{\eta_c} \cdot \sqrt{\dot{\gamma}}$] gdzie: τ — naprężenie ścinające [Pa], τ_0 — granica płynięcia [Pa], η_c — lepkość plastyczna Cassona, $\dot{\gamma}$ — szybkość ścinania [s⁻¹].
- krzywe lepkości pozornej w zależności od temperatury w trybie CR przy szybkości ścinania 100 s⁻¹, w zakresie temperatur od 16 do 50°C i prędkości ogrzewania 3°C/min.

Otrzymane krzywe opisano równaniem Arrheniusa [$\eta_p = \eta_{\infty} \cdot \exp(\frac{E}{R \cdot T})$] gdzie: η_p — lepkość pozorna [Pa×s], η_{∞} — stała materiałowa [Pa×s], E — energia aktywacji płynięcia [J/mol], R — stała gazowa [J/K×mol], T — temperatura [K].

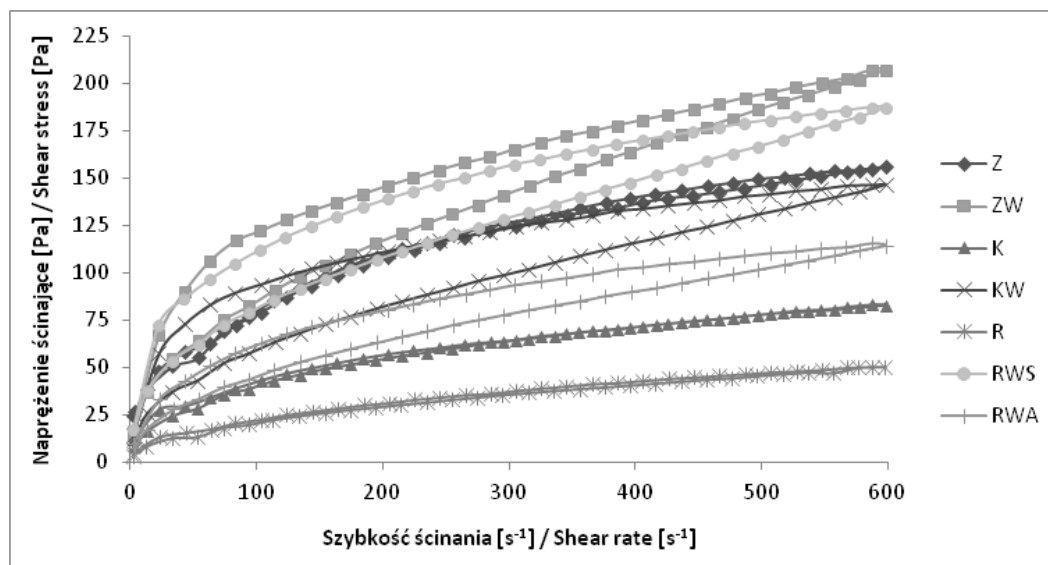
Analizę uniwersalnego profilu tekstury (TPA) wykonano z użyciem teksturometru TA.XT2 firmy Stable Micro Systems (Wielka Brytania). Stosowano aluminiową cylindryczną sondę o średnicy 35 mm. Próbkę były dwukrotnie penetrowane na głębokość 20 mm z prękością 0,5 mm. Wyznaczono następujące wyróżniki tekstury: twardość (N), adhezynność (N×s), spójność, sprężystość i gumowatość (N). Pomiar wykonano w trzech powtórzeniach a prezentowane wyniki stanowią średnia arytmetyczną.

Pomiar barwy wykonano z użyciem kolorymetru trójdłukowy CR-300 firmy Minolta (Japonia) w następujących warunkach pomiarowych: obserwator 2°, iluminant C, przestrzeń barw CIE L*a*b*. Pomiar wykonano w trzech powtórzeniach, a prezentowane wyniki stanowią średnią arytmetyczną.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na właściwości reologiczne keczupu w dużej mierze ma wpływ dodatek substancji zagęszczających oraz ilość i wielkość zawieszonych cząstek stałych (Juszczak i in., 2012). Badania reologiczne pozwalają na dobór odpowiedniej substancji zagęszczającej, co jest istotne ze względu na fakt, iż właściwości reologiczne keczupu stanowią jedno z najważniejszych determinantów decydujących o jakości tego wyrobu (Fortuna i in., 2002). Na rysunku 1 przedstawiono krzywe płynięcia badanych keczupów, z kolei w tabeli 1 podano wartości parametrów równań reologicznych, które zastosowano do ich opisu. Wszystkie badane sosy stanowiły płyny nienewtonowskie, pseudoplastyczne, tiksotropowe z granicą płynięcia, co potwierdza obserwacje innych badaczy (Fortuna i in., 2002; Juszczak i in., 2002; Sharoba i in. 2005; Śmigielska i in., 2013). Wartości naprężeń ścinających przy maksymalnej zdanej szybkości ścinania przyjmowały wartości z zakresu do 50 do 210 Pa. Największe wartości naprężeń ścinających osiągnął keczup z zagęszczoną skrobią ziemniaczaną woskową (ZW), z kolei najmniejsze keczup z dodatkiem skrobi

ryżowej zwykłej (R). Zakres naprężeń ścinających uzyskanych dla wszystkich badanych próbek za wyjątkiem sosów z dodatkiem skrobi zwykłych ryżowej (R) i kukurydzianej (K), był podobny jak otrzymany przez innych badaczy dla wyrobów handlowych. (Juszczak i in., 2002; Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Ze względu na pochodzenie botaniczne keczupy zagęszczane skrobiami woskowymi charakteryzowały się wyższymi wartościami naprężeń ścinających w stosunku do skrobi zwykłych. Ponadto keczupy z dodatkiem skrobi woskowych cechowały się znacznie większymi polami pętli histerezy tiksotropii, co z kolei jest niekorzystne i świadczy o braku stabilizacji właściwości reologicznych produktu (Sikora i in., 2011).



Rys. 1. Krzywe płynięcia badanych keczupów
Fig. 1. Flow curves of analyzed ketchups

Modele równań reologicznych zastosowane do opisu krzywych płynięcia wykazywały bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych (tab. 1). Współczynnik konsystencji (K) w modelu Ostwalda de Waele'a przyjmował wartości z zakresu od 2,72 do 28,58 Pa. Analogicznie jak w przypadku naprężeń ścinających, wartości współczynnika konsystencji dla wszystkich sosów za wyjątkiem zagęszczonych zwykłymi skrobią ryżową oraz kukurydzianą, przyjmowały podobne wartości do produktów handlowych, których wartości mieściły się w zakresie od 10,88 do 28,86 Pa (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Podobna zależność jednak nie została zaobserwowana dla wskaźnika płynięcia (n) bądź lepkości plastycznej Cassona (η_c), których wartości były zazwyczaj wyższe w przypadku produktów handlowych (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Różnice te mogą wynikać z faktu że do zagęszczania keczupów handlowych najczęściej wykorzystywane są skrobie modyfikowane. Zarówno współczynnik konsystencji w modelu Ostwalda de Waele'a, jak i lepkość plastyczna Cassona dość dobrze opisywały

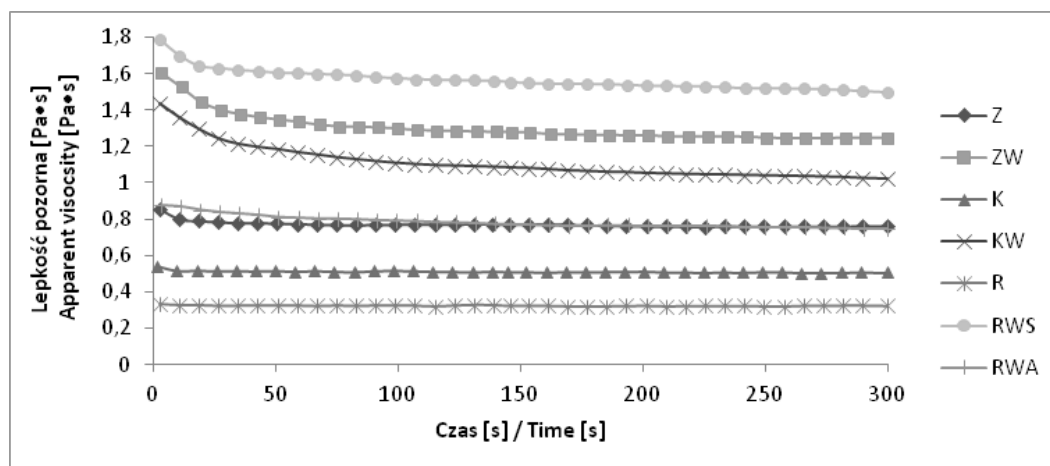
charakterystykę płynięcia badanych keczupów. Przykładowo dla keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej oraz ryżowej zwykłej, które charakteryzował się skrajnymi wartościami naprężeń ścinających, wyliczona wartość η_c była odpowiednio najwyższa i najniższa. Podobna zależność dotyczyła wartości K , która co prawda była nieznacznie wyższa dla keczupu z dodatkiem skrobi Remyline WS jednak przebieg tej krzywej niewiele różnił się od keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej.

Tabela 1

Wartości parametrów modeli reologicznych, którymi opisano krzywe płynięcia
Values of rheological model parameters used to describe flow curves

Keczup Ketchup	Model Ostwalda de Waele'a Ostwald de Waele model			Model Cassona Casson model			Tiksotropia Thixotropy [Pa/s]
	K [Pa·s ⁿ]	n	R^2	τ_0 [Pa]	η_c [Pa·s]	R^2	
Z	13,82	0,3677	0,9971	36,65	0,06428	0,9869	-806
ZW	27,13	0,3168	0,9973	63,16	0,07434	0,9782	12360
K	8,77	0,3499	0,9854	22,23	0,03404	0,9820	932
KW	25,84	0,2735	0,9972	54,19	0,04266	0,9690	13030
R	2,72	0,4562	0,9981	8,76	0,03014	0,9936	1047
RWS	28,58	0,2961	0,9989	63,47	0,06167	0,9783	13760
RWA	11,71	0,3611	0,9985	30,42	0,05127	0,9800	7460

Podobnie jak w przypadku innych zawiesin keczup nie jest płynem stabilnym reologicznie, a jego lepkość zależy od czasu ścinania (Juszczak i in., 2012). Na rysunku 2 przedstawiono krzywe zależności lepkości pozornej od czasu badanych keczupów.



Rys. 2. Krzywe zależności lepkości pozornej od czasu ścinania
Fig. 2. Apparent viscosity versus shear time curves

Wartości lepkości pozornej keczupów otrzymane przy wyznaczaniu krzywych płynięcia są tożsame z wynikami otrzymanymi przy stałej szybkości ścinania. Aczkolwiek przy stosunkowo niskiej szybkości ścinania 50 s^{-1} keczup zagęszczony skrobią Remyline

xs charakteryzował się wyższą lepkością w stosunku do keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, co widoczne jest również przy niższych szybkościach ścinania na rysunku 1. Wszystkie badane sosy były rozrzedzane ścinaniem, a sosy z dodatkiem skrobi woskowych cechował znaczny spadek lepkości w pierwszej minucie ścinania. Z kolei sosy zagęszczone skrobiami zwykłymi niemal natychmiast osiągały lepkość równowagową. Różnice te znajdują także odzwierciedlenie na krzywych płynięcia gdzie jak wspomniano keczupy z dodatkiem skrobi woskowych cechowały się znacznie większymi pętlami histerezy tiksotropii.

Równanie potęgowe zastosowane do opisu krzywych zależności lepkości pozornej od czasu badanych keczupów (tab. 2) wykazywało: bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych w przypadku keczupów z dodatkiem skrobi woskowych, dobre dla ziemniaczanej zwykłej i zadowalające dla ryżowej i kukurydzianej zwykłej. Gorsze dopasowanie w przypadku keczupów z dodatkiem skrobi zwykłych wynika z przebiegu krzywych, których lepkość nieznacznie zmalała w czasie. Jednakże zarówno modele liniowy oraz constans, nie zapewniały wyższej wartości współczynnika determinacji (R^2). Znaczny spadek lepkości keczupów z dodatkiem skrobi woskowych został bardzo dobrze odwzorowany za pomocą współczynnika B, który przyjmował wartości z zakresu od -0,03176 do -0,08381, a dla keczupów zagęszczonych skrobiami zwykłymi od -0,00482 do -0,01313. Wartości lepkości pozornej zostały dobrze przedstawione w postaci współczynnika A, który informuje o początkowej lepkości układu.

Tabela 2

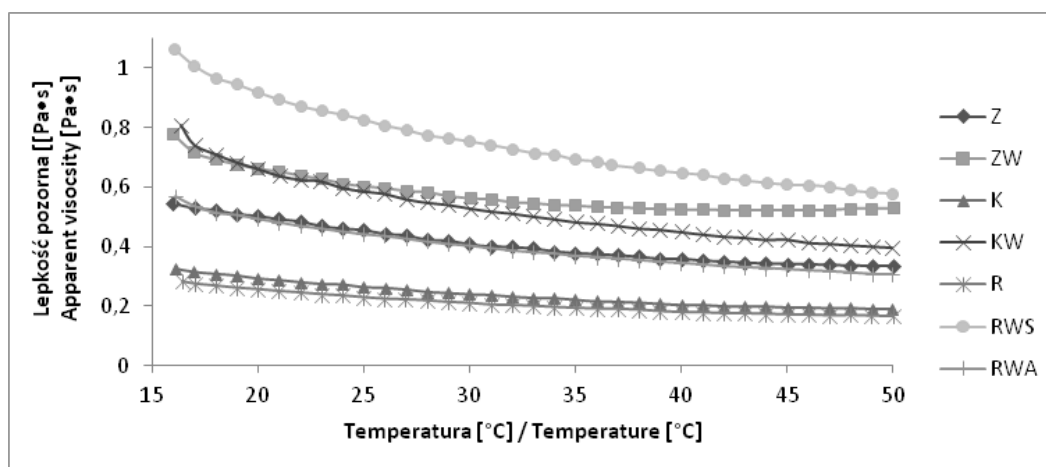
Wartości parametrów równania potęgowego, którymi opisano zmianę lepkości pozornej w czasie
Values of exponential equation parameters used to describe changes in apparent viscosity over time

Keczup — Ketchup	A	B	R^2
Z	0,822	-0,01313	0,8192
ZW	1,713	-0,05808	0,9790
K	0,529	-0,00745	0,7017
KW	1,644	-0,08381	0,9948
R	0,332	-0,00482	0,6488
RWS	1,821	-0,03176	0,9794
RWA	0,961	-0,04223	0,9862

Temperatura ma znaczący wpływ na lepkość płynów, wraz ze wzrostem temperatury rośnie energia jaka jest dostarczana do próbki, wskutek czego oddziaływania oraz tarcie międzycząsteczkowe podczas płynięcia jest zmniejszone (Juszczak i in., 2012). Ma to szczególnie znacznie dla konsumentów, ponieważ keczup którego lepkość znacząco spada wraz ze wzrostem temperatury będzie spływał z ciepłych potraw. Na rysunku 3 przedstawiono zależność lepkości od temperatury badanych keczupów, z kolei w tabeli 3 podano wartości parametrów równania Arrheniusa zastosowanego do ich opisu. Wykazywało ono bardzo dobre dopasowanie do danych eksperymentalnych $R^2 > 0,9860$.

Próbki o najniższej lepkości (z dodatkiem skrobi kukurydzianej i ryżowej zwykłej) charakteryzowały się podobnym obrazem na wykresie zależności lepkości od temperatury, co znalazło odzwierciedlenie w nieznacznie różniących się parametrach równania Arrheniusa. Podobna zależność dotyczyła keczupów zagęszczonych skrobią ziemniaczaną

oraz ryżową woskową (Remyline AX-DR). Największy spadek lepkości zaobserwowano dla keczupów z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej (Remyline XS) oraz kukurydzianej woskowej. W przypadku tego ostatniego w początkowym zakresie temperatur (16–22°C) jego lepkość była zbliżona do keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, jednak wraz z dalszym wzrostem temperatury różnica w ich lepkości rosła. Szczególnie ciekawa zależność jest widoczna dla keczupu z dodatkiem skrobi ziemniaczanej woskowej, ponieważ powyżej temperatury 35°C jego lepkość praktycznie była stała. Ponadto w końcowym etapie eksperymentu przy temperaturze 50°C zrównała się z najbardziej lepkiem keczupem z dodatkiem skrobi ryżowej woskowej Remyline XS. Odzworowaniem tego jest znacznie wyższa energii aktywacji płynięcia w porównaniu do pozostałych sosów (tab. 3).



Rys. 3. Krzywe zależności lepkości pozornej od temperatury
Fig. 3. Apparent viscosity versus temperature curves

Tabela 3

Wartości parametrów równania Arrhenius
Values of Arrhenius equation parameters

Keczup — Ketchup	η_{sp} [Pa·s]	E [J/mol]	R ²
Z	0,2651	104,2	0,9868
ZW	0,4240	176,5	0,9914
K	0,1501	110,1	0,9860
KW	0,3056	129,5	0,9927
R	0,1310	110,0	0,9893
RWS	0,4643	113,2	0,9909
RWA	0,2440	116,4	0,9875

Parametry uniwersalnego profilu tekstury (TPA), w którego skład wchodzi: twardość, adhezyjność, spójność, sprężystość i gumowatość zastawiono w tabeli 4. Największe różnicowanie zaobserwowano dla parametrów twardości, adhezyjności oraz gumowatości co jest typowe dla tego rodzaju produktów (Śmigielska i in., 2012; Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Najwyższe wartości tych parametrów charakteryzowały keczup z dodatkiem skrobi

ziemniaczanej zwykłej, który cechował się umiarkowaną lepkością a badaniach reologicznych. Kolejny, jednak z istotnie niższymi parametrami był keczup z dodatkiem skrobi Remyline XS. Najniższymi wartościami TPA cechowały się keczup z dodatkiem skrobi ryżowej zwykłej oraz woskowej (Remyline AX-DR). Za wyjątkiem adhezyjności parametry profilu tekstury keczupów z dodatkiem obu skrobi kukurydzianych nie różniły się statystycznie istotnie. Zaobserwowano też ciekawą zależność znacznego wzrostu adhezyjności w stosunku do twardości keczupów, co jest spowodowane różnicą w sposobie pomiaru tych wielkości. Badania uniwersalnego profilu tekstury keczupów nie dostarczyłożsamyh wyników z badaniami reologicznymi. Świadczy to o konieczności przeprowadzania obu badań w celu uzyskania pełnej informacji o konsystencji produktu jakim jest keczup.

Tabela 4

Wartości parametrów profilu tekstury
Values of texture profile parameters

Keczup Ketchup	Twardość [N] Hardness [N]	Adhezyjność [N×s] Adhesiveness [N×s]	Spójność Cohesiveness	Sprężystość Springiness	Gumowatość [N] Gumminess [N]
Z	0,78 ± 0,02	-4,05 ± 0,09	0,80 ± 0,01ab	0,97 ± 0,01a	0,62 ± 0,02
ZW	0,56 ± 0,00	-1,50 ± 0,15	0,81 ± 0,01ab	1,00 ± 0,00bcd	0,45 ± 0,01
K	0,53 ± 0,01a	-0,78 ± 0,05	0,80 ± 0,00ab	0,99 ± 0,01abef	0,42 ± 0,00a
KW	0,52 ± 0,01a	-1,12 ± 0,15	0,80 ± 0,03ab	1,01 ± 0,01cdg	0,42 ± 0,01a
R	0,40 ± 0,01	-0,02 ± 0,01a	0,76 ± 0,00c	0,98 ± 0,01abe	0,30 ± 0,00
RWS	0,64 ± 0,00	-3,12 ± 0,16	0,83 ± 0,01a	1,03 ± 0,02g	0,53 ± 0,01
RWA	0,44 ± 0,01	-0,30 ± 0,05a	0,78 ± 0,01bc	1,00 ± 0,00ed	0,34 ± 0,00

Objaśnienia: wartości oznaczone tą samą literą (w kolumnie) nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)
 Explanatory notes: values marked with the same letter (in the column) do not significantly differ ($p > 0,05$)

Barwa jest jedną z najważniejszych cech jakościowych żywności, szczególnie w przypadku takiego produktu jak keczup, ponieważ wielu konsumentów utożsamia intensywność barwy keczupu z zawartością pomidorów (Śmigielska i Lewandowicz, 2013). Jednak wpływ na barwę keczupu ma wiele czynników, jednym z nich może być dodatek substancji zagęszczającej. W tabeli 5 zestawiono składowe barwy keczupów w systemie CIE $L^*a^*b^*$. Największa obliczona ogólna różnica barwy (ΔE) wynosiła 2,70 i wstępowała między keczupami K i ZW. Jednak ΔE na takim poziomie jest zauważalna wyłącznie gdy produkty sąsiadują ze sobą. Sosami o największych różnicach w wartościach wszystkich składowych barwy były kolejno: ZW, Z i RWS. Barwa pozostałych sosów różniła się w stopniu niezauważalnym dla potencjalnego konsumenta, a maksymalna wartość ΔE między nimi wynosiła poniżej 0,4. Niższe wartości czerwonej (a^+) oraz żółtej (b^+) składowej barwy w keczupach ZW, Z i RWS w głównej mierze mogły wynikać z niższej jasności (L) tych sosów, co wynika z budowy przestrzeni barw CIE $L^*a^*b^*$.

Tabela 5

Wartości parametrów barwy w systemie CIE L*a*b*
Values of color components in CIE L*a*B* system

Kecsup — Ketchup	L	a(+)	b(+)
Z	34,37 ± 0,02a	13,53 ± 0,02	8,07 ± 0,03
ZW	33,91 ± 0,02	12,73 ± 0,09	7,49 ± 0,02
K	35,28 ± 0,02	14,29 ± 0,03ab	9,22 ± 0,04
KW	35,08 ± 0,01b	14,32 ± 0,02a	8,97 ± 0,01a
R	35,01 ± 0,01c	14,53 ± 0,02	9,07 ± 0,01
RWS	34,36 ± 0,03a	14,09 ± 0,04c	8,52 ± 0,02
RWA	35,04 ± 0,04bc	14,16 ± 0,07bc	8,94 ± 0,02a

Objaśnienia: wartości oznaczone tą samą literą (w kolumnie) nie różnią się statystycznie istotnie ($p > 0,05$)

Explanatory notes: values marked with the same letter (in the column) do not significantly differ ($p > 0,05$)

WNIOSKI

Keczupy wyprodukowane z dodatkiem skrobi zwykłych oraz woskowych różnego pochodzenia botanicznego cechują się odmienną charakterystyką reologiczną. Lepkość sosów z dodatkiem skrobi woskowych w stosunku do zwykłych pochodzących z tego samego gatunku roślin jest znacznie wyższa, niezależnie od szybkości i czasu ścinania oraz temperatury. Najsilniejszymi właściwościami teksturotwórczymi w tego typu sosach cechują się skrobie ziemniaczane zwykła oraz woskowa i skrobia ryżowa woskowa Remyline XS. Wpływ rodzaju zastosowanej skrobi na barwę zagęszczanego keczupu jest stosunkowo niewielki, jednak skrobie o silniejszych właściwościach teksturotwórczych obniżały jasność keczupu. Z ekonomicznego punktu widzenia skrobia ziemniaczana woskowa oraz ziemniaczana zwykła powinny być rekomendowane do zgęszczania sosów typu keczup.

LITERATURA

- Avebe. 2006. Eliane™ The New Waxy Potato Starch of Avebe. Detmold. <http://www.agfdt.de/loads/st06/semiabb.pdf> (dostęp: 01.03.2014).
- Cai L., Shi Y. C. 2010. Structure and digestibility of crystalline short-chain amylose from debranched waxy wheat, waxy maize and waxy potato starches. *Carbohydr. Polym.* 79: 1117 — 1123.
- Huang J., Chen Z., Xu Y., Li H., Liu S., Yang D., Schols H. A. 2014. Comparison of waxy and normal potato starch remaining granules after chemical surface gelatinization: Pasting behavior and surface morphology. *Carbohydr. Polym.* 102: 1001 — 1007.
- Juszczak L., Fortuna T., Maziarz M. 2002. Wybrane właściwości reologiczne keczupów handlowych. *Żywn.-Nauk. Technol.* 1 (30): 88 — 98.
- Juszczak L., Oczadły Z., Gałkowska D. 2012. Effect of Modified Starches on Rheological Properties of Ketchup. *Food Bioprocess Technol.* DOI 10.1007/s11947-012-0813-x.
- Leszczyński W. 2004. Skrobia — surowiec przemysłowy, budowa i właściwości. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 500: 69 — 99.
- Luo F. X., Huang Q., Xiong F., Zhang L. X., Yu S.J. 2009. Preparation and characterisation of crosslinked waxy potato starch. *Food Chem.* 115: 563 — 568.
- Nakamura T., Yamamori M., Hirano H., Hidaka S., Nagamine T. 1995. Production of waxy (amylose-free) wheats. *Mol. Gen. Genet.* 248: 253 — 259.
- Sharoba A. M., Senge B., El-Mansy A., Bahlol H.EIM., Blochwitz R. 2005. Chemical, sensory and rheological properties of some commercial German and Egyptian tomato ketchups. *Eur. Food Res. Technol.* 220: 142 — 151.

- Sikora M., Adamczyk G., Krystyjan M. 2011. Tiksotropia miarą niestabilności ciekłych produktów żywnościowych. *Żywn-Nauk. Technol.* 1 (74): 5 — 14.
- Śmigielska H., Lewandowicz J. 2013. Quality determinants of tomato ketchups available on Polish market, In: Błaszczak A. (ed.). *Innovations and product quality*. Poznan University of Economics. Poznań. (w druku)
- Śmigielska H., Lewandowicz J., Le Thanh-Blicharz J. 2013. Wpływ skrobi odpornej typu RS4 na barwę i właściwości reologiczne keczupu. *Żywn-Nauk. Technol.* 2 (87): 137 — 149.
- Tegge G. 2010. Skrobia i jej pochodne. Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Małopolski. Kraków.
- Varatharajan V., Hoover R., Li J., Vasanthan T., Nantanga K. K. M., Seetharaman K., Liu Q., Donner E., Jaiswal S., Chibbar R. N. 2011. Impact of structural changes due to heat-moisture treatment at different temperatures on the susceptibility of normal and waxy potato starches towards hydrolysis by porcine pancreatic alpha amylase. *Food Res. Int.* 44: 2594 — 2606.
- Varatharajan V., Hoover R., Liu Q., Seetharaman K. 2010. The impact of heat-moisture treatment on the molecular structure and physicochemical properties of normal and waxy potato starch. *Carbohydr. Polym.* 81: 466 — 475.
- Vilaplana F., Hasjim J., Gilbert R. G. 2012. Amylose content in starches: Toward optimal definition and validating experimental methods. *Carbohydr. Polym.* 88: 103 — 111.
- Walkowski A., Lewandowicz G., Balcerek W., Szymańska G., Voelkel E. 2004. Właściwości użytkowe wysokoamylopektynowej skrobi ziemniaczanej oraz preparatów z niej wytworzonych. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 500: 513 — 524.
- Yoo S. H., Jane J. L. 2002. Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydr. Polym.* 49: 297 — 305.
- Zhang H., Zhang W., Xu C., Zhou X. 2013. Morphological features and physicochemical properties of waxy wheat starch. *Int. J. Biol. Macromol.* 62: 304 — 309.
- Zhu L.J., Liu, Q.Q., Sang Y., Gu M. H., Shi Y.C. 2010. Underlying reasons for waxy rice flours having different pasting properties. *Food Chem.* 120: 94 — 100.

SŁAWOMIR WRÓBEL**BARBARA ROBAK**

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin — Państwowy Instytut Badawczy w Radzikowie
Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemiaka w Boninie

Charakterystyka nowych odmian ziemniaka pod względem możliwości przerywania spoczynku bulw

New potato cultivars characterized in regard to dormancy breaking of tubers

W badaniach oceniano możliwość przerywania spoczynku bulw nowych odmian ziemniaka bezpośrednio po zbiorze na potrzeby próby oczkowej. Znajomość tej cechy odmianowej w istotny sposób usprawnia wykonywanie prób oczkowych we wczesnych terminach — tuż po zbiorach. Przebadano 23 odmiany (Bogatka, Boryna, Danuta, Etiuda, Eurostar, Gwiazda, Hermes, Honorata, Hubal, Ignacy, Igor, Innovator, Jubilat, Jurata, Jurek, Kaszub, Lavinia, Malaga, Mondeo, Oberon, Riviera, Sylvana, VR 808). Bulwy do badań pobierano z poletek zgodnie z urzędowymi terminami pobierania prób do badań weryfikacyjnych. Do przerywania spoczynku wykorzystano metodę polegającą na 15-minutowym moczeniu wycinków bulw w wodnym roztworze gibereliny, tiomocznika, Biseptolu 480 (sulfamethoxazolum, trimethoprimum) i daminozydu (B-Nine 85 SP). Większość badanych odmian miała relatywnie łatwy do przerywania spoczynek. U odmian Boryna, Hermes i Sylvana był on nieco trudniejszy pod tym względem w niektórych latach, dlatego korzystne jest przesunięcie zabiegu przynajmniej o 2–3 tygodnie po zbiorze. Do odmian, których spoczynek przerwać trudno, należą Hubal i Etiuda. Dla nich procedurę należy rozpoczynać znacznie później — nie wcześniej niż po 5 tygodniach od pobrania próby z pola. Zbyt wczesne przerywanie spoczynku tych odmian powodowało kiełkowanie jedynie około 36–64% wycinków bulw. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy długością okresu spoczynku poszczególnych odmian a trudnością jego przerywania, jednak analizując poszczególne grupy wczesności, zaobserwowano znaczną ujemną współzależność ($r = -0,66$) w grupie odmian średnio wczesnych, co wskazuje, że dłuższy spoczynek u tych odmian jest relatywnie łatwiejszy do przerywania.

Słowa kluczowe: daminozyd, giberelina, spoczynek bulw, tiomocznik, ziemniak

Presented studies evaluated the effectiveness of breaking the tuber dormancy immediately after harvest for new potato varieties, as a part of procedure of the grow-out test. Knowledge of this varietal characteristics significantly improves the performance of the grow-out test executed right after harvest.

Redaktor prowadzący: Katarzyna Mikołajczyk

Praca rekomendowana przez Redakcję Biuletynu Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin

Examined varieties (23) were following: Bogatka, Boryna, Danuta, Etiuda, Eurostar, Gwiazda, Hermes, Honorata, Hubal, Ignacy, Igor, Innovator, Jubilat, Jurata, Jurek, Kaszub, Lavinia, Malaga, Mondeo, Oberon, Riviera, Sylvana, VR 808. Tuber samples were collected from the plots according to the official schedule of tuber sampling for virus indexation. To break the dormancy, eye-plugs were soaked for 15 min in aqueous solution of gibberellic acid, thiourea, Biseptol 480 (Sulfamethoxazolium, Trimethoprimum) and daminozide (B-Nine 85 SP). For most of the studied cultivars it was relatively easy to break the dormancy. In the case of cultivars Boryna, Hermes and Sylvana, breaking was slightly more difficult, therefore, it is preferable to shift the treatment to at least 2–3 weeks after harvesting. Cultivars Hubal and Etiuda required at least 5 weeks of resting for efficient dormancy breaking. For these cultivars sprouting occurred only for 36–64% eye-plugs if dormancy was broken too early. There was no correlation between the length of the resting period of each variety and difficulty of the dormancy breaking. However, when analyzed by different groups of maturity significant negative correlation was observed ($r = -0.66$) in the medium early cultivars indicating that a longer resting period in these varieties is relatively easier to break.

Key words: dormancy, gibberellic acid, new cultivars, potato, thiourea

WSTĘP

Bulwy ziemniaka po zbiorze są w tzw. spoczynku, co oznacza, że nie są one zdolne do kiełkowania. Długość spoczynku jest bardzo różna i ściśle związana z odmianą oraz warunkami wegetacji i przechowywania (Ranalli i in., 1994; Zarzyńska, 2004; Andrenelli i in., 2005; Wróbel, 2008; Wróbel i Robak, 2009). Im dłuższym okresem naturalnego spoczynku charakteryzuje się odmiana, tym koszt przechowywania ziemniaków jadalnych i sadzeniaków jest mniejszy. Obecnie jest wiele metod pozwalających na hamowanie procesu kiełkowania. Jedną z nich jest niska temperatura, około 2°C, ale w przypadku niektórych odmian jest to niewystarczające. Zahamowanie kiełkowania można osiągnąć również poprzez użycie syntetycznych inhibitorów zawierających np. hydrazyd maleinowy czy chlorprofam (Wiltshire i Cobb, 1996) z tym, że są to związki często trwale upośledzające późniejsze kiełkowanie i nie można ich stosować w przechowywaniu sadzeniaków. W przypadku sadzeniaków częstym problemem jest trudny do przerwania spoczynek zaraz po zbiorze (Wróbel, 2008; Wróbel i Robak, 2009, 2011), gdyż uniemożliwia wykonanie próby oczkowej, która jest podstawą urzędowych badań zdrowotności wykonywanych przez wojewódzkie laboratoria Państwowej Inspekcji Ochrony Roślin i Nasiennictwa (PIORiN).

Przerywanie spoczynku bulw może być indukowane poprzez czynniki chemiczne, hormonalne lub fizyczne. W zależności od terminu zastosowania czynnika może on zakończyć spoczynek bulw lub stymulować wzrost kiełków po naturalnym zakończeniu okresu uśpienia. Środki chemiczne wykorzystywane do przerywania spoczynku bulw, jak bromek etylu, rindite, chlorohydryna etylenu, dwusiarczek węgla, są niebezpieczne dla ludzi i środowiska, natomiast inne, jak kwas giberelinowy, tiomocznik lub benzyloadenina, nie zawsze są skuteczne, szczególnie w przypadku odmian o głębokim spoczynku (Coleman, 1984; Struik i Wiersema, 1999; Akoumianakis i in., 2000; Wróbel, 2008). W Polsce do przerywania spoczynku wykorzystuje się głównie kwas giberelinowy, kinetynę, tiomocznik i tylko w jednym laboratorium PIORiN w Poznaniu gazowanie bromkiem etylu.

W większości prac oceniany jest głównie wpływ poszczególnych środków na długość okresu spoczynku. W rzeczywistości większe znaczenie w nasiennictwie ma możliwość szybkiego i skutecznego przerywania spoczynku bulw w okresie niepełnej dojrzałości fizjologicznej, w szczególności u odmian trudno kiełkujących. Badania takie prowadzone w Polsce są w Zakładzie Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka IHAR — PIB w Boninie.

Celem badań była ocena 23 najnowszych odmian ziemniaka pod kątem trudności w przerywaniu ich spoczynku oraz określenie najwcześniejszego z możliwych terminu tego zabiegu na potrzeby prób oczkowych wykonywanych zaraz po zbiorze.

MATERIAŁ I METODY

Oceny odmian dokonywano w latach 2011–2013. W tym czasie przebadano i scharakteryzowano 23 odmiany, z tego 6 wstępnie (tab. 1).

Tabela 1

Wykaz odmian ziemniaka ocenianych w poszczególnych latach
List of potato varieties assessed in each year

Odmiana Cultivar	Wczesność Maturity [†]	Rejestracja w Polsce Registration in Poland	Lata badań — Years		
			2011	2012	2013
Gwiazda	w	2011	+	+	+
Hubal	w	2011	+	+	+
Ignacy	w	2012		+	+
Innovator	w	2002		+	+
Bogatka	sw	2013			+
Boryna	sw	2012		+	+
Etiuda	sw	2011	+	+	+
Hermes	sw	—	+	+	+
Honorata	sw	2012		+	+
Igor	sw	2012		+	+
Jubilat	sw	2011	+	+	+
Jurata	sw	2011	+	+	+
Jurek	sw	2012		+	+
Kaszub	sw	2012		+	+
Lavinia	sw	2013			+
Malaga	sw	2013			+
Oberon	sw	2012		+	+
Riviera	sw	—			+
Sylvana	sw	—	+	+	+
VR 808	sw	2012			+
Danuta	sp	2009	+	+	
Eurostar	sp	2013			+
Mondeo	sp	2013			+

[†] w — wczesna; early, sw — średnio wczesna; mid-early, sp — średnio późna; mid-late

Cykle oceny nowych odmian ziemniaka były minimum 2-letnie. Dłuższy cykl (3-letni) dotyczył odmian, dla których uzyskane wcześniej wyniki były niejednoznaczne lub do końca niepewne. Bulwy do badań pochodziły z rozmnożeń polowych sadzeniaków kwalifikowanych lub elitarnych pochodzących bezpośrednio od hodowcy lub przedstawiciela danej odmiany. Dla zapewnienia odpowiedniej ilości materiału do badań wysadzano po 100 bulw każdej z odmian w ostatnim tygodniu kwietnia w rozstawie 75 ×

30 cm. Poletka przez cały okres wegetacji chroniono przed chorobami grzybowymi (od 4 zabiegów na odmianach wczesnych do 7 na późnych) i stonką ziemniaczaną (1–2 zabiegi w sezonie).

Do zbioru przystępowano jeszcze przed naturalnym zakończeniem wegetacji, zgodnie z urzędowymi terminami przewidzianymi w rozporządzeniu Ministerstwa Rolnictwa i Rozwoju Wsi w sprawie metod pobierania prób materiału siewnego i okresu ich przechowywania oraz metod dokonywania oceny materiału siewnego (Dz.U. 55 z dnia 30.03.2007, poz. 363), przy czym nie wykonywano desykacji naci (tab. 2). Z zebranego plonu dla każdej odmiany i dla każdego terminu badań wybierano losowo po 200 bulw o średnicy około 40–60 mm. W roku 2011 ocenę wykonywano w 2 powtórzeniach po 100 bulw, a od roku 2012 — w 3 powtórzeniach po 50 bulw. Z każdej bulwy wycinano półkolistą łyżeczką fragment w kształcie kulki o średnicy około 2 cm wraz z oczkiem, który następnie mocowano w roztworze wodnym gibereliny ($1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$), tiomocznika ($10 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$), Biseptolu 480 (sulfamethoxazolum, trimethoprimum — $67,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) i B-Nine 85 SP (85% daminozydu — związek z grupy hydrazydów — $3 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$). Na każde 1000 wycinków przygotowywano 10 litrów roztworu. Czas moczenia wynosił 15 minut. Po tym czasie wycinki płukano pod bieżącą wodą w celu zmycia pozostałości roztworu. Następnie układano je na wilgotnym torfie oczkiem skierowanym do dołu i umieszczano w ciemnym pomieszczeniu o temperaturze około 20–21°C i wilgotności 80–85% na 21 dni. W tym czasie utrzymywano podłoże torfowe w stanie wilgotnym poprzez odpowiednio częste zraszanie wodą.

Tabela 2

Terminy pobierania prób bulw ziemniaka do badań
The dates of samplings of potato tubers for testing

Grupa wczesności Group of maturity	Termin urzędowy The official date	Termin w doświadczeniu The date in experiment
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	po 10 lipca after 10 July	I tydzień sierpnia I week of August
Średnio wczesne Mid-early	po 1 sierpnia after 1 August	II dekada sierpnia II decade of August
Średnio późne i późne Mid-late and late	po 20 sierpnia after 20 August	III dekada sierpnia — I dekada września III decade of August — I decade of September

Skuteczność przerywania spoczynku oceniano w 3 terminach: pierwszy — zaraz po pobraniu prób, drugi — 5 tygodni później oraz trzeci — po 10 tygodniach. Pierwszą obserwację dotyczącą skuteczności przerywania spoczynku bulw wykonywano po 10 dniach, następne w odstępach 3–4-dniowych. Jeżeli odmiana spełniła założone kryteria już w pierwszym terminie, kolejne próby (po 5 i 10 tygodniach) nie były z reguły wykonywane. Za skuteczne przerwanie spoczynku przyjęto termin, w którym wycinki spełniały oba poniższe kryteria:

- 80% było wyraźnie pobudzonych i miało kielki długości powyżej 2 mm,
- 50% wycinków miało kielki o długości minimum 15 mm.

Założenie to ma związek z obserwacjami z lat poprzednich, z których wynikało, że w przypadku niektórych odmian pomimo wyraźnego pobudzenia kielków (wielkość około

2 mm) ich wzrost ulegał zahamowaniu, co w konsekwencji prowadziło do braku wschodów roślin.

Dla określenia zależności pomiędzy długością okresu spoczynku a trudnością jego przerywania wyliczono współczynniki korelacji Pearsona oraz współczynnik determinacji, który wskazuje jaki procent przypadków wyjaśnia zaistniała relacja.

WYNIKI I DYSKUSJA

Przebieg warunków wegetacji w poszczególnych latach badań był zdecydowanie odmienny (tab. 3). Analizując okres od czerwca do końca sierpnia, tj. okres wiązania bulw i ich wzrostu, można zauważyć, że najbardziej deszczowy był rok 2012. W analizowanym okresie spadło 372,4 mm deszczu. W pozostałych latach było to 268,2 mm (2011) i zaledwie 160 mm w roku 2013. Dodatkowo rok 2013 był zdecydowanie suchy, biorąc pod uwagę znacznie wyższe średnie temperatury w lipcu i sierpniu.

Tabela 3

Temperatura powietrza i opady w okresie wegetacji w Boninie w latach 2011–2013
Air temperature and rainfall in vegetation season 2011–2013 in Bonin

Miesiąc Month	Suma opadów (mm) Sum of rainfall			Średnia temperatura powietrza (°C) Average of air temperature		
	2011	2012	2013	2011	2012	2013
Kwiecień — April	19,6	37,8	16,6	10,1	7,6	6,6
Maj — May	56,0	21,0	37,6	12,9	13,2	14,0
Czerwiec — June	45,0	117,6	53,2	17,4	15,0	16,0
Lipiec — July	121,0	147,4	62,0	17,2	17,6	18,1
Sierpień — August	102,2	107,4	44,8	17,3	17,2	18,1
Suma — Sum	343,8	431,2	214,2	15,0	14,1	14,6

W opinii niektórych badaczy przebieg pogody w analizowanym okresie ma duże znaczenie dla długości okresu spoczynku zbieranych bulw. Zarzyńska (2004, 2010) stwierdza, że w latach suchych i ciepłych spoczynek bulw jest krótszy, a w wilgotnych i chłodnych jest on na ogół dłuższy. Natomiast Czerko (2011) w latach o większych wahaniami dekadowych temperatury w okresie wegetacji obserwował krótszy okres spoczynku bulw przechowywanych w 3°C. Według Zarzyńskiej (2010) odmiana Dorota ma średni okres spoczynku (do listopada), natomiast odmiany Kuras i Owacja zdecydowanie dłuższy — do grudnia. W badaniach stwierdzono wielokrotnie, że najtrudniejszy do przerywania spoczynek ma Dorota, natomiast pozostałe obie odmiany — łatwy. Dlatego, kierując się tymi spostrzeżeniami i na podstawie dostępnych danych dotyczących długości okresu spoczynku wielu uprawianych w Polsce odmian (Nowacki 2013), wyliczono współczynniki korelacji pomiędzy długością spoczynku a trudnością jego przerywania. Nie stwierdzono jednak związku pomiędzy tymi cechami (tab. 4).

Analizując natomiast ową współzależność w rozbiciu na grupy wczesności, udowodniono znaczną ujemną zależność w obrębie odmian średnio wczesnych, wskazującą że dłuższy spoczynek jest relatywnie łatwiejszy do przerywania. Obliczony dla tej zależności współczynnik determinacji wskazuje, że 35,4% przypadków wyjaśnia zaistniała relacja.

Tabela 4

Współczynniki korelacji Pearsona pomiędzy długością spoczynku bulw a trudnością jego przerywania
Pearson correlation coefficients between the length of tuber dormancy and the difficulty of its breaking

Wczesność Maturity	Liczba odmian Number of cultivars	Współczynnik korelacji (p = 0,05) Correlation coefficient	Współczynnik determinacji (%) Determination coefficient
Bardzo wczesne i wczesne Very early and early	28	0,00	0,0
Średnio wczesne Mid-early	19	-0,60	35,4
Średnio późne i późne Mid-late and late	15	-0,12	1,4
Ogółem — Sum	62	-0,09	0,7

Większość badanych odmian miała relatywnie łatwy do przerywania spoczynek (tab. 5). W ciągu 2 tygodni od wykonania zabiegu przerywania spoczynku udział skielkowanych wycinków bulw przekraczał 80%. Najszybszym kiełkowaniem wyróżniła się odmiana Igor, u której już w trakcie pierwszej obserwacji (po 10 dniach) w obu latach badań (2012 i 2013) stwierdzono prawie 100% skielkowanych wycinków, w tym ponad 90% było wielkości powyżej 5 mm. Szybkim kiełkowaniem po przerywaniu spoczynku wyróżniły się również odmiany Bogatka, Eurostar, Lavinia i Malaga, z tym że są to jeszcze wyniki wstępne.

Tabela 5

Reakcja na przerywanie spoczynku zaraz po pobraniu próby — odmiany łatwe
The reaction to dormancy breaking immediately after sample collection — easy cultivars

Odmiana Cultivar	Okres (w dniach) uzyskania 80% skielkowanych wycinków bulw Period (in days) of obtaining 80% of sprouting tubers		
	2011	2012	2013
Bogatka	—	—	<10
Boryna	—	11 [†]	22
Danuta	17	15	—
Eurostar	—	—	10
Gwiazda	15	13	<10
Hermes	15	18 [†]	14
Honorata	—	<10	12
Ignacy	—	17	<10
Igor	—	<10	<10
Innovator	—	13	12
Jubilat	12	<10 [†]	12
Jurata	15	<10	20
Jurek	—	11	13
Kaszub	—	<10	12
Lavinia	—	—	<10 [†]
Malaga	—	—	<10
Mondeo	—	—	13
Oberon	—	<10	12
Riviera	—	—	19
Sylvana	18	>24	17
VR 808	—	—	17

[†] wyniki oceny po 2 tygodniach od pobrania próby, ponieważ w pierwszym terminie ponad 50% wycinków zgniło —
 results of the evaluation after 2 weeks of sampling, because in the first time more than 50% of the tubers were rotten

W grupie tej można dodatkowo wyróżnić odmiany Honorata, Kaszub i Oberon, u których okres kiełkowania był tylko nieznacznie dłuższy, jednak nie przekraczający 12 dni. Trzy inne odmiany okazały się nieco trudniejsze, ponieważ nie wykazywały stabilności cechy w latach badań. Stwierdzono, że u odmian Boryna, Hermes i Sylvana przerwanie spoczynku było nieco trudniejsze w jednym sezonie, w innych natomiast dość łatwe. Z tego powodu w praktyce korzystne jest przesunięcie zabiegu przynajmniej o 2–3 tygodnie po zbiorze. Daje to gwarancję powodzenia procesu przerywania spoczynku standardowymi metodami.

W badaniach bardzo ważne jest wskazanie wśród rejestrowanych odmian tych, z którymi w późniejszym czasie mogą pojawiać się problemy w trakcie urzędowej kontroli zdrowotności sadzeniaków. Do odmian, których spoczynek przerwać trudno, należą Hubal i Etiuda. Dla nich procedurę należy rozpoczynać znacznie później — nie wcześniej niż po 5 tygodniach od pobrania próby z pola. Zbyt wczesne przerywanie spoczynku tych odmian powodowało skielkowanie po 21 dniach odpowiednio 36% i 64% wycinków bulw (tab. 6). W kolejnej próbie, wykonanej 5 tygodni później, 80% skielkowanych wycinków notowano również dość późno, w zależności od roku po 20–27 dniach.

Tabela 6

Reakcja na przerywanie spoczynku — odmiany trudne
The reaction to dormancy breaking — difficult cultivars

Odmiana Cultivar	Termin przerywania spoczynku Date of breaking dormancy	
	I termin — I date†	II termin — II date††
Etiuda	64%	23 dni
Hubal	36%	24 dni

† średni procent skielkowanych wycinków bulw po 21 dniach — average percent of sprouting tubers after 21 days

†† okres (dni) uzyskania 80% skielkowanych oczek — period (in days) of obtaining 80% of sprouting eyes

Badania nad oceną odmian pod kątem łatwości przerywania spoczynku prowadzone od roku 2004 pozwalają na ich odpowiednie zaszeregowanie. W niniejszym opracowaniu zestawiono w jednej tabeli (tab. 7) dotychczas przebadane i scharakteryzowane odmiany. Ma to na celu ułatwienie dostępu do informacji na ten temat, ponieważ wcześniejsze publikacje ukazywały się w różnym czasie i różnych miejscach (Wróbel, 2008; Wróbel i Robak, 2009, 2011).

Odmiany podzielono na 3 grupy. Odmiany łatwe to te, u których spoczynek jest łatwy do przerwania i możliwy zaraz po pobraniu prób z pola. Obecnie jest to najliczniejsza grupa odmian. Druga grupa to odmiany trudne, które potrzebują przynajmniej 5-tygodniowego okresu przerwy pomiędzy pobraniem próby z pola a procedurą przerywania spoczynku. W trzeciej grupie znalazły się odmiany, u których spoczynek jest najtrudniejszy do przerwania. W tym wypadku wymagany jest przynajmniej 10-tygodniowy okres przechowywania prób. Obecnie w tej grupie są to tylko 4 odmiany, z których Dorota ma spoczynek najtrudniejszy do przerwania (Wróbel i Robak, 2011). Struik i Wiersema (1999) stwierdzili, że głęboki spoczynek bulw można przerwać skutecznie jedynie po zastosowaniu gazowania bulw bromkiem etylu. W badaniach własnych stwierdzono, że alternatywą dla takich odmian jest przechowywanie bulw przez przynajmniej 10 tygodni.

Po tym czasie można skutecznie przerwać ich spoczynek, stosując standardową metodę z wykorzystaniem gibereliny i tiomocznika.

Tabela 7

Zalecane terminy rozpoczynania próby oczkowej dla poszczególnych odmian ziemniaka (w tabeli uwzględniono wszystkie dotychczas przebadane odmiany)
The recommended start dates of grow-out test for selected potato cultivars (table include all of tested varieties)

Termin przerywania spoczynku Date of breaking dormancy	Odmiany Cultivars
I termin (odmiany łatwe) bezpośrednio po zbiorze I date (easy cultivars) directly post-harvest	Agnes, Altesse, Annabelle, Arielle†, Aruba, Bellarosa, Benek, Berber, Bogatka‡, Boryna†, Bursztyn, Cecile, Carrera, Courage, Cyprian†, Dali, Danuta, Denar†, Etola, Eugenia, Eurostar‡, Ewelina, Felka Bona, Finezja, Flaming, Gawin, Gloria, Gustaw, Gwiazda, Hermes†, Honorata, Ignacy, Igor, Ingrid, Innovator, Inwestor, Jelly, Jubilat, Jurata, Jurek, Justa, Karatop, Kaszub, Korona, Kuras, Lavinia‡, Legenda, Malaga‡, Marlen, Michalina, Miłek, Mondeo‡, Oberon, Owacja, Pokusa, Promyk†, Quincy, Riviera‡, Satina, Sekwana, Soplica, Stasia, Sylvana†, Ślęza, Tetyda, Tucan, Vineta, Viviana, VR 808†, Wiarus, Wist, Zagłoba, Zenia, Zeus, Zuzanna
II termin (odmiany trudne) 5 tygodni po zbiorze II date (difficult cultivars) 5 week post-harvest	Ametyst, Antoinet, Bosman, Etiuda, Fribona, Gracja, Hubal, Jutrzenka, Krasa, Oman, Pasat, Roxana, Rudawa, Sagitta, Syrena, Zebra
III termin (odmiany bardzo trudne) 10 tygodni po zbiorze III date (very difficult cultivars) 10 week post-harvest	Andromeda, Dorota, Medea, Monsun

‡ ocena wstępna — preliminary assessment

† próbę oczkową należy wykonywać nie wcześniej niż 2–3 tyg. po zbiorze — the grow-out test should be performed not earlier than 2–3 weeks after harvest

WNIOSKI

Pomimo, że dla większości odmian ziemniaka spoczynek bulw jest łatwy do przerwania tuż po zbiorach istotne jest określenie tych, u których mogą wystąpić trudności z jego skróceniem. Ich niewielka grupa (w opisywanych badaniach zaledwie 2 odmiany na 23 badane) w przypadku nieznajomości tej cechy odmianowej może istotnie utrudnić, a nawet uniemożliwić prawidłowe wykonanie prób oczkowych w tym okresie. Brak korelacji pomiędzy długością spoczynku a trudnością jego przerywania wyklucza możliwość szybkiej oceny odmiany na podstawie obserwacji bulw w trakcie przechowywania oraz dostępnych informacji z zakresu przechowalnictwa.

LITERATURA

- Akoumianakis K., Olympios C. M., Passam H. C. 2000. Effect of rindite and bromoethane on germination, sprout emergence, number of sprouts and total yield of tubers of potato cv. Spunta. Adv. Hort. Sci. 14: 33 — 35.
- Andrenelli L., Palchetti E., Malandrino L., Espen L., Vecchio V. 2005. *In vitro* study for dormancy in new potato clones. EAPR July, Bilbao: 785 — 787.

- Coleman W. K. 1984. Large scale application of bromoethane for breaking potato tuber dormancy. *Am. Potato J.* 61: 587 — 589.
- Czerko Z. 2011. Charakterystyka wybranych odmian ziemniaka pod względem intensywności kiełkowania podczas przechowywania w różnych temperaturach. *Ziemn. Pol.* 3: 1 — 7.
- Nowacki W. (red.). 2013. Charakterystyka Krajowego Rejestru Odmian Ziemniaka. Wyd. XVI. IHAR — PIB Oddz. Jadwisin, ISBN: 83-891172-64-X: 42 s.
- Ranalli P., Bizarri M., Borghi L., Mari M. 1994. Genotypic influence on in vitro induction, dormancy length, advancing age and agronomical performance of potato microtubers (*Solanum tuberosum* L.). *Ann. Appl. Biol.* 125 (1): 161 — 172.
- Struik P. C., Wiersema S. G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Press: 129 (383 pp.).
- Wiltshire J. J. J., Cobb A. H. 1996. A review of the physiology of potato tuber dormancy. *Ann. Appl. Biol.* 129: 553 — 569.
- Wróbel S. 2008. Wczesne przerywanie okresu spoczynku bulw w aspekcie szybkiej diagnostyki wirusowej nowych odmian ziemniaka. *Prog. Plant Prot.* 48 (2): 552 — 555.
- Wróbel S., Robak B. 2009. Reakcja nowych odmian ziemniaka na przerywanie okresu spoczynku. *Ziemn. Pol.* 1: 11 — 13.
- Wróbel S., Robak B. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na terminy przerywania spoczynku bulw na potrzeby próby oczkowej. *Fragm. Agron.* 28 (3): 120 — 128.
- Zarzyńska K. 2004. Długość okresu spoczynku bulw ziemniaka. *Biul. IHAR* 232: 5 — 14.
- Zarzyńska K. 2010. Odmianowe zróżnicowanie długości okresu spoczynku bulw ziemniaka. *Ziemn. Pol.* 3: 14 — 17.

MAREK GUGAŁA
KRYSTYNA ZARZECKA
ANNA SIKORSKA

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin
Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny w Siedlcach

Wpływ pielęgnacji mechaniczno-chemicznej uprawy ziemniaka na plony suchej masy, skrobi i białka ogólnego

The effects of mechanical and chemical treatments on the dry matter, starch and total protein yields

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. I czynnik — trzy odmiany: Cekin, Satina i Tajfun, II czynnik — pięć sposobów pielęgnacji: 1. pielęgnacja mechaniczna — obiekt kontrolny, 2. pielęgnacja mechaniczna + przed wschodami herbicyd Command 480 EC 0,2 l·ha⁻¹, 3. pielęgnacja mechaniczna + przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Command 480 EC 0,2 l·ha⁻¹ + Afalon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha⁻¹, 4. pielęgnacja mechaniczna + przed wschodami herbicyd Stomp 400 SC 3,5 l·ha⁻¹, 5. pielęgnacja mechaniczna + przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Stomp 400 SC 3,5 l·ha⁻¹ + Afalon Dyspersyjny 450 SC 1,0 l·ha⁻¹. Celem badań było określenie wpływu pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z użyciem herbicydów i ich mieszanin na plon składników odżywczych trzech odmian ziemniaka. Korzystny rozkład warunków pogodowych w 2008 roku zaowocował uzyskaniem wysokich plonów suchej masy — 9,97 t·ha⁻¹; skrobi — 6,37 t·ha⁻¹ oraz białka ogólnego — 1,22 t·ha⁻¹. Natomiast najmniejsze plony uzyskano w 2009 roku, który charakteryzował się skrajnie niekorzystnymi warunkami pogodowymi w poszczególnych miesiącach wegetacji ziemniaka. Analizując poszczególne sposoby odchwaszczania z użyciem herbicydów stwierdzono, że największy plony suchej masy, skrobi i białka ogólnego uzyskano w wariancie 3. odchwaszczanym mechanicznie, a następnie opryskiwanym mieszaniną herbicydów Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC. W przeprowadzonym doświadczeniu plony poszczególnych składników bulw w dużym stopniu były zróżnicowane w zależności od uprawianych odmian ziemniaka jadalnego. Największą kumulacją zarówno suchej masy, skrobi i białka ogólnego cechowała się odmiana Tajfun, najmniejszą zaś Satina.

Słowa kluczowe: sposoby pielęgnacji, odmiany, plon suchej masy, plon skrobi, plon białka ogólnego

The field experiment was conducted in 2008–2010 at the Agricultural Experimental Station Zawada belonging to the University of Natural Sciences and Humanities in Siedlce. The experiment was two-factorial in a split-plot design with three replications. I factor was three cultivars: Cekin, Satina, Tajfun, and II factor — weed control methods: 1. mechanical cultivation — a control, 2. Command 480 EC 0.2 dm³·ha⁻¹, 3. Command 480 EC 0.2 dm³·ha⁻¹ + Afalon 450 SC 1.0 dm³·ha⁻¹, 4. Stomp 400 SC 3.5 dm³·ha⁻¹, 5. Stomp 400 SC 3.5 dm³·ha⁻¹ + Afalon 450 SC 1.0 dm³·ha⁻¹. The aim of the study was to determine the effect of mechanical and chemical care using herbicides and their mixtures on the nutrient yield of three potato varieties. Favorable distribution of weather in 2008 resulted in obtaining high yields of dry matter — 9.97 t·ha⁻¹; starch — 6.37 t·ha⁻¹ and protein — 1.22 t·ha⁻¹. The lowest yield was obtained in 2009, which was characterized by extreme weather conditions in individual months of potato growing. Analyzing particular methods of weed control using herbicides, it was found that the highest yields of the dry weight, starch and protein were obtained in the third variant weeded mechanically, and then sprayed with a mixture of herbicides: Command 480 EC + Afalon Dispersion 450 SC. In the experiment, yields of the individual components of the tubers differed for potato varieties. The variety Tajfun was characterized by the greatest accumulation of dry matter, starch and protein, on the contrary to the variety Satina, which showed opposite effect.

Key words: weed control methods, cultivars, dry matter yield, starch yield, total protein yield

WSTĘP

Bulwy ziemniaka to cenne źródło wielu niezbędnych składników odżywczych. Większość cech jakościowych tej rośliny uzależniona jest od współdziałania cech genetycznych tej rośliny z czynnikami agrotechnicznymi, tj. nawożeniem mineralnym, uprawą roli, poziomem ochrony przed chwastami, szkodnikami i chorobami oraz warunkami pogodowymi sezonu wegetacyjnego (Leszczyński, 2002; Makaraviciute, 2003; Sądej i in., 2004; Gugła i in., 2007; Baniuniene i Zekaite, 2008).

Zmieniające się warunki gospodarowania w rolnictwie polskim stwarzają potrzebę poszukiwania sprawniejszych technik wytwarzania, prowadzących do efektywnego wykorzystania energii, a w rezultacie obniżających koszty produkcji. Celowe jest prowadzenie szczegółowych badań dotyczących reakcji roślin na zmieniające się czynniki agrotechniczne. Ich wyniki przyczyniają się do określenia warunków najbardziej sprzyjających uzyskaniu wysokich plonów roślin o bardzo dobrej jakości (Starczewski i in., 2006).

Celem badań było określenie wpływu pielęgnacji mechaniczno-chemicznej z użyciem herbicydów i ich mieszanin na plon składników odżywczych trzech odmian ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Rolniczej Stacji Doświadczalnej Zawady należącej do Uniwersytetu Przyrodniczo-Humanistycznego w Siedlcach. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe w układzie split-plot w trzech powtórzeniach. Badanymi czynnikami były:

I czynnik — trzy odmiany: Cekin, Satina i Tajfun,

II czynnik — pięć sposobów pielęgnacji:

— pielęgnacja mechaniczna: do wschodów obradlanie połączone z bronowaniem po wschodach jednokrotne obredlanie — obiekt kontrolny,

- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna: do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie herbicydem Command 480 EC (chlomazon) $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna: do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Command 480 EC (chlomazon) $0,2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna: do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie herbicydem Stomp 400 SC (pendimetalina) $3,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$,
- pielęgnacja mechaniczno-chemiczna: do wschodów obredlanie połączone z bronowaniem, a około 7 dni przed wschodami opryskiwanie mieszaniną herbicydów Stomp 400 SC (pendimetalina) $3,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$ $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ + Afalon Dyspersyjny 450 SC (linuron) $1,0 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$.

Tabela 1

Warunki pogodowe w okresie wegetacji ziemniaka
Weather conditions during potato growth

Rok Yers	Miesiąc — Month						IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Opady — Rainfalls (mm)							Suma — Sum
2008	28,2	85,6	49,0	69,8	75,4	63,4	371,4
2009	8,1	68,9	145,2	26,4	80,9	24,9	354,4
2010	10,7	93,2	62,6	77,0	106,3	109,9	459,7
Suma z wielolecia Multiyear sum (1987–2000)	38,6	44,1	52,4	49,8	43,0	47,3	275,2
Temperatura powietrza — Air temperature (°C)							Średnio — Mean
2008	9,1	12,7	17,4	18,4	18,5	12,2	14,7
2009	10,3	12,9	15,7	19,4	17,7	14,6	15,1
2010	8,9	14,0	17,4	21,6	19,8	11,8	15,6
Średnia z wielolecia Multiyear mean (1987–2000)	7,8	12,5	17,2	19,2	18,5	13,1	14,7
Współczynnik hydrotermiczny Sielanianowa — Sielanianov's hydrothermal coefficients *							Średnio — Mean
2008	1,04	2,18	0,94	1,25	1,36	1,73	1,39
2009	0,26	1,72	3,08	0,44	1,48	0,57	1,28
2010	0,40	2,14	1,20	1,15	1,74	3,10	1,61

*Wartość współczynnika — Coefficient value (Bac i in., 1998)

< 0,5 — silna posucha — strong drought

0,51–0,69 — posucha — mild drought

0,70–0,99 — słaba posucha — weak drought

≥ 1 — brak posuchy — no drought

Przed przystąpieniem do zbioru doświadczenia ze wszystkich poletek wykopano losowo bulwy z 10 roślin ziemniaka (z wyłączeniem roślin brzeżnych). Plon ogólny obliczono na podstawie masy bulw zebranych z powierzchni poletka 15 m^2 . Zawartość suchej masy oznaczono metodą suszarkowo-wagową. Zawartość skrobi oznaczono na wadze Reimanna, natomiast zawartość azotu ogólnego oznaczono metodą Kjeldahla i przeliczono na białko ogólne, stosując mnożnik 6,25. Plon suchej masy bulw, plon skrobi

i plon białka ogólnego obliczono jako iloczyn plonu ogólnego i zawartości poszczególnych składników.

Otrzymane wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem 'F' Fishera-Snedecora, a ocenę istotności różnic przy poziomie istotności $P = 0,05$ pomiędzy porównywanymi średnimi za pomocą wielokrotnych przedziałów Tukeya (Trętowski i Wójcik, 1988).

Warunki pogodowe podczas prowadzenia badań były dość zróżnicowane (tab. 1). Według obliczonego współczynnika hydrotermicznego Sielanianowa wszystkie badane sezony wegetacyjne charakteryzowały się brakiem posuchy, jednakże występowały miesiące o skrajnych warunkach od silnej posuchy po brak posuchy. Największą liczbę opadów zanotowano w okresie wegetacyjnym w 2010 r. — 459,7 mm, a średnia temperatura powietrza była wyższa o 1,28°C w porównaniu do średniej wieloletniej. Najmniejszą sumę opadów — 354,4 mm odnotowano w 2009 roku średnia temperatura była wyższa o 0,9°C. Sezon wegetacyjny 2008 cechował się sumą opadów na poziomie 371,4 mm, a temperatura powietrza nie odbiegała od normy wieloletniej i wynosiła 14,9°C.

WYNIKI I DYSKUSJA

W produkcji ziemniaka na cele spożywcze i przemysłowe, równie ważne, jak ilość wyprodukowanej biomasy jest zawartość podstawowych składników pokarmowych takich jak: sucha masa, skrobia czy białko. Ponadto niezależnie od kierunku użytkowania bulw ziemniaka cechy jakościowe decydują o ich końcowym przeznaczeniu (Puła i Skowera, 2004; Krzysztofik i in., 2005).

Uzyskanie wysokiego plonu ogólnego bulw ziemniaka jest możliwe dzięki zastosowaniu odpowiedniej agrotechniki, doboru do uprawy odpowiednich odmian oraz przebiegu warunków pogodowych Wichrowska (2008), Urbanowicz (2010), Sekutowski i Badowski (2010). Z przeprowadzonych badań wynika, że sposoby pielęgnacji, uprawiane odmiany oraz warunki atmosferyczne panujące w poszczególnych latach badań w istotny sposób różnicowały omawianą cechę (tab. 2).

Tabela 2

Plon ogólny bulw ziemniaka ($t \cdot ha^{-1}$) Total yield potato tubers ($t \cdot ha^{-1}$)

Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Odmiany — Cultivars			Średnio Mean
	2008	2009	2010	Cekin	Satina	Tajfun	
1. Obiekt kontrolny — control object	33,7	21,9	25,6	27,0	24,4	29,9	27,1
2. Command 480 EC	44,5	27,1	36,9	37,0	31,9	39,7	36,2
3. Command 480 + Afalon Dysp. 450 SC	50,3	34,7	42,6	42,9	39,5	45,1	42,5
4. Stomp 400 SC	43,4	25,4	33,4	33,9	29,4	38,8	34,1
5. Stomp 400 SC + Afalon Dysp. 450 SC	49,3	32,1	38,3	40,9	35,2	43,5	39,9
Średnio — Mean	44,2	28,3	35,4	36,4	32,1	39,4	—
NIR _{0,05} dla; LSD _{0,05} for: lat — years — 0,5; odmian — cultivars — 0,5; sposobów pielęgnacji — weed control methods — 0,9							

Największy plon uzyskano na obiekcie najmniej zachwaszczonym, na którym zastosowano mieszaninę herbicydów Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC i wyniósł — średnio 42,5 $t \cdot ha^{-1}$. Natomiast najmniejszy na obiekcie kontrolnym — 27,1 $t \cdot ha^{-1}$.

Analizując badane w doświadczeniu odmiany stwierdzono, że największym plonem — średnio $39,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ cechowała się odmiana Tajfun, zaś najmniejszym Satina — średnio $32,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 2). Plon ogólny był istotnie zróżnicowany w poszczególnych latach sezonach wegetacyjnych. O wielkości plonów poszczególnych składników odżywczych bulw ziemniaka decydują masa zebranych bulw i koncentracja w nich poszczególnych składników, które w istotny sposób mogą być modyfikowane przez czynniki agrotechniczne i pogodowe. Z przeprowadzonych badań wynika, że plon suchej masy bulw, skrobi oraz białka ogólnego były istotnie zróżnicowane w poszczególnych latach badań (tab. 3–5). Korzystny rozkład warunków pogodowych w 2008 roku zaowocował uzyskaniem wysokich plonów suchej masy — $9,97 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$; skrobi — $6,37 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ oraz białka ogólnego — $1,22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast najmniejsze plony uzyskano w 2009 roku, który charakteryzował się skrajnymi warunkami pogodowymi w poszczególnych miesiącach wegetacji ziemniaka. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Ciećki i in. (2004), Gawędy (2008), Gugały i in. (2008), Mazurczyka i in. (2009) oraz Wierzbickiej i Trawczyńskiego (2012). Autorzy ci dowiedli, że w latach o równomiernym rozkładzie opadów i temperatury zarówno plon ogólny, jak i zawartość poszczególnych składników były większe, co w końcowym efekcie daje większe plony składników odżywczych ziemniaka. Również Bártowa i in. (2009) wykazali, że plon białka ogólnego był zmienny w poszczególnych latach badań i wynosił od 426 do $1279 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. Natomiast w badaniach Urbanowicza (2010) plony skrobi i suchej masy w poszczególnych latach badań były mało zróżnicowane i w większości przypadków różnice nie były statystycznie istotne.

Tabela 3

Plon suchej masy bulw ziemniaka $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
Dry matter yield of potato tubers $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Odmiany — Cultivars			Średnio Mean
	2008	2009	2010	Cekin	Satina	Tajfun	
1. Obiekt kontrolny — control object	7,68	4,89	5,02	5,72	4,92	6,94	5,86
2. Command 480 EC	10,04	5,96	6,90	7,63	6,28	8,99	7,63
3. Command 480 + Afalon Dysp. 450 SC	11,25	7,58	7,75	8,84	7,60	10,14	8,86
4. Stomp 400 SC	9,81	5,61	6,19	7,03	5,82	8,76	7,20
5. Stomp 400 SC + Afalon Dysp. 450 SC	11,05	7,01	6,95	8,34	6,86	9,80	8,34
Średnio — Mean	9,97	6,21	6,56	7,52	6,29	8,93	—

NIR_{0,05}; LSD_{0,05} dla: for: lat — years — 0,13; odmian — cultivars — 0,13; sposobów pielęgnacji — weed control methods — 0,27

Otrzymane wyniki badań dowiodły, że na wielkość plonu suchej masy bulw miały istotny wpływ stosowane sposoby pielęgnacji (tab. 3). Statystycznie istotne różnice zanotowano pomiędzy obiektem kontrolnym a pozostałymi obiektami, gdzie zastosowano herbicydy lub ich mieszaniny. Największy plon suchej masy bulw uzyskano na obiekcie 3, gdzie zastosowano pielęgnację mechaniczną a następnie mieszaninę herbicydów Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC oraz na obiekcie 54, pielęgnacja mechaniczna + mieszanina herbicydów Stomp 400 SC + Afalon Dyspersyjny 450 SC. Plon suchej masy na tych obiektach wyniósł odpowiednio 8,86 i $8,34 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Wyniki te są zbliżone do wyników uzyskanych przez Klikocką (2002), Krasę i Pałysa (2002) oraz Gugałę i in. (2008), którzy obserwowali większe plony suchej masy z obiektów, na których

zastosowali pielęgnację z użyciem herbicydów. Natomiast Urbanowicz (2010) wykazał obniżenie plonu suchej masy na poletkach opryskiwanych metrybuzyną. Jednakże obniżenie tej cechy związane było nie z procentową zawartością w bulwach, ale z plonem bulw uzyskanym z jednostki powierzchni.

Zdaniem wielu autorów (Zarzeckiej i in., 2004; Ciećki i in., 2004; Wadas i in., 2006; Urbanowicz, 2010) zawartość składników odżywczych w bulwach ziemniaka zależy głównie od cech genetycznych odmian, co znalazło potwierdzenie w badaniach własnych (tab. 2). Porównywane odmiany w istotny sposób różniły się między sobą pod względem plonu suchej masy z jednostki powierzchni. Istotnie największe plony omawianego składnika (średnio $8,93 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$) uzyskano uprawiając odmianę Tajfun, najmniejszym plonem charakteryzowała się odmiana Satina (średnio $6,29 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Podobnie jak w przypadku plonu suchej masy o plonie skrobi decyduje masa zebranych bulw i zawartość omawianego składnika. Analiza wariancji wykazała istotny wpływ sposobów pielęgnacji na plon skrobi (tab. 4).

Tabela 4

Plon skrobi bulw ziemniaka $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$
Starch yield of potato tubers $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$

Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Odmiany — Cultivars			Średnio Mean
	2008	2009	2010	Cekin	Satina	Tajfun	
1. Obiekt kontrolny — control object	4,91	3,44	3,67	4,04	3,19	4,79	4,01
2. Command 480 EC	6,37	4,24	5,26	5,47	4,09	6,32	5,29
3. Command 480 + Afalon Dysp. 450 SC	7,40	5,34	5,91	6,25	5,04	7,36	6,22
4. Stomp $3,5 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$	6,21	3,97	4,75	5,01	3,77	6,16	4,98
5. Stomp 400 SC + Afalon Dysp. 450 SC	6,96	5,00	5,33	5,98	4,47	6,84	5,76
Średnio — Mean	6,37	4,40	4,99	5,35	4,11	6,30	—

NIR_{0,05}; LSD_{0,05} dla; for: lat — years — 0,14; odmian — cultivars — 0,14; sposobów pielęgnacji — weed control methods — 0,17

Różnice te zanotowano pomiędzy obiektem kontrolnym, a pozostałymi obiektami pielęgnowanymi mechaniczno-chemicznie. Analizując poszczególne sposoby odchwaszczania z użyciem herbicydów stwierdzono, że największy plon $6,22 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ uzyskano w wariancie 3 odchwaszczanym mechanicznie, a następnie opryskiwanym mieszaniną herbicydów Command 480 EC + Afalon Dyspersyjny 450 SC. Wyniki te są zbieżne ze wcześniejszymi badaniami Gugęły i in. (2008) oraz Gugęły i Zarzeckiej (2010) z których wynika, że plon skrobi był istotnie różnicowany przez poziom ochrony plantacji przed chwastami. Ponadto Urbanowicz (2010) oraz Gugęła i in. (2012) stwierdzili, że ochrona chemiczna przeciwko chwastom powoduje wzrost plonu i polepszenie jakości bulw ziemniaka.

Zawartość skrobi w bulwach ziemniaka jest cechą odmianową, lecz przy odpowiedniej agrotechnice i wysokości plonu, odmiany o mniejszej zawartości skrobi mogą wydać plon skrobi na poziomie porównywalnym lub wyższym niż odmiany niżej plonujące, lecz o wyższej zawartości skrobi (Turska i in., 2009; Krzysztofik, 2009).

Wyniki uzyskane z doświadczenia polowego dowiodły, że spośród badanych odmian największy plon skrobi uzyskano u odmiany Tajfun — $6,30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, mniejszy u odmiany Cekin — $5,35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, natomiast istotnie najmniejszy u odmiany Satina — $4,11 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

O wielkości plonu białka ogólnego decydowały sposoby pielęgnacji i uprawiane w doświadczeniu odmiany ziemniaka. Mechaniczno-chemiczne sposoby pielęgnacji plantacji ziemniaka zastosowane na obiektach od 2–5 w istotny sposób modyfikowały wielkość tej cechy w stosunku do pielęgnacji mechanicznej (tab. 5). Istotnie największy plon białka ogólnego w porównaniu z obiektem kontrolnym zebrano z kombinacji 3 i 5, odpowiednio 1,10 i 1,06 t·ha⁻¹. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Wichrowskiej i in. (2009), że bulwy zebrane z obiektów opryskiwanych herbicydami w okresie wegetacji roślin zawierały o 3,7% więcej białka niż bulwy roślin pielęgnowanych tylko mechanicznie.

Tabela 5

Plon białka ogólnego bulw ziemniaka t·ha⁻¹
Total protein yield of potato tubers t·ha⁻¹

Sposoby pielęgnacji Weed control methods	Lata — Years			Odmiany — Cultivars			Średnio Mean
	2008	2009	2010	Cekin	Satina	Tajfun	
1. Obiekt kontrolny — control object	0,88	0,60	0,60	0,65	0,63	0,81	0,69
2. Command 480 EC	1,21	0,74	0,83	0,91	0,80	1,07	0,93
3. Command 480 + Afalon Dysp. 450 SC	1,40	0,95	0,94	1,09	0,98	1,22	1,10
4. Stomp 3400 SC	1,22	0,71	0,77	0,88	0,76	1,06	0,90
5. Stomp 400 SC + Afalon Dysp. 450 SC	1,40	0,89	0,88	1,07	0,90	1,20	1,06
Średnio — Mean	1,22	0,78	0,80	0,92	0,81	1,07	—

NIR_{0,05}; LSD_{0,05} dla: for: lat — years — 0,02; odmian — cultivars — 0,02; sposobów pielęgnacji — weed control methods — 0,03

Zdaniem Bártowej i in. (2009) plon białka z hektara zależny był od cech genetycznych odmian ziemniaka. Badania własne wykazały, że odmiana Tajfun wytworzyła istotnie największy plon białka ogólnego — średnio 1,07 t·ha⁻¹. Wyniki te znalazły potwierdzenie w badaniach Wierzbickiej i Trawczyńskiego (2012), którzy uzyskali zróżnicowanie plonu białka w zależności od odmiany: spośród 23 odmian ziemniaka największym plonem białka charakteryzowała się jedna odmiana jadalna i dwie skrobiowe.

badając 23 odmiany ziemniaka uzyskali największy plon białka przy jednej odmianie jadalnej i dwóch skrobiowych.

WNIOSKI

1. Plon ogólny bulw ziemniaka był zależny od sposobów pielęgnacji uprawianych w doświadczeniu odmian oraz warunków pogodowych w poszczególnych sezonach wegetacyjnych.
2. Zastosowanie herbicydów i ich mieszanin w sposób istotny przyczyniło się do podwyższenia plonu suchej masy, skrobi oraz białka ogólnego w porównaniu z obiektem kontrolnym pielęgnowanym wyłącznie mechanicznie. Najwyższy plon suchej masy i plon białka ogólnego uzyskano po zastosowaniu pielęgnacji mechanicznej a następnie mieszaniny herbicydów Command 480 EC i Afalon Dyspersyjny 450 SC lub mieszaniny herbicydów Stomp 400 SC i Afalon Dyspersyjny 450 SC. W przypadku pierwszej wymienionej kombinacji uzyskano również najwyższy plon skrobi.

3. Badane odmiany istotnie różniły się pod względem plonu suchej masy, skrobi i białka ogólnego. Spośród trzech badanych odmian, Tajfun, Cekin i Satina, największym plonem badanych składników cechowała się odmiana Tajfun. W przeprowadzonym doświadczeniu badane cechy jakościowe bulw ziemniaka w istotny sposób zależały od warunków pogodowych panujących w poszczególnych latach badań.

LITERATURA

- Bac S., Koźmiński Cz., Rojek M. 1998. Agrometeorologia. PWN, Warszawa: 274.
- Baniuniene A., Zaklaite V. 2008: The effect of mineral and organic fertilizers on potato tuber yield and quality. *Latvian J. of Agron.* 11: 202 — 206.
- Bártowa V., Bárta J., Diviš J., Švajner J., Peterka J. 2009. Crude protein content in tubers of starch processing potato cultivars in dependence on different agro-ecological conditions. *J. Cent. Eur. Agric.* 10 (1): 57 — 66.
- Ciećko Z., Żołnowski A., Wyszowski M. 2004: Plonowanie i zawartość skrobi w bulwach ziemniaka w zależności od nawożenia NPK. *Annales UMCS, Sec. E*, 59, 1: 399 — 406.
- Gawęda D. 2008. Plonowanie ziemniaka w warunkach zróżnicowanej uprawy roli. *Acta Agroph.* 11 (3): 623 — 632.
- Gugąła M., Zarzecka K. 2010. Wpływ herbicydów na zawartość suchej masy, białka i skrobi w bulwach ziemniaka. *Biul. IHAR* 257/258: 111 — 119.
- Gugąła M., Zarzecka K., Rymuza K. 2007. Oddziaływanie sposobów uprawy roli i herbicydów na wybrane cechy jakości bulw ziemniaka jadalnego. *Biul. IHAR* 246: 107 — 114.
- Gugąła M., Zarzecka K., Baranowska A. 2008. Wpływ uprawy roli i sposobów odchwaszczania na plon składników odżywczych i efektywność ekonomiczną uprawy ziemniaka. Cz. I. Plon składników odżywczych ziemniaka. *Acta Sci. Pol. Agricultura* 7 (2): 21 — 31.
- Gugąła M., Zarzecka K., Dołęga H., Baranowska A. 2012. Skuteczność działania herbicydów w uprawie ziemniaka. *Annales UMCS, Sec. E*, 67 (4): 45 — 51.
- Klikocka H. 2002. Studia nad plonowaniem ziemniaka w warunkach zróżnicowanej uprawy roli i pielęgnowania. *Wyd. AR Lublin, Rozprawa* 253: 5 — 69.
- Kraska P., Pałys E. 2002. Wpływ systemów uprawy roli, poziomów nawożenia i ochrony na plonowanie ziemniaka uprawianego na glebie lekkiej. *Biul. IHAR* 223/224: 383 — 394.
- Krzysztofik B., Baran D., Sobol Z. 2005. Zależność pomiędzy zawartością suchej masy i skrobi a wielkością wskaźników mechanicznych uszkodzeń bulw ziemniaka. *Inż. Rol.* 7: 31 — 40.
- Krzysztofik B., 2009. Wpływ uprawy roli na stopień wyrównania wielkości bulw ziemniaka i plon skrobi. *Acta Agroph.* 14 (2): 355 — 365.
- Leszczyński W. 2002. Zależność jakości ziemniaka od stosowania w uprawie nawozów i pestycydów. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 489: 47 — 64.
- Makaraviciute A. 2003. Effect of organic and mineral fertilizers on the yield and quality of different potato varieties. *Agron. Res.* 1: 197 — 209.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Trawczyński C. 2009. Harvest index of potato crop grown under different nitrogen and water supply. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 8 (4): 2009.
- Puła J., Skowera B. 2004. Zmienność cech jakościowych bulw ziemniaka odmiany Mila uprawianego na glebie lekkiej w zależności od warunków pogodowych. *Acta Agroph.* 3 (2): 359 — 366.
- Sądej W., Przekwas K., Bartoszewicz J. 2004. Zmienność plonu i składu chemicznego bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego wieloletniego nawożenia. *Annales UMCS, Sec. E*, 59 (1): 82 — 92.
- Sekutowski T., Badowski M. 2010. Wpływ zachwaszczenia, warunków meteorologicznych i ochrony herbicydowej na plon i poszczególne frakcje bulw ziemniaka. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3): 1390 — 1394.

- Starczewski J., Turska E., Czarnocki S. 2006. Wpływ zagęszczenia gleby spowodowanego różną liczbą przejazdów ciągnikiem i różną szerokością międzyrzędzi na plon i jakość bulw ziemniaka. *Pam. Puł.*, 142: 479 — 489.
- Trętowski J., Wójcik R. 1988. *Metodyka doświadczeń rolniczych*. Wyd. WSRP Siedlce: 1 — 500.
- Turska E., Wielogórska G., Rymuza K. 2009. Oddziaływanie wybranych czynników agrotechnicznych na jakość bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 26 (3): 156 — 161.
- Urbanowicz J. 2010. Wpływ powschodowego stosowania metrybuzyny na plon wybranych odmian ziemniaka. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin* 50 (2): 837 — 841.
- Wadas W., Kosterna E., Żebrowska T. 2006. Wpływ stosowanych osłon w uprawie wczesnych odmian ziemniaka na zawartość wybranych składników w bulwach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 233 — 243.
- Wichrowska D. 2008. Wpływ herbicydów na plon i strukturę bulw ziemniaka uprawianego w rejonie kujawsko-pomorskim. *Ekol. i Tech.* 16 (4): 141 — 144.
- Wichrowska D., Wojdyła T., Rogozińska I. 2009. Concentrations of some macroelements in potato tubers stored at 4°C and 8°C. *J. Elementol.* 14 (2): 373 — 382.
- Wierzbička A., Trawczyński C. 2012. Czynniki wpływające na zawartość i plon białka w bulwach ziemniaka. *Biul. IHAR* 266: 181 — 190.
- Zarzecka K., Antolak M., Pszczółkowski P., Gąsiorowska B., Mystkowska I. 2004. Zawartość suchej masy i skrobi w dziesięciu średnio wczesnych odmianach ziemniaka. *Zesz. Nauk. AP w Siedlcach, Rol.* 65: 59 — 63.

KRYSTYNA ZARZECKA

Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin

Uniwersytet Przyrodniczo-Humanistyczny, Siedlce

Technologia uprawy ziemniaka w zrównoważonym systemie gospodarowania (praca przeglądowa)

Cultivation technology of potato in sustainable farming system (review)

W opracowaniu przedstawiono różne systemy gospodarowania w rolnictwie i technologię uprawy ziemniaka w systemie zrównoważonym. Głównym celem rolnictwa zrównoważonego jest uzyskanie optymalnych plonów o bardzo dobrej jakości przy zmniejszonych dawkach nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin. Do ważnych czynników agrotechnicznych wpływających na wielkość i jakość plonu ziemniaka należą: dobór odmian odpornych na choroby i szkodniki, właściwa uprawa roli, nawożenie organiczne i międzyplonami uzupełnione nawożeniem mineralnym, terminowe i dokładne sadzenie, właściwa pielęgnacja i ochrona przed chorobami i szkodnikami, przygotowanie plantacji do zbioru i zbior.

Słowa kluczowe: systemy gospodarowania, ziemniak, zrównoważona technologia uprawy

The aim of this paper is to present different farming systems in agriculture and cultivation technology of potato in a sustainable system. The main aim of the sustainable agriculture is to obtain optimum yields of very good quality with reduced doses of mineral fertilizers and pesticides. Important cultivation factors affecting the level and quality of potato yield include: selection of potato cultivars resistant to diseases and pests, proper soil tillage, organic and intercrop supplemented with mineral fertilization, precise and timely planting, proper cultivation and protection of crops against diseases and pests, preparation for harvest and harvesting.

Key words: farming systems, potato, sustainable technology of cultivation

WSTĘP

Przez cały wiek XIX i pierwsze dekady wieku XX kraje rozwinięte żyły kultem nowoczesności. Zagrożenia i katastrofy ekologiczne w środowisku pod koniec lat 70. ubiegłego wieku (np. awaria reaktora atomowego w Czarnobylu, zniszczenia biosfery po Wojnie nad Zatoką Perską) uświadomiły, że rozwój społeczno-gospodarczy wykreowany przez człowieka nie jest bezpieczny. Na tle kryzysu cywilizacyjnego i modernizacji zrodził

się rozwój podtrzymywalny, zamiennie zwany rozwojem trwałym, ekorozwojem, a najczęściej rozwojem zrównoważonym (ang. sustainable development) (Borkowski, 2001; Krasowicz, 2008).

Rozwój zrównoważony to gospodarowanie środowiskiem przez żyjące pokolenie, które powinno respektować interesy przyszłych pokoleń, a w szczególności zapewnić im warunki rozwoju i zaspokojenia potrzeb na poziomie przynajmniej nie obniżonym w odniesieniu do obecnego. Zrównoważony rozwój społeczno-gospodarczy jest jednym z najważniejszych wyzwań współczesnego świata. Rozwój ten odnosi się do aspektów środowiskowych, gospodarczych i społecznych. Idea rozwoju zrównoważonego stała się w ostatnich kilkunastu latach jednym z podstawowych wyznaczników kierunków gospodarki w świecie (Czarski, 2011). W rozwój zrównoważony wpisuje się główna gałąź gospodarki — rolnictwo zrównoważone. Raman (2006) stwierdził, że "Potrzeba jedzenia należy do podstawowych potrzeb człowieka, dlatego rolnictwo jest i pozostanie najbardziej powszechną i najważniejszą dziedziną działalności ludzkiej".

Rolnictwo zrównoważone wyróżnia się tym, że:

- wydajność biologiczna produkcji roślinnej i zwierzęcej jest wystarczająca aby zaspokoić potrzeby ludności,
- produkcja zapewnia bezpieczeństwo ekologiczne i jakość środowiska,
- produkcja jest opłacalna pod względem ekonomicznym,
- produkcja jest społecznie akceptowalna.

Według Fabera (2001) i Ramana (2006) rolnictwo zrównoważone realizuje równocześnie i harmonijnie cele produkcyjne, ekonomiczne, ekologiczne i społeczne.

Kuś (1995, 2002) wyróżnił w rolnictwie trzy **systemy gospodarowania**:

1. konwencjonalny (intensywny, uprzemysłowiony, klasyczny, zindustrializowany itp.),
2. ekologiczny (biologiczny, organiczny, alternatywny, biologiczno-organiczny, znaturalizowany itp.),
3. integrowany (zintegrowany, zrównoważony, harmonijny, ekologiczno-ekonomiczny itp.).

Podstawą wyróżnienia powyższych systemów jest stopień uzależnienia rolnictwa od przemysłowych środków produkcji, głównie nawozów mineralnych i pestycydów oraz jego oddziaływanie na środowisko przyrodnicze. Kuś (1995) scharakteryzował systemy rolnicze według następujących wskaźników: gospodarstwo, zmianowanie, nawożenie, międzyplony, dawki NPK, orka, materiał siewny, odmiany, siew, pielęgnacja, kształtowanie krajobrazu.

Przyjęte są następujące definicje systemów rolniczych:

rolnictwo konwencjonalne — sposób gospodarowania ukierunkowany na maksymalizację zysku, osiąganego dzięki dużej wydajności roślin i zwierząt. Wydajność tę uzyskuje się w wyspecjalizowanych gospodarstwach stosujących technologie produkcji oparte na dużym zużyciu przemysłowych środków produkcji i bardzo małych nakładach robocizny,

rolnictwo ekologiczne — sposób gospodarowania, w którym stosuje się środki naturalne, nieprzetworzone technologicznie i który zapewnia trwałą żyzność gleby i zdrowotność zwierząt oraz wysoką jakość biologiczną produktów rolniczych,

rolnictwo integrowane — sposób gospodarowania, który umożliwia realizację celów ekonomicznych i ekologicznych poprzez świadome wykorzystanie najnowszych osiągnięć nauki i techniki w zakresie ochrony środowiska i rolnictwa, którego celem jest uzyskanie produktów rolnych o najwyższej jakości, bezpiecznych dla zdrowia ludzi i zwierząt.

DYSKUSJA I WYNIKI

Produkcja integrowana jest reakcją i odpowiedzią na zagrożenia, jakie stwarza wysoki stopień chemizacji rolnictwa, a tym samym perspektywą dla konsumentów, którzy poszukują bezpiecznej, dobrej jakości żywności (Kukuła i Krasowicz, 2007). Integrowana produkcja rolnicza jest systemem gospodarowania łączącym Dobrą Praktykę Rolniczą (sposób gospodarowania zgodny z prawami przyrody), Integrowaną Ochronę Roślin (zabiegi uprawowe, biologiczne i chemiczne zapewniające występowanie agrofagów poniżej progów ich ekonomicznej szkodliwości) oraz Postęp Biologiczny (odmiany o wysokiej odporności na choroby i szkodniki oraz stresy środowiskowe) (Nowacki i in., 2013).

W zrównoważonym systemie gospodarowania udział ziemniaka w zmianowaniu z agronomicznego punktu widzenia jest bardzo ważny. Ziemniak jest główną rośliną rolniczą, mimo że powierzchnia jego uprawy ciągle się zmniejsza i w 2013 roku wynosiła 270 tys. ha (GUS, 2013). Należy on do gatunków o największej produktywności z jednostki powierzchni w czasie. Poziom plonowania nowych odmian wynosi ponad 70 t z 1 ha, a plon potencjalny w europejskiej szerokości geograficznej przekracza 100 ton. Zmniejsza się też wielokierunkowe użytkowanie bulw ziemniaka. Aktualnie dominuje wykorzystanie plonu bulw ziemniaka w bezpośredniej konsumpcji i stanowi surowiec do przetwórstwa spożywczego i skrobiowego. Jego miejsce w sektorze paszowym i energetycznym zajęły zboża oraz kukurydza, a na paszę wykorzystuje się plon uboczny i nadwyżki produkcyjne (Nowacki, 2012 a). Zmianie podlegają także stosowane technologie uprawy ziemniaka. Do praktyki rolniczej coraz częściej wprowadza się technologie specjalistyczne osadzone w różnych systemach gospodarowania. Aktualnie w kraju stosowane są następujące systemy uprawy ziemniaka:

- konwencjonalny intensywny,
- konwencjonalny zrównoważony,
- konwencjonalny ekstensywny,
- certyfikowany system integrowanej produkcji,
- certyfikowany system ekologiczny (Jabłoński, 2009; Nowacki, 2012 b).

Nowacki (2012 b) na podstawie dziesięcioletnich badań monitoringowych stwierdził, że gospodarstwa średniej wielkości, o powierzchni od 1 do kilku hektarów, stosują głównie średnio nakładową zrównoważoną technologię uprawy. Ten system uprawy ziemniaka jest bardzo zbliżony pod względem technologii z systemem integrowanej produkcji, ale nie posiada certyfikacji. Gospodarstwa te prowadzą rynkową produkcję głównie ziemniaka jadalnego oraz skrobiowego dla przemysłu krochmalniczego. W tym systemie gospodarowania jest umiarkowany poziom nawożenia mineralnego, częste stosowanie obornika lub międzyplonów, mechaniczno-chemiczna regulacja zachwaszczenia,

ograniczona liczba zabiegów ochronnych przeciw chorobom i szkodnikom, ale mały udział kwalifikowanego materiału sadzeniakowego i nie stosuje się nawadniania. Gospodarstwa te charakteryzuje wysoki poziom agrotechniki, właściwe zmianowanie i tradycyjna uprawa gleby. System ten powinien najbardziej odpowiadać polskim rolnikom, którzy uprawiają ziemniak w średniej wielkości gospodarstwach.

W związku ze zwiększającymi się wymaganiami jakościowymi technologia uprawy ziemniaka wymaga dużej wiedzy, staranności oraz wprowadzenia zmian na poszczególnych etapach produkcji. Do najważniejszych zmian zachodzących w uprawie należą: uprawa nowych odmian ziemniaka, zwiększenie miąższości warstwy ornej gleby i stosowanie agregatów wieloczynnościowych, optymalne terminy sadzenia i zwiększanie szerokości międzyrzędzi, stosowanie nawozów naturalnych, organicznych i mineralnych zgodnie z potrzebami roślin i zasobnością gleby, nawadnianie i dolistne dokarmianie roślin, racjonalna ochrona przed chorobami, szkodnikami i chwastami (zgodnie z progami szkodliwości i monitoringiem zagrożeń), starannie przeprowadzony zbiór (Gruczek, 2001; Jabłoński, 2010; Nowacki, 2010; Zarzecka, 2006).

Podstawowym celem w technologii produkcji ziemniaka jest uzyskiwanie stabilnych, o wysokiej jakości plonów dostarczanych na rynek zgodnie z wymogami danego kierunku użytkowania. Ponadto ważnym staje się proces ekologizacji rolniczej przestrzeni produkcyjnej oraz obniżenie kosztów uprawy (Nowacki, 2010, 2012 c).

W produkcji rolniczej coraz większego znaczenia nabiera zrównoważony sposób gospodarowania, w którym ważne jest stosowanie takich zasad agrotechniki i mechanizacji, aby zabiegi w kompleksowej technologii produkcji były nieszkodliwe dla środowiska naturalnego, miały korzystny wpływ na wzrost i rozwój roślin, a także gwarantowały osiąganie optymalnych plonów o wysokiej jakości. Dotyczy to wszystkich elementów agrotechniki ziemniaka, które obejmują:

- dobór odmian odpornych na agrofagi i zgodny z kierunkiem użytkowania,
- kwalifikowany materiał sadzeniakowy,
- właściwe zmianowanie i zabiegi uprawowe,
- nawożenie obornikiem i międzyplonami uzupełnione nawożeniem mineralnym,
- trafny dobór zarejestrowanych środków ochrony roślin, ich dawek i terminów stosowania,
- optymalne terminy sadzenia, właściwa obsada roślin i szerokość międzyrzędzi,
- regulacja zachwaszczenia oraz zwalczanie chorób i szkodników,
- zbiór w optymalnych warunkach, który ograniczy uszkodzenia mechaniczne i zapewni długotrwałe przechowywanie.

Ziemniak jest gatunkiem o wysokiej produktywności, a jednocześnie bardzo trudnym w uprawie z uwagi na wegetatywne rozmnażanie, zagrożenie przez liczne choroby grzybowe, bakteryjne, wirusowe i szkodniki, łatwość zachwaszczania się plantacji podczas wegetacji oraz duże zróżnicowanie właściwości odmianowych (Nowacki i in., 2013; Rykaczewska, 2010). W ostatnich pięciu latach (2009–2013) w Krajowym Rejestrze znajdowało się 129–138 odmian ziemniaka, natomiast w 2013 r. zarejestrowano 129 odmian, w tym 101 jadalnych i 28 skrobiowych (Lista opisowa odmian, 2009–2013) (tab. 1).

Tabela 1

Liczba odmian ziemniaka zarejestrowanych w Polsce w 2013 roku
Number of potato cultivars registered in Poland in 2013

Kierunek użytkowania Utilization direction	Odmiany Cultivars		
	krajowe — Polish	zagraniczne — foreign	razem — total
Jadalne Table	45	33	78
Przetwórstwo spożywcze Food processing	1	22	23
Skrobiowe Starch	24	4	28
Razem Total	70	59	129

Od 2007 roku ziemniak znajduje się na liście odmian zalecanych do uprawy na obszarze województw. W większości województw (13) w 2013 roku wskazanych do uprawy było od 13 do 22 odmian *Solanum tuberosum* (Listy zalecanych do uprawy odmian na obszarze województwa, 2013). Zatem możliwości wyboru właściwej do uprawy odmiany ziemniaka są duże, ale sztuką jest wybrać właściwą.

Podstawowym krokiem w prawidłowym **doborze odmian** jest określenie kierunku użytkowania (jadalne — do bezpośredniej konsumpcji, skrobiowe czy różne kierunki przetwórstwa spożywczego), gdyż wymagania stawiane odmianom są najczęściej odmienne. Innymi cechami muszą się charakteryzować bulwy ziemniaka jadalnego, innymi odmiany skrobiowe, czy przeznaczone do przetwórstwa (tab. 2–6) (Charakterystyka..., 2012).

Tabela 2

Cechy ogólne i wyglądu zewnętrznego bulw odmian ziemniaka jadalnego i skrobiowego
General characters and appearance of table and starch potato cultivars

1.	rok rejestracji — registration year
2.	plon ogólny bulw — total yield
3.	wielkość bulw — tuber size
4.	kształt bulw — tuber shape
5.	regularność kształtu bulw — tuber shape regularity
6.	kolor miąższu — colour of flesh
7.	kolor skórki — colour of skin
8.	głębokość oczek — eye depth

W produkcji zrównoważonej preferencje mają odmiany o wysokiej wartości kulinarnej i przetwórczej, odporne na choroby i szkodniki, efektywnie wykorzystujące składniki pokarmowe z dostarczanych nawozów. Również stosowanie kwalifikowanego, zdrowego materiału sadzeniakowego jest podstawą uzyskania dobrego plonu.

Tabela 3

Niezbędne informacje agrotechniczne i przechowalnictwa dotyczące odmian ziemniaka
Necessary agronomical and storage information's of potato cultivars

Odmiany jadalne — Table cultivars	Odmiany skrobiowe — Starch cultivars
1. wymagania glebowe — soil requirements	1. wymagania glebowe — soil requirements
2. wymagania wodne — water requirements	2. wymagania wodne — water requirements
3. nawożenie N (dawka zalecana) — fertilization N (dose recommended)	3. nawożenie N (dawka zalecana) — fertilization N (dose recommended)
4. temp. przechowywania sadzeńników °C — storage temp. of seed potato	4. temp. przechowywania sadzeńników °C — storage temp. of seed potato
5. temp. przechowywania bulw jadalnych °C — storage temp. of table potato	5. temp. przechowywania ziemniaków dla przemysłu °C — storage temp. of potato for industry
6. okres spoczynku bulw — tuber dormancy period	6. okres spoczynku bulw — tuber dormancy period

Tabela 4

Cechy wartości użytkowej odmian ziemniaka
Characters of the usability of potato cultivars

Odmiany jadalne — Table cultivars	Odmiany skrobiowe — Starch cultivars
1. typ kulinarny — cooking type	1. zawartość suchej masy — dry mass content
2. smak — taste	2. plon suchej masy — dry mass yield
3. ciemnienie mięszu surowego po 4 godz. — darkening of raw tuber flesh after 4 h	3. zawartość skrobi — starch content
4. ciemnienie mięszu gotow. po 24 godz. — darkening of cooked flesh after 24 h	4. plon skrobi — starch yield
5. zawartość skrobi — starch content	5. wahania zawartości skrobi (min-max) — starch content (min-max)
6. zawartość suchej masy — dry mass content	6. wydajność bioetanolu — ethanol efficiency
7. zawartość witaminy C — vitamin C content	7. skłonność bulw do ciemnej plamistości — tendency for black spot
8. zawartość glikoalkaloidów — glycoalkaloids content	

Tabela 5

Niezbędne informacje o odporności odmian ziemniaka na choroby i szkodniki
Necessary information on resistance to diseases and pests of potato cultivars

1. mątwik ziemniaczany — potato cyst nematode
2. wirusy Y, L, M — virus PVY, PLRV, PVM
3. zaraza ziemniaka — rośliny — late blight — foliage
4. zaraza ziemniaka — bulwy — late blight — tubers
5. czarna nóżka — black leg
6. mokra zgnilizna — soft rot
7. sucha zgnilizna — dry rot
8. parch zwykły — common scab

Tabela 6

Niezbędne informacje o reakcji odmian ziemniaka na czynniki stresowe
Necessary information on reaction to stressing conditions of potato cultivars

1. ciemna plamistość — black spot
2. rdzawa plamistość — internal rust spot
3. pustowatość bulw — hollow hearts of tubers
4. odporność na uszkodzenia mechaniczne — resistance to mechanical damage
5. podatność na porażenie parchem srebrzystym — silver scurf infection
6. porażenie chorobami przechowalniczymi — storage diseases infection
7. przechowywalność — storage ability

Gleby przeznaczone do uprawy ziemniaka w produkcji zrównoważonej powinny należeć do II, III i IV klasy bonitacyjnej, odznaczać się dużą zasobnością w składniki pokarmowe, zawartością próchnicy powyżej 2%, pH 5,8–6,5, uregulowanymi stosunkami powietrzno-wodnymi, brakiem chwastów rozłogowych i korzeniowych oraz kamieni (Gruczek, 2004; Jabłoński, 2012).

Zabiegi uprawowe pod ziemniak zależą głównie od przedplonu, rodzaju i kultury gleby. Najczęściej ziemniak jest i będzie uprawiany po zbożach, które stanowią w strukturze zasiewów ponad 70%. Po zbożach wskazany jest siew roślin szybko-rosnących w międzyplonach, takich jak: gorczyca biała, facelia błękitna. Dobrym przedplonem dla ziemniaka są rośliny motylkowate i ich mieszanki z trawami, ale należy unikać tych stanowisk ze względów fitosanitarnych, a przede wszystkim zagrożenie czarną nóżką, czy występowanie pędzaków, których zwalczanie chemiczne jest kosztowne i mało skuteczne. Zasiane międzyplony mogą wytworzyć ok. 20–25 t masy z 1 ha i w działaniu równoważą pełną dawkę obornika. Następnie wysiewa się nawozy fosforowe i potasowe i wykonuje orkę przedzimową na głębokość 25–30 cm. Wskazaniem zabiegów uprawowych jest głęboszowanie, które likwiduje podeszwę płużną, poprawia stosunki wodne i strukturę gleby, sprzyja głębszemu ukorzenieniu się roślin wykorzystujących wymyte w głąb gleby składniki mineralne. Badania Jabłońskiego (2012) wykazały, że zastosowanie głębosza na ściernisku zwiększało plony bulw ziemniaka w suchym roku o 30%, a w przeciętnych warunkach wilgotnościowych o ponad 15%. Należy unikać uproszczeń eliminujących niektóre zabiegi uprawowe, gdyż prowadzą one do zwiększenia zachwaszczenia pola.

Wiosenne zabiegi uprawowe mają przede wszystkim na celu staranne przygotowanie gleby do sadzenia, stworzenie optymalnych warunków dla wzrostu i rozwoju roślin oraz dokładne wymieszanie z glebą nawozów azotowych. Pierwszym wiosennym zabiegiem uprawowym na polach zaoranych jesienią powinno być włókowanie lub bronowanie, które przerywa parowanie i przyspiesza ogrzewanie gleby. Staranne przygotowanie gleby do sadzenia umożliwiają agregaty uprawowe — na glebach lekkich i średnich kultywator połączony z wałem strunowym, a na zwięzłych brona wirnikowa z wałem zębatym czy glebogryzarka. Nowoczesne agregaty uprawowe wyposażone są w belkę wyrównującą glebę, spulchniacze śladów kół ciągnika, kultywator, wały zębate, strunowe, co zapewnia właściwe doprowadzenie warstwy ornej (Jabłoński, 2011).

Nawożenie stanowi kolejny istotny element w technologii uprawy ziemniaka i ma podstawowe znaczenie w kształtowaniu plonu i jego jakości. Dlatego powinno być dostosowane do wymagań pokarmowych ziemniaka i właściwości agrochemicznych gleby oraz opierać się na nawozach naturalnych lub organicznych uzupełnionych odpowiednio nawozami mineralnymi. Potrzeby pokarmowe ziemniaka są dość duże, gdyż z plonem 10 ton bulw wraz z masą łęcin pobiera on 50 kg N, 15 kg P₂O₅, 70 kg K₂O, 20 kg CaO, 10 kg MgO oraz niewielkie ilości mikroelementów (Trawczyński 2012). Najlepszym nawozem naturalnym jest obornik, który należy zastosować jesienią w dawce 25 t na 1 ha. Należy mieć na uwadze, że wykorzystanie składników przez ziemniaki w pierwszym roku stosowania obornika wynosi do 30% N i P i do 50% K.

W gospodarstwach bezzinwentarzowych zmianie ulega sposób nawożenia — obornik zastępuje pocięta słoma z dodatkiem azotu 0,8–1,0 kg N na 100 kg słomy oraz biomasa

roślin międzyplonowych czy kompost. Wartość tych zastępczych czy uzupełniających źródeł substancji organicznych wynosi 92–111% (tab. 7) (Jabłoński, 2012; Płaza, 2009; Trawczyński, 2011). Korzystne działanie, przyspieszające rozkład nawozów naturalnych i organicznych, wykazują różnego rodzaju użyźniacze glebowe wzbogacające glebę w pożyteczne mikroorganizmy. Zwiększają one dostępność składników mineralnych dla roślin, co przyczynia się do zwiększenia plonu bulw o 7–30% (tab. 8) (Jabłoński, 2012; Trawczyński, 2011; Zarzecka i Gugała, 2012). Jednocześnie wykazano, że nawożenie naturalne i organiczne wpływa na cechy jakościowe bulw ziemniaka (tab. 9).

Tabela 7

Wpływ nawożenia naturalnego i organicznego na plony bulw ziemniaka
The effect of natural and organic fertilization on the yields of potato tubers

Rodzaj nawożenia organicznego Kind of organic fertilization	Plon ogólny bulw Total yield of tubers (t·ha ⁻¹)	Plon handlowy Commercial yield (t·ha ⁻¹)	Autorzy Authors
Obornik — Manure 25 t ha ⁻¹	26,5	—	Trawczyński (2011)
Słoma — Straw 5 t ha ⁻¹ + 1 kg N na 100 kg słomy	25,2	—	
Nawozy mineralne — NPK fertilization	21,4	—	
Obornik — Manure 25 t ha ⁻¹ + NPK	28,0	—	
Gorzycza — White mustard 26 t ha ⁻¹ + NPK	26,8	—	
Facelia — Phacelia 27 t ha ⁻¹ + NPK	27,3	—	Płaza (2009)
Obornik — Manure 30 t ha ⁻¹	42,8	38,7	
Lucerna chmielowa — Black medicago	45,9	41,7	
Lucerna chmielowa + życica wielok.	47,5	45,1	
Black medic + Italian ryegrass	—	—	
Facelia — Phacelia	43,9	41,0	Krzysztofik i in. (2009)
Międzyplon żyto — Intercrop rye	30,8	27,4	
Międzyplon żyto — Intercrop rye + NPK	41,6	37,0	
Międzyplon żyto — Intercrop rye + ecological	41,3	37,9	

Tabela 8

Wzrost plonu ziemniaka (%) po zastosowaniu użyźniacza glebowego UGmax
Increase of potato yield (%) after the use of soil fertilizer UGmax

Obiekty z UGmax Objects for UGmax	Wzrost plonu ogólnego Increase of total yield	Wzrost plonu handlowego Increase of commercial yield	Autorzy Authors
UGmax	12,2	15,1	Jabłoński (2012)
UGmax + 80 kg N·ha ⁻¹	8,5	12,5	
UGmax — przed sadzeniem — before planting	20,2	30,5	Zarzecka i Gugała (2012)
UGmax — 2 × dolistnie — 2 × applied on leaves	11,9	21,4	

Oprócz nawożenia naturalnego czy organicznego, należy uwzględnić także stosowanie nawozów fosforowych i potasowych. W produkcji zintegrowanej dawki fosforu i potasu powinny stanowić kompromis, pomiędzy jakością bulw i maksymalizacją plonu bulw handlowych. Podstawą do ustalenia dawek fosforu i potasu są aktualne wyniki analizy gleby i w zależności od zawartości tych składników ustala się dawki nawożenia (Jabłoński, 2011; Nowacki i in., 2013).

Tabela 9

Wpływ nawożenia naturalnego i organicznego na jakość bulw ziemniaka
The effect of natural and organic fertilization on the quality of potato tubers

Rodzaj nawożenia organicznego Kind of organic fertilization	Skrobia Starch (%)	Witamina C Vitamin C (mg kg ⁻¹)	Cukry ogółem Total sugars (%)	Autorzy Authors
Nawozy mineralne — NPK fertilization	13,3	—	—	Trawczyński (2011)
Obornik — Manure 25 t ha ⁻¹ + NPK	13,2	—	—	
Gorczyca - White mustard 26 t ha ⁻¹ + NPK	13,5	—	—	
Facelia - Phacelia 27 t ha ⁻¹ + NPK	13,6	—	—	
Bez obornika — No manure + N-60	12,3	212	0,26	Wszelaczyńska i in. (2007)
Obornik — Manure + N-60	13,0	223	0,31	
Obornik — Manure	14,4	221	0,56	Płaza i in. (2009)
Koniczyna biała — White clover	14,1	220	0,54	
Gorczyca biała — White mustard	14,2	220	0,58	

Dawki nawozów azotowych zależą od wymagań odmiany, kierunku użytkowania, kategorii agronomicznej gleby, czynników pogodowych i agrotechnicznych. W zrównoważonym systemie uprawy ziemniaka, w miarę możliwości (aktualne analizy gleby i roślin), należy wykorzystywać określanie dawek na podstawie zasobności azotu w glebie wiosną i uzupełnić je na podstawie pomiaru zawartości azotu w roślinie. Ważnym jest uwzględnienie cech genetycznych odmian, gdyż zalecane dawki dla ziemniaka jadalnego są zróżnicowane i kształtują się od 85 do 150 kg N na 1 ha (Charakterystyka..., 2012). Azot pod ziemniak można stosować w formie saletrzaną (saletra amonowa lub saletrzak) oraz amidowej (mocznik). Saletra amonowa i saletrzak są bardziej wskazane w uprawie odmian wczesnych ze względu na szybszy rozkład, a pozostałe odmiany w pełnej dojrzałości nawozić mocznikiem.

Azot jest składnikiem wpływającym dodatnio na wielkość bulw, zawartość białka i aminokwasów egzogennych. Przekroczenie dawek zalecanych dla odmian powoduje, oprócz niewykorzystania i strat tego składnika, pogorszenie cech jakości bulw:

- spadek zawartości suchej masy i skrobi,
- możliwy wzrost sumy cukrów i cukrów redukujących,
- zwiększenie skłonności bulw do ciemnienia i brunatnienia produktów smażonych,
- wzrost uszkodzeń mechanicznych i strat przechowalniczych (Trawczyński, 2012; Trawczyński i Wierzbicka, 2011; Wszelaczyńska i in., 2007).

W nowoczesnej technologii produkcji ziemniaka w większym zakresie stosowane będzie rzędowe nawożenie podczas sadzenia sadzarką. Ponadto aplikować się będzie nawozy wieloskładnikowe nowej generacji o spowolnionym działaniu. Do nawożenia rzędowego można stosować nawozy wieloskładnikowe lub mocznik. Jabłoński (2011, 2012) wykazał korzystne działanie rzędowego nawożenia mocznikiem i nawozami wieloskładnikowymi, a zwyczajka plonów w odniesieniu do nawożenia tradycyjnego wynosiła od 14 do 22%.

Tabela 10

Zawartość skrobi (%) i azotanów ($\text{mg NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ św. masy) w zależności od nawożenia N (Trawczyński, 2012)
Starch (%) and nitrates ($\text{mg NO}_3 \text{ kg}^{-1}$ fresh matter) contents in dependence on nitrogen fertilization (Trawczyński, 2012)

Wyszczególnienie Specification	Dawki N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ — Doses N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$				
	0	50	100	150	200
Skrobia — Starch	14,2	14,4	14,6	14,2	13,8
Azotany — Nitrates	17,5	22,4	33,2	41,5	50,5

Tabela 11

Wpływ nawożenia N na cechy jakościowe bulw ziemniaka (Wszelaczyńska i in., 2007)
Influence of nitrogen fertilization on qualitative properties of potato tubers (Wszelaczyńska et al., 2007)

Wyszczególnienie Specification	Dawki N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ — Doses N $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$			
	0	60	120	180
Sucha masa — Dry matter (%)	21,8	22,3	22,4	22,2
Skrobia — Starch (%)	12,5	13,0	13,1	13,0
Cukry ogółem — Total sugar (%)	0,26	0,31	0,34	0,35
Witamina C — Vitamin C ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	236	223	213	200

Wzrost plonu handlowego i podnoszenie cech jakościowych bulw zapewniają zabiegi związane z przygotowaniem ziemniaków do sadzenia i z sadzeniem. Obejmują one:

- wymianę sadzeniaków co 2-4 lata na kwalifikowane,
- zaprawianie materiału sadzeniakowego, z wyjątkiem odmian na wczesny zbiór,
- podkielekowanie (odmiany wczesne) i pobudzanie,
- przestrzeganie optymalnych terminów sadzenia, właściwej obsady roślin i głębokości sadzenia,
- zwiększanie szerokości międzyrzędzi do 75 i 90 cm (Jabłoński, 2012; Nowacki, 2012 c; Nowacki i in., 2013; Zarzecka, 2006).

Pielęgnowanie plantacji obejmuje zniszczenie chwastów, stworzenie optymalnych właściwości fizycznych gleby oraz właściwe uformowanie kształtu redlin zapewniającego dobry rozwój bulw.

Sposób pielęgnowania odgrywa ważną rolę w plonowaniu i jakości zbieranych bulw ze względu na duże zagrożenie chwastami, głównie w okresie od posadzenia do wschodów i podczas zasychania łęcin. Racjonalna regulacja zachwaszczenia polega na wykorzystaniu zabiegów agrotechnicznych związanych z uprawą wszystkich roślin w zmianowaniu. Szczególną uwagę należy zwrócić na staranność zabiegów w okresie pomiędzy sprzętem przedplonu a rośliną następcą.

W zrównoważonym systemie gospodarowania podstawową rolę w ograniczaniu zachwaszczenia pełnią zabiegi mechaniczne, które w okresie od posadzenia do wschodów obejmują obsypywanie z bronowaniem wykonywane co 6–8 dni. Natomiast od wschodów roślin ziemniaka do zwarcia rzędów należy stosować 2–3 razy obsypywanie i opielanie z formowaniem redlin. Pielęgnowanie mechaniczne jest skuteczne w 95–98%, jeśli chwasty są niszczone w początkowej fazie ich rozwoju (białe nitki). Ponadto zabiegi mechaniczne są skuteczne w suchych sezonach wegetacji, natomiast w warunkach ciepłej i wilgotnej pogody chwasty rosną i rozwijają się intensywnie — wówczas największą skuteczność

zniszczenia zapewniają zabiegi mechaniczno-chemiczne z zastosowaniem herbicydów i ich mieszanin (Gugała i Zarzecka, 2009; Urbanowicz, 2012 a). W integrowanej technologii uprawy ziemniaka trzeba umiejętnie łączyć zabiegi mechaniczne z herbicydami. Należy preferować środki o małej szkodliwości dla ludzi, o niskiej zawartości substancji aktywnej, stosować je w optymalnych dawkach i terminach, zgodnie z zaleceniami Instytutu Ochrony Roślin — PIB i MRiRW (Zalecenia Ochrony Roślin, 2012; <http://www.minrol.gov.pl>). W przypadku konieczności zastosowania herbicydów lub ich mieszanin, najlepszym terminem jest okres przed wschodami ziemniaka, przy czym przed zabiegiem chemicznym należy wykonać obsypywanie i formowanie redlin. W tym terminie herbicydy są pobierane głównie przez wschodzące chwasty, stąd powinny być zastosowane na wilgotną glebę.

Kolejnym terminem stosowania herbicydów jest okres po wschodach roślin ziemniaka do chwili, gdy osiągną one do 15 cm wysokości. Zaletą herbicydów powschodowych jest dłuższy okres działania, co skutecznie ogranicza rozwój chwastów i nie dopuszcza do powstawania tzw. zachwaszczenia wtórnego, które występuje pod koniec okresu wegetacji ziemniaka. Natomiast ujemną stroną jest fitotoksyczna reakcja niektórych odmian na herbicyd Sencor 70 WG, który jest powszechnie stosowany w terminie powschodowym. Niewielkie uszkodzenia roślin nie powodują zmniejszenia plonu, a nawet jego wzrost ze względu na wysoki efekt chwastobójczy, a odmiany wrażliwe na metrybuzynę mogą reagować obniżeniem plonu i pogorszeniem jego struktury. W warunkach wysokiej kultury pola i małego zachwaszczenia o celowości wykonania pełnych zabiegów pielęgnowania decyduje tzw. próg szkodliwości, który dla wielu popularnych gatunków wynosi 4–5 szt. na 1 m² (Brzeziński i in., 2012; Urbanowicz, 2010, 2012 a).

Urbanowicz (2012 b) na podstawie dwunastoletnich obserwacji wykazał, że chwasty na plantacjach ziemniaka zwalczano głównie w sposób mechaniczno-chemiczny (63%), a w mniejszym zakresie metodą mechaniczną (37%). Ponadto najczęściej wykonywano jeden zabieg herbicydowy w terminie przedwschodowym. Takie sposoby odchwaszczania plantacji ziemniaczanych, z uwzględnieniem doboru środków ochrony roślin do występujących gatunków chwastów i uprawianych odmian oraz właściwych dawek i terminów aplikacji, a także atestowanego sprzętu do zabiegów chemicznych, upoważniają do stwierdzenia, że ochrona przed chwastami jest skuteczna i bezpieczna dla środowiska.

Tabela 12

Sposoby regulacji zachwaszczenia w Polsce — średnia z lat 2000–2011 (Urbanowicz, 2012 b)
Weed control methods in Poland — mean of years 2000–2011 (Urbanowicz, 2012 b)

Sposoby regulacji zachwaszczenia Weed control methods	Ilość plantacji (%) Number of plantations (%)
Mechaniczno-chemiczny Mechanical and chemical	62,9
Mechaniczny Mechanical	37,1

Ochrona ziemniaka przed agrofagami to złożony kompleks zabiegów, gdyż ziemniak należy do gatunków trudnych w produkcji z uwagi na łatwość zachwaszczania się pól i zagrożenie wieloma chorobami i szkodnikami.

Do najważniejszych i najbardziej rozpowszechnionych **chorób ziemniaka** zalicza się: zarzę ziemniaka, alternariozę, rizoktoniozę, parch zwykły i srebrzysty oraz czarną nóżkę. Do **szkodników** o największym znaczeniu należą: stonka ziemniaczana, szkodniki glebowe — drutowce, rolnice i pędraki. Ziemniak narażony jest także na różne organizmy kwarantannowe, wśród których najważniejsze to: bakterioza pierścieniowa ziemniaka, rak ziemniaka, mątwik ziemniaczany.

W cyklu zabiegów związanych z ochroną łanu, dwa z nich wymagają szczególnej uwagi w zintegrowanej uprawie ziemniaka. Są to zabiegi związane ze zwalczaniem choroby grzybowej — zarazy ziemniaka i podstawowego szkodnika — stonki ziemniaczanej (Brzeziński i in., 2012).

Do zwalczania **zarazy ziemniaka** w systemie zintegrowanym należy wykorzystać czynniki biologiczne i agrotechniczne, a przede wszystkim:

- dobór odmian o wysokiej odporności na zarzę ziemniaka (skala 7–8),
- unikanie sadzenia obok siebie odmian podatnych i odpornych,
- staranne przygotowanie sadzeniaków (odrzuć bulwy porażonych zarazą),
- zapewnienie roślinom optymalnych warunków rozwoju (pobudzanie, wczesne sadzenie, kształt redliny),
- zbiór bulw w dni pogodne, po ich całkowitym dojrzewaniu.

Podstawową zasadą przy stosowaniu walki chemicznej jest obecność preparatu na roślinie przed spodziewaną infekcją grzyba. Najczęściej zalecany model ochrony przed zarazą polega na zastosowaniu do pierwszego oprysku preparatów systemicznych. Drugi zabieg wykonuje się po 10–14 dniach preparatem wgłębnym, a kolejne co 7–10 dni preparatami kontaktowymi. Ochrona chemiczna powinna być wspomagana monitoringiem zapewniającym optymalne wykorzystanie preparatów o małej toksyczności dla ludzi i środowiska z równoczesnym zbiorem plonów o dobrej jakości.

Ochrona plantacji przed **stonką ziemniaczaną** powinna uwzględnić:

- znajomość biologii rozwoju owada i stopnia zagrożenia plantacji w różnych fazach rozwojowych rośliny,
- wykorzystanie prognoz nasilenia owada,
- progi ekonomicznej szkodliwości stonki (1–2 owady dorosłe na 1 m² plantacji we wczesnej fazie rozwoju, 15 larw na 1 roślinę w pełni wegetacji),
- stosowanie środków o niskiej toksyczności i krótkim okresie karencji.

Chemiczna walka ze stonką, co bardzo często okazuje się niezbędne, powinna preferować preparaty biologiczne oraz inne o niskiej toksyczności i krótkim okresie karencji.

Zbiór ziemniaka. Dla uzyskania plonu wysokiej jakości bez uszkodzeń mechanicznych bulw i zanieczyszczeń należy:

- zniszczyć lęty na 7–21 dni przed zbiorem,
- rozpocząć zbiór w momencie pełnej dojrzałości bulw (oddzielanie się stolonów, w pełni dojrzała skórka), przy suchej, cieplej pogodzie, w temperaturze $>10^{\circ}\text{C}$,
- używać maszyn z takimi rozwiązaniami konstrukcyjnymi, które zminimalizują uszkodzenia mechaniczne bulw (Nowacki i in., 2013; Zarzecka, 2006).

W integrowanym systemie produkcji, na dużych plantacjach ziemniaka coraz częściej wprowadza się zbiór dwufazowy, który w dużym stopniu zabezpiecza bulwy przed uszkodzeniami mechanicznymi (Jabłoński, 2010, 2012).

PODSUMOWANIE

Dobrym miernikiem porównawczym w technologii produkcji ziemniaka są plony bulw uzyskiwane w różnych systemach produkcji (tab. 13).

Tabela 13

Plonowanie ziemniaka w różnych systemach produkcji (Nowacki, 2012 b)
Yielding of potato in different cultivation systems (Nowacki, 2012 b)

System uprawy Cultivation system	Plon bulw — Potato yield	
	(t·ha ⁻¹)	(%)
Konwencjonalny intensywny — Conventional intensive	44,0	100
Konwencjonalny ekstensywny — Conventional extensive	16,6	37,2
Integrowany — Integrated	31,1	70,7
Ekologiczny — Ecological	25,4	57,7
Średni plon wg GUS — Mean yield by Central Statistical Office	19,1	43,4

Najwyższe plony bulw otrzymuje się w systemie konwencjonalnym intensywnym, w którym nakłady finansowe na środki produkcji są także największe. Natomiast wysokie plony dobrej jakości uzyskuje się w integrowanym systemie produkcji, którego zasady są często zbieżne, a w wielu przypadkach identyczne, z zasadami zrównoważonej technologii uprawy ziemniaka. Zrównoważona technologia uprawy zapewnia dużą stabilność plonowania i dobrą jakość bulw.

LITERATURA

- Borkowski R. 2001. Cywilizacja technika ekologia. Wybrane problemy rozwoju cywilizacyjnego u progu XXI wieku. Uczelniane Wyd. Naukowo-Dydaktyczne, Kraków.
- Brzeziński M., Gugała M., Ponichtera P., Zarzecka K. 2012. Jak uprawiać ziemniaki skrobiowe. Wyd. Wyższej Szkoły Agrobiznesu w Łomży: 1 — 46.
- Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka. 2012. Wyd. XV IHAR — PIB, Oddział Jadwisin: 1—43.
- Czarski E. 2011. Wskaźniki zrównoważonego rozwoju Polski. GUS. Katowice: 1—191.
- Faber A. 2001. Bioróżnorodność w krajobrazie rolniczym Polski. Biul. Infor. IUNG, Puławy, 15: 4—9.
- Gruczek T. 2001. Kierunki zmian w technologii produkcji ziemniaka. Ogólnopolskie Forum Producentów, Dystrybutorów i Przetwórców Ziemniaka. Jadwisin-Brwinów, 7—8 marca: 56—64.
- Gruczek T. 2004. Przyrodnicze i agrotechniczne aspekty uprawy ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 500: 31 — 44.

- Gugała M., Zarzecka K. 2009. Ocena skuteczności herbicydów w uprawie ziemniaka. *Biul. IHAR* 251: 225 — 234.
- Jabłoński K. 2009. Kierunki przewidywanych zmian w technologii produkcji ziemniaka do roku 2020. *Studia i Raporty IUNG — BIP*, 17: 117 — 127.
- Jabłoński K. 2010. Kierunki rozwoju nowoczesnej produkcji ziemniaka. *Mat. Konf. Nauk. nt. Tradycja i nowoczesność w produkcji ziemniaka. Jadwisin*, 7–9 lipca: 12 — 13.
- Jabłoński K. 2011. Nowoczesne sposoby uproszczonej uprawy roli i nawożenia pod ziemniaki. *Ziemniak Polski* 1: 1 — 7.
- Jabłoński K. 2012. Nowoczesna produkcja ziemniaka w systemie rolnictwa integrowanego. *Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna* 2: 1 — 4.
- Krasowicz S. 2008. Relacje człowiek — środowisko przyrodnicze w aspekcie zrównoważonego rozwoju. *Probl. Inż. Roln.*, 1: 21 — 27.
- Krzysztofik B., Marks N., Baran D. 2009. Wpływ wybranych czynników agrotechnicznych na ilościowe cechy plonu bulw ziemniaka. *Inż. Roln.* 5 (114): 123 — 129.
- Kukuła S., Krasowicz S. 2007. Główne problemy i uwarunkowania zrównoważonego rozwoju rolnictwa w Polsce. *Probl. Inż. Roln.*, 1: 5 — 16.
- Kuś J. 1995. Systemy gospodarowania w rolnictwie. *Rolnictwo integrowane. Mat. szkol.*, 42/95, Wyd. IUNG Puławy.
- Kuś J. 2002. Systemy gospodarowania w rolnictwie. W: *Mały poradnik zarządzania gospodarstwem rolniczym. Mat. szkol.*, 9, Wyd. IERiGŻ, Warszawa: 119 — 126.
- Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze. 2009-2013. Wyd. COBORU, Słupia Wielka.
- Listy zalecanych do uprawy odmian na obszarze województwa. 2013. Wyd. COBORU, Słupia Wielka.
- Nowacki W. 2010. Współczesne technologie i systemy uprawy ziemniaka. *Mat. Konf. Nauk. nt. Tradycja i nowoczesność w produkcji ziemniaka. Jadwisin*, 7–9 lipca: 7 — 11.
- Nowacki W. 2012 a. Przyszłość polskiego biznesu ziemniaczanego z perspektywy Stowarzyszenia Polski Ziemniak. *Agro Serwis. Forum Producentów „Rolnicza Wiosna 2012” — Polagra Premiery*, Poznań, 18 lutego: 30 — 31.
- Nowacki W. 2012b. Integrowana produkcja ziemniaka na tle innych systemów uprawy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 52 (3): 740 — 745.
- Nowacki W. 2012c. O kierunkach zmian w uprawie ziemniaka w Polsce. *Biul. IHAR* 266: 21 — 35.
- Nowacki W., Czerko Z., Goliszewski W., Jankowska J., Lutomirska B., Trawczyński C., Zarzyńska K. 2013. *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków. Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa* Warszawa: 1 — 75.
- Płaza A. 2009. Znaczenie nawozów zielonych w uprawie ziemniaka. *Biul. IHAR* 254: 145 — 152.
- Płaza A., Ceglarek F., Królikowska M. A. 2009. Wpływ międzyplonów i słomy jęczmienia jarego na jakość bulw ziemniaka jadalnego. *Fragm. Agron.* 26 (4): 132 — 139.
- Raman S. 2006. *Agricultural sustainability: Principles, processes, and prospects. Food Products Press, An imprint of the Haworth Press, New York, London — Oxford*: 474 pp.
- Rykaczewska K. 2010. Badania z zakresu fizjologicznych podstaw produktywności ziemniaka. *Mat. Konf. Nauk. nt. Tradycja i nowoczesność w produkcji ziemniaka. Jadwisin*, 7–9 lipca: 21 — 22.
- Trawczyński C. 2011. Właściwe stosowanie nawozów naturalnych lub organicznych zapewnia wysoki plon ziemniaków. *Ziemniak Polski* 4: 1 — 7.
- Trawczyński C. 2012. Nawożenie azotem nowych odmian ziemniaka uprawianych na glebach lekkich. *Ziemniak Polski* 2: 1 — 5.
- Trawczyński C., Wierzbicka A. 2011. Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. *Biul. IHAR* 259: 193 — 201.
- Urbanowicz J. 2010. Fitotoksyczna reakcja pięciu odmian ziemniaka na powschodowe stosowanie metrybuzyny. Cz. I. Wpływ na plon bulw i jego strukturę. *Biul. IHAR* 257/258: 185 — 196.
- Urbanowicz J. 2012a. Sposoby pielęgnowania plantacji ziemniaków na różne kierunki użytkowania. *Ziemniak Polski* 2: 1 — 6.
- Urbanowicz J. 2012b. Występowanie chwastów w ziemniaku oraz metody ich zwalczania na terenie Polski w latach 2000–2011. *Biul. IHAR* 265: 129 — 135.

- Wszelaczyńska E., Janowiak J., Spychaj-Fabisiak E., Pińska M. 2007. Wpływ nawożenia na wybrane cechy jakościowe bulw ziemniaka odmiany Bila. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6 (4): 91-96.
- Zalecenia Ochrony Roślin 2012. Wyd. IOR — PIB, Poznań.
- Zarzecka K. 2006. Uprawa ziemniaka w Polsce warunkująca właściwą jakość plonu. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 511: 53 — 72.
- Zarzecka K., Gugala M. 2012. Plonotwórcze działanie użyźniacza glebowego UGmax w uprawie ziemniaka. *Inż. Ekol.*, 28: 144-148.
- Zimny L. 2007. Definicje i podziały systemów rolniczych. *Acta Agrophys.*, 10(2): 507-518.
- <http://www.minrol.gov.pl>.

SPIS TREŚCI — CONTENTS

Wacław Mozolewski Monika Radzymińska Tomasz Łazicki	Jakość ziemniaka spożywczego w opinii konsumentów The quality of table potato in the opinion of consumers	5
Sławomir Pietrzyk Lesław Juszcak Teresa Fortuna Małgorzata Bączkiewicz	Właściwości termiczne i reologiczne skrobi ziemniaczanej acetylowanej utlenionej na różnych poziomach Thermal and rheological properties of potato acetylated starch oxidized at different levels	17
Teresa Witczak Anna Stępień Mariusz Witczak	Stabilność reologiczna żeli na bazie skrobi ziemniaczanej z dodatkiem pektyny i inuliny o różnym stopniu polimeryzacji Rheological stability of gels based on potato starch with the addition of pectin and inulin with different degree of polymerization	27
Lesław Juszcak Sławomir Pietrzyk Teresa Fortuna Dorota Gałkowska Teresa Witczak	Wybrane właściwości fizykochemiczne skrobi ziemniaczanej o różnym stopniu utlenienia Selected physicochemical properties of potato starch oxidized at different levels	39
Anna Bryła Wojciech Juzwa Grażyna Lewandowicz	Kapsułkowanie soku z ziemniaka w liposomach Potato juice encapsulation into liposomes	49
Magda Aniołowska Agnieszka Kita	Wpływ temperatury smażenia i stopnia degradacji medium smaźalniczego na jakość chipsów ziemniaczanych Influence of frying temperature and degree of oil degradation on the quality of potato chips	63
Elvyra Jarienė Honorata Daniļčenko Nijole Vaitkevičienė Agnieszka Kita	Effects of biodynamic preparations on the growth and yield parameters of potatoes with coloured flesh. Short communication Wpływ preparatów biodynamicznych na wzrost i plonowanie bulw ziemniaków o kolorowym miąższu. Komunikat	73
Jacek Lewandowicz Joanna Le Thanh-Blicharz Jan Jasiczak	Ocena możliwości zastosowania skrobi woskowych jako zagęstników sosów typu keczup Evaluation of waxy starches as tomato ketchup thickeners	81
Praca rekomendowana przez Redakcję Biuletynu Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin		
Sławomir Wróbel Barbara Robak	Charakterystyka nowych odmian ziemniaka pod względem możliwości przerywania spoczynku bulw New potato cultivars characterized in regard to dormancy breaking of tubers	93
Marek Gugala Krystyna Zarzecka Anna Sikorska	Wpływ pielęgnacji mechaniczno-chemicznej uprawy ziemniaka na plony suchej masy, skrobi i białka ogólnego The effects of mechanical and chemical treatments on the dry matter, starch and total protein yields	103

Krystyna Zarzecka	Technologia uprawy ziemniaka w zrównoważonym systemie gospodarowania (praca przeglądowa) Cultivation technology of potato in sustainable farming system (review)	113
-------------------	--	-----