

ANNA PEKSA<sup>1</sup>  
WIESŁAW KOPEĆ<sup>2</sup>  
MARIA STAŃKOWSKA<sup>3</sup>  
MAREK DAMSKI<sup>2</sup>  
EMIL HERMANOWSKI<sup>3</sup>  
BEATA DŁUGOZIMA<sup>3</sup>  
AGNIESZKA TAJNER-CZOPEK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>2</sup> Katedra Surowców Zwierzęcych i Zarządzania Jakością, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

<sup>3</sup> Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego Pepees w Łomży

## Wpływ parametrów procesu przemysłowej produkcji białka ziemniaczanego na charakterystykę produktów pośrednich i produktu gotowego

### **Influence of industrial potato protein production parameters on the characteristics of intermediated and final products**

Badano próby soku ziemniaczanego, skoagulowanego białka i odcieku pokoagulacyjnego pobrane na linii białka paszowego w krochmalni. Określano wpływ obniżenia temperatury koagulacji białka w soku o naturalnym pH na skład chemiczny analizowanych prób. Temperatura 90°C umożliwiła uzyskanie osadu białkowego po dekanterze. Otrzymany preparat zawierał ponad 70% białka i około 30% pektyn. Zawartość glikoalkaloidów utrzymywała się na podobnym poziomie w soku, preparacie białkowym i odcieku pokoagulacyjnym.

**Słowa kluczowe:** glikoalkaloidy, koagulacja termiczna, pektyny, sok ziemniaczany

We investigated samples of potato juice, protein precipitate and supernatant after protein precipitation taken from the line of fodder potato protein in starch factory. We determined the effect of the lowering of the temperature of potato protein coagulation in a juice of native pH on chemical composition of analyzed samples. The temperature of 90°C allowed for the obtaining of potato protein precipitate after centrifuge. The resulting preparation contained over 70% of the protein and about 30% of pectins. Glycoalkaloids content balanced on the similar level in potato juice, protein preparation and in the supernatant obtained after coagulation process.

**Key words:** glycoalkaloids, thermal coagulation, pectins, potato juice

## WSTĘP

Jednym z najbardziej opłacalnych kierunków utylizacji soku ziemniaczanego powstającego w przemyśle krochmalniczym jest pozyskiwanie z niego białka w procesie termicznej denaturacji w soku o pH w zakresie punktu izoelektrycznego globularnych białek tuberyny. Ta, stosowana powszechnie w przemyśle metoda umożliwia wydzielenie z soku prawie wszystkich obecnych w nim białek stanowiąc o dużej wydajności procesu, zarówno pod względem ilości wyprodukowanego suchego białka ziemniaczanego, jak i stopnia oczyszczenia soku z substancji azotowych oraz rozpuszczalnych wielkocząsteczkowych związków węglowodanowych, w tym pektyn. Usunięcie z soku tych związków zmniejsza jego zagrożenia dla środowiska naturalnego człowieka umożliwiając obniżenie BZT<sub>5</sub> (Biologiczne Zapotrzebowanie Tlenu), ChZT (Chemiczne Zapotrzebowanie Tlenu) i ilości zawiesin o około 40% (Kutera, 1991). Jest to istotne, gdy odciek po denaturacji utylizowany jest w dalszej kolejności jako zalew użyźniający, a nie zwracany do procesu.

Etap koagulacji i denaturacji białek w soku ziemniaka występujący na linii białka paszowego w krochmalniach wymaga poprzedzających go zabiegów technologicznych. Należą do nich zazwyczaj takie kolejne zabiegi, jak podgrzanie soku do temperatury około 40°C, obniżenie pH poprzez zastosowanie roztworu kwasu siarkowego, wtłoczenie do soku pary pod ciśnieniem około 1 MPa i krótkotrwałe (do kilku minut) przetrzymanie soku np. w temperaturze 113–118°C (Pęksa, 2003). Schłodzony do około 70°C koagulat kierowany jest do dekantera, w którym następuje oddzielenie białka mokrego (koagulatu) i odcieku pokoagulacyjnego. Wysuszone pneumatycznie, metodą z zawrotem, białko ziemniaczane zawiera około 80% białka w suchej masie, 3% makro- i mikroelementów oraz nie więcej niż 10% wody. Ponadto suchy preparat ziemniaczanego białka paszowego zawiera związki węglowodanowe, w tym pektyny i cukry proste oraz sole, szczególnie potasowe. Do innych substancji występujących w nieznacznym ilościach należą też toksyczne glikoalkaloidy, których zawartość w suchym preparacie białkowym może się wahać w szerokich granicach od kilkunastu do kilkuset mg·kg<sup>-1</sup> (Kemme-Kroonsberg i in., 1997). Poziom zawartości w suszonym białku ziemniaczanym węglowodanów i glikoalkaloidów jest związany z wyjściową zawartością tych związków w przetworzonym soku, warunkami przeprowadzenia termicznej koagulacji białek oraz z zastosowaniem zabiegów filtracyjnych w soku, jak np. ultrafiltracja i odwrócona osmoza, przyczyniających się do zwiększenia stężenia białka w retentacie i jednocześnie usunięcia niskocząsteczkowych związków takich, jak aminokwasy, cukry, sole, glikoalkaloidy, czy część związków fenolowych (Zwijnenberg i in., 2002; Pęksa i in., 2009).

W roślinie ziemniaka, w tym też w bulwach występują naturalnie glikoalkaloidy, związki, które w małych ilościach (< 150 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy) wpływają korzystnie na smak i aromat ziemniaka, a powyżej 200 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy mogą powodować gorzki smak. Ich toksyczne oddziaływanie na organizm człowieka czy zwierzęcia odnotowuje się przy stężeniu >280 mg·kg<sup>-1</sup> świeżej masy (Nema i in., 2008). Poziom zawartości glikoalkaloidów w bulwach ziemniaka związany jest z odmianą, warunkami uprawy i przechowywania wpływającymi na zdrowotność bulw, stopień uszkodzenia, czy

zazielenienie i wzrasta wraz z pogorszeniem ich jakości. W badaniach Pęksy i in. (2002) zawartość glikoalkaloidów bulwach ziemniaka w zależności od odmiany, warunków nawożenia i terminu zbioru wahała się w przedziale od 5,31 do 17,44 mg·100 g<sup>-1</sup> świeżej masy. Warunki procesu izolacji białka z soku, w tym filtracja soku oraz temperatura, pH i czas koagulacji mogą wpłynąć na zawartość tych związków w uzyskanym suszonym białku ziemniaczanym.

Innymi składnikami preparatu białka ziemniaczanego są rozpuszczalne polisacharydy nieskrobiowe, pektyny. Warunki procesu koagulacji białek ziemniaka takie, jak pH soku, siła jonowa (związana z obecnością rozpuszczonych w soku soli), zastosowanie polielektrolitów (np. karboksymetylocelulozy, tj. CMC) oraz temperatura mają istotny wpływ na zawartość tych węglowodanów w suchym preparacie białkowym (Vikelouda i Kiosseoglou, 2004; Surówka i Maciejaszek, 2007). Łączenie się białek z anionowymi polisacharydami, jakimi są pektyny, w większym stopniu następuje po podgrzaniu roztworu (soku) szczególnie w obecności białek globularnych, których struktura ulega rozwinięciu i odsłonięte zostają aktywne grupy funkcyjne. Może to prowadzić do powstania nierozpuszczalnych kompleksów białek i pektyn. Reakcjom tym sprzyja pH zbliżone do punktu izoelektrycznego białek, a w środowisku o pH powyżej punktu izoelektrycznego obecność jonów metali dwuwartościowych (Ca<sup>2+</sup>). Niewielkie ilości pektyn mogą wpływać na poprawę właściwości funkcjonalnych otrzymanych produktów białkowych, w tym też białka ziemniaka (Surówka i Maciejaszek, 2007; Vikelouda i Kiosseoglou, 2004).

Białko ziemniaka jest jednym z głównych źródeł białka roślinnego w Polsce aktualnie przeznaczanym wyłącznie na cele paszowe. Produkt paszowy jest skoagulowanym termicznie białkiem o walorach jedynie żywieniowych, natomiast traci w procesie technologicznym cechy konieczne do wykorzystania w produkcji żywności. Nie ulega hydratacji, nie rozpuszcza się w wodzie i nie wykazuje właściwości funkcjonalnych.

Badania różnych autorów (Ralet i Gueguen, 2000; Deveaux-Gobert, 2008) wykazały, że w postaci nie zdenaturowanej dwie główne frakcje białek ziemniaka, tj. patatyny oraz białek inhibitorów proteaz odznaczają się bardzo korzystnymi cechami funkcjonalnymi, w tym szczególnie dużą aktywnością emulsyjną oraz stabilizacyjną pian, na które wpływ mają pH i siła jonowa układów, w których działają. Pomimo dostępnych wyników wieloletnich badań prowadzonych przez różnych autorów na świecie i w kraju (Ralet i Gueguen, 2000; Deveaux-Gobert, 2008; Løkra i in., 2008; Pęksa i in., 2009) preparaty zawierające niezdenaturowane, czy też tylko częściowo zdenaturowane frakcje białek ziemniaka, nie są dotychczas w Polsce produkowane a mogą być alternatywą innych białek roślinnych, głównie sojowych. Niektórzy autorzy (van Koningsveld i in., 2001; Pęksa, 2006) dowodzą, że koagulacja termiczna białek ziemniaka w soku o odczynie lekko kwaśnym (pH 5,0–6,2) w temperaturze 75–80°C przez około 15 minut zapewnia ponad 80% wydajność odzysku białka czystego z soku o ściśle określonej sile jonowej lub w obecności 20% etanolu.

Celem doświadczenia przeprowadzonego w warunkach przemysłowych było określenie wpływu obniżenia temperatury koagulacji białek ziemniaka w soku o niezmiennym pH na zawartość suchej substancji, białka i azotu niebiałkowego,

a także pektyn i glikoalkaloidów w soku na różnych etapach jego termicznej obróbki, w otrzymanym koagulacie oraz w odcieku pokoagulacyjnym.

#### METODYKA BADAŃ I PRZEPROWADZONYCH ANALIZ

##### **Przebieg doświadczenia**

Doświadczenie przeprowadzono na linii białka ziemniaczanego w Przedsiębiorstwie Przemysłu Ziemniaczanego Pepees w Łomży w sezonie produkcyjnym 2015 roku. Klarowny sok pozbawiony skrobi i tkanki ziemniaka, ogrzany do temperatury około 40°C został skierowany do zagrzewacza bezprzeponowego bez uprzedniej korekcji pH i poddany działaniu gorącej pary wodnej w warunkach ciśnienia 1–1,2 MPa zapewniającego zagrzanie soku do temperatury 80 lub 90°C przez okres 5 minut. Gorący sok zawierający skoagulowane białko został skierowany do dekantera celem oddzielenia koagulatu białkowego od odcieku pokoagulacyjnego.

Próby do badań pobierano po upływie 20 minut od wyłączenia dozowania roztworu kwasu siarkowego obniżającego pH soku. Próby pobierano trzykrotnie, po upływie 10, 20 i 30 minut od ustalenia się temperatury soku na poziomie 80°C oraz po upływie 10, 30 i 50 minut od ustalenia się temperatury soku na poziomie 90°C. Pobrano próby: soku przed podgrzaniem, soku po koagulacji białka, mokrego preparatu białkowego po dekanterze oraz odcieku pokoagulacyjnego.

Ze względu na to, że w warunkach temperatury koagulacji 80°C nie uzyskano po dekanterze osadu białkowego o odpowiedniej konsystencji, próby do badań zawartości pektyn i glikoalkaloidów pobrano z doświadczenia prowadzonego w temperaturze 90°C, który umożliwił uzyskanie półproduktów i produktu końcowego.

##### **Metody analiz**

Zawartość suchej substancji oznaczono susząc próby w 105°C do momentu uzyskania przez nie stałej masy. Próby płynne uprzednio podsuszano w naczynkach ze zworkami bibuły w temperaturze 60°C przez 12 godzin. Zawartość azotu ogółem oraz azotu niebiałkowego oznaczano z wykorzystaniem metody Kjeldahla (PN-75/A-04018), strącając białko roztworem kwasu trichlorooctowego (TCA) o stężeniu 20%. Pektyny ekstrahowano gorącą wodą z próby liofilizowanej i oznaczano w postaci pektynianu wapniowego, a następnie przeliczano na pektynę zmniejszając jego ilość o 1/12, a wynik podawano w mg/g s.s. (Wolak i Złocińska, 2012). Zawartość glikoalkaloidów oznaczano metodą spektrofotometryczną hydrolizując je do podstawowej jednostki jaką jest solasodine (Walls i in., 2005). Analizy wykonano w trzech powtórzeniach laboratoryjnych.

Otrzymane wyniki badań poddano analizie statystycznej stosując jednoczynnikową (dla zawartości glikoalkaloidów i pektyn) i dwuczynnikową (dla zawartości azotu niebiałkowego, azotu ogólnego i zawartości suchej substancji) analizę wariancji korzystając z testu Duncana z wyznaczeniem grup homogenicznych przy  $\alpha = 0,05$ , celem określenia wpływu temperatury koagulacji białka i miejsca pobrania próby na zawartość badanych składników.

## WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Otrzymane wyniki badań przeprowadzonych w warunkach przemysłowych na linii suszonego białka ziemniaczanego wskazują, że obniżenie temperatury koagulacji do 90 lub 80°C przy jednoczesnym wstrzymaniu obniżania naturalnego pH soku prowadzi do uzyskania koagulatu zawierającego w suchej masie blisko 80% białka (tab. 1) o zawartości suchej masy koagulatu po dekanterze od średnio 28,10% (koagulacja w 80°C) do 33,33% (koagulacja w 90°C). Nie odnotowano istotnych statystycznie zmian w zawartości suchej masy soku, soku zawierającego skoagulowane białko czy odcieku pokoagulacyjnego. Z danych zamieszczonych na rysunku 1, obrazujących wpływ temperatury procesu i etapu termicznej koagulacji białka w soku ziemniaka na zawartość azotu ogółem wynika, że niezależnie od zastosowanej temperatury koagulacji (80°C lub 90°C) zawartość związków azotowych w koagulacie zwiększyła się w stosunku do użytego surowca o około 30%. Stwierdzono również, zmniejszenie ilości tych związków w odcieku po koagulacji przeprowadzonej w temperaturze wyższej (90°C).

Tabela 1

**Zawartość suchej substancji i białka w soku ziemniaka i produktach pośrednich w zależności od temperatury i etapu termicznej koagulacji białka (wyniki średnie z 9 powtórzeń)**  
**Dry matter and protein content in potato juice and in the intermediate products in dependence on the temperature and the stage of thermal protein coagulation (the average results of 9 repetitions)**

Produkt Product	Temperatura (°C) Temperature (°C)	Sucha substancja (%) Dry matter (%)	Białko (Nog* x 6,25) Protein (% s.s.)/(% d.m.)
Sok	80	5,27 <sup>a</sup>	54,11 <sup>a</sup>
Juice	90	5,53 <sup>a</sup>	54,65 <sup>a</sup>
Sok pokoagulacji	80	5,45 <sup>a</sup>	52,17 <sup>ab</sup>
Juice after protein precipitation	90	5,42 <sup>a</sup>	49,89 <sup>bc</sup>
Koagulat po dekanterze	80	28,10 <sup>b</sup>	77,43 <sup>d</sup>
Protein precipitate	90	33,33 <sup>b</sup>	72,21 <sup>d</sup>
Odciek pokoagulacyjny	80	5,22 <sup>a</sup>	52,61 <sup>ab</sup>
Supernatant after protein precipitation	90	4,79 <sup>a</sup>	47,48 <sup>c</sup>

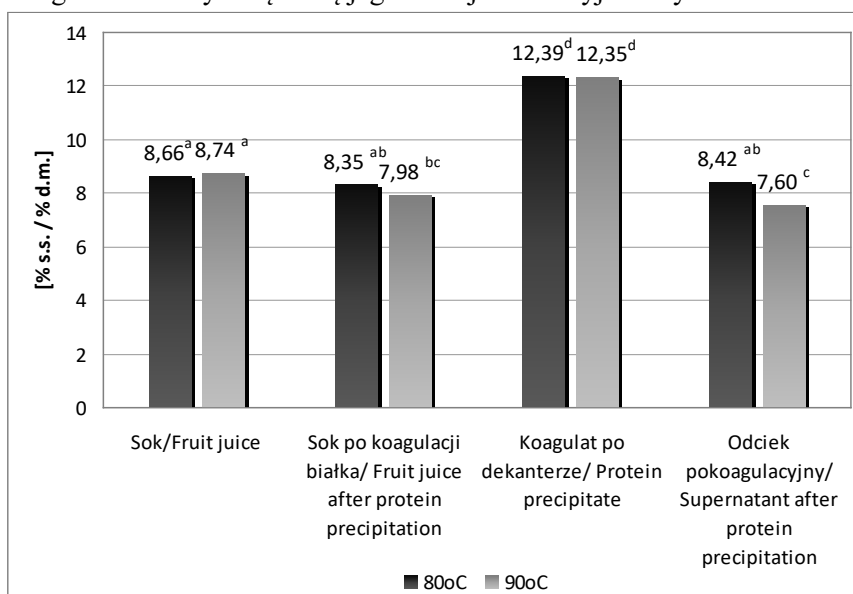
\*azot ogółem

\*total nitrogen

Brak wyraźnego obniżenia się zawartości suchej masy i białka w odcieku pokoagulacyjnym świadczyło o koagulacji tylko części zawartych w soku białek, co było związane z krótkim czasem trwania procesu technologicznego zaplanowanego na użycie znacznie wyższych temperatur i pH soku odpowiadającego punktowi izoelektrycznemu większości z nich. Jak wynika z badań niektórych autorów (Ralet i Gueguen, 2000; van Koningsveldi in., 2001; Pęksa i in., 2009) białka tuberyny charakterystyczne tylko dla ziemniaka ulegają koagulacji w środowisku o odczynie zbliżonym do obojętnego już w temperaturze 80°C, jednakże do uzyskania wydajności procesu przekraczającej 80% niezbędne jest wydłużenie czasu ogrzewania soku lub zmiana siły jonowej.

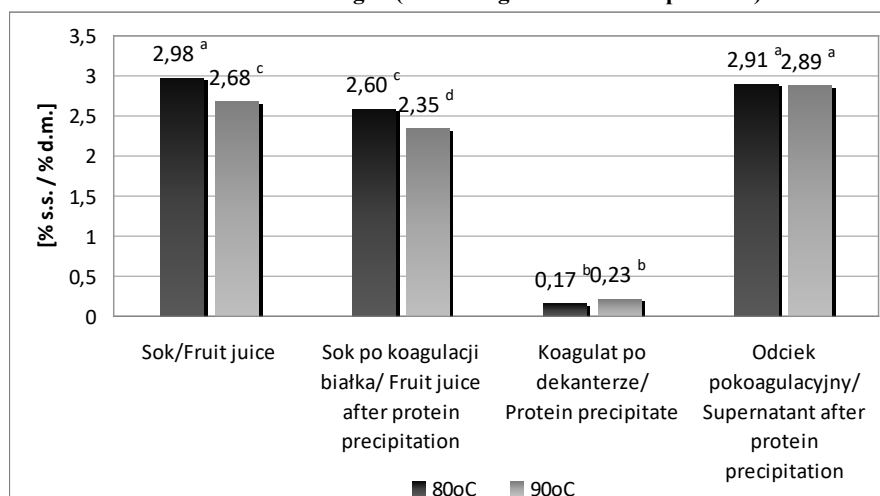
Podwyższaniu zawartości azotu ogółem w próbach uzyskanych po dekanterze osadów białkowych (koagulatów) towarzyszyło zdecydowane zmniejszenie się w nich zawartości azotu niebiałkowego (rys. 1) co świadczyło o tym, że otrzymane preparaty białkowe zawierały prawie wyłącznie białko właściwe. Niezależnie od zastosowanej temperatury

koagulacji białka otrzymane odcieki pokoagulacyjne nie różniły się zawartością azotu niebiałkowego i zawierały taką samą jego ilość jak sok wyjściowy.



Rys. 1. Wpływ temperatury procesu i etapu koagulacji termicznej białka w soku ziemniaka na zawartość azotu ogółem (Wyniki średnie z 9 powtórzeń)

Fig. 1. The effect of the temperature and the stage of thermal protein coagulation in potato juice on the content of total nitrogen (the average results of 9 repetitions)



Rys. 2. Wpływ temperatury procesu i etapu koagulacji termicznej białka w soku ziemniaka na zawartość azotu niebiałkowego (Wyniki średnie z 9 powtórzeń)

Fig. 2. The effect of the temperature and the stage of thermal protein coagulation in potato juice on the content of non-protein nitrogen (the average results of 9 repetitions)

W tabeli 2 zamieszczono wyniki średnie oznaczeń zawartości pektyn i glikoalkaloidów w soku ziemniaczanym użytym do termicznej koagulacji białka oraz w otrzymanych produktach pośrednich i preparacie białkowym. Otrzymane półprodukty zawierały od 33 do 64% mniej pektyn w suchej masie niż surowiec wyjściowy — sok ziemniaczany, przy czym w największym stopniu ilość pektyn zmniejszyła się w koagulacie pobranym po procesie dekantacji soku zawierającego skoagulowane białko. Było to prawdopodobnie wynikiem przyłączenia tylko części zawartych w soku pektyn przez grupy funkcyjne białek ziemniaka i jednoczesnej koagulacji obu tych grup związków w tym samym czasie. Zjawisko takie może mieć miejsce gdy białka globularne (a taki charakter mają białka ziemniaka) poddaje się ogrzewaniu w mieszaninie z anionowymi polisacharydami (Surówka i Maciejaszek, 2007) a uzyskany produkt ma makroskopowo jednolitą strukturę żelu. Istotne znaczenie ma liczebność wolnych grup w białku oraz rodzaj polisacharydu. Do najbardziej kompatybilnych w stosunku do białek należą pektyny. Sok ziemniaczany zawiera około 0,5% pektyn rozpuszczalnych, niezależnie od odmiany ziemniaka (Jaswał, 1968). Niektórzy autorzy (Giuseppin i in., 2013) proponują usunięcie znajdujących się w soku pektyn, a także glikoalkaloidów poprzez użycie jonu metalu dwuwartościowego (najlepiej jon  $\text{Ca}^{2+}$ ) w pH 7–9.

Tabela 2

**Zawartość pektyn i glikoalkaloidów w soku i produktach pośrednich pobranych na linii białka ziemniaczanego po koagulacji w temperaturze 90°C (wyniki średnie z 9 powtórzeń)**  
**Pectin and glycoalkaloids in potato juice and in the intermediate products received on potato protein line after coagulation in the temperature of 90°C (the average results of 9 repetitions)**

Produkt Product	Pektyny (mg·g s.s. <sup>-1</sup> ) Pectins (mg·g s.s. <sup>-1</sup> )	Glikoalkaloidy (mg·g s.s. <sup>-1</sup> ) Glycoalkaloids (mg·g s.s. <sup>-1</sup> )
Sok Juice	823 <sup>c</sup>	0,855 <sup>a</sup>
Sok pokoagulacji Juice after protein precipitation	383 <sup>a</sup>	0,801 <sup>a</sup>
Koagulat po dekanterze Protein precipitate	299 <sup>a</sup>	0,898 <sup>a</sup>
Odciek pokoagulacyjny Supernatant after protein precipitation	550 <sup>b</sup>	0,756 <sup>a</sup>

Z danych zamieszczonych w tabeli 2 wynika, że niezależnie od miejsca pobrania próby na linii białka ziemniaczanego zawartość sumy glikoalkaloidów była podobna i mieściła się w przedziale od 0,898 do 0,756 mg·g<sup>-1</sup>s.m. Było to wynikiem pozostania tych związków w soku przed i po ogrzaniu oraz w odcieku i uzyskanym preparacie białkowym. Z badań niektórych autorów wynika, że częściowe usunięcie glikoalkaloidów (TGA) z soku uzyskuje się w procesie ultrafiltracji i diafiltracji. Dalsze obniżenie ilości tych toksycznych związków w preparatach białka ziemniaczanego do poziomu niższego niż 150 ppm wymaga zastosowania dodatkowych etapów, np. oczyszczenia w procesie chromatograficznym lub adsorpcji na naturalnych adsorbentach, jak np. glinokrzemiany (Giuseppin i in., 2013), a także poprzez przemywanie osadu uzyskanego w procesie termicznej koagulacji roztworami kwasów lub wodą (Kempe-Kroonsberg i in., 1997) do poziomu < 110 ppm.

## WNIOSKI

1. Uzyskanie produktu białkowego w warunkach przemysłowych z soku ziemniaczanego o naturalnym odczynie wymagało zastosowania temperatury koagulacji minimum 90°C.
2. Zarówno temperatura 80°C, jak i 90°C koagulacji białka w soku ziemniaczanym zwiększała zawartość związków azotowych w koagulacie średnio o około 30% w stosunku do surowca, a uzyskany produkt zawierał w suchej masie średnio 72–77% białka.
3. Zawartość azotu niebiałkowego w produkcie białkowym obniżyła się w stosunku do soku i odcieku pokoagulacyjnego, średnio o ponad 90%.
4. Produkt białkowy otrzymany w wyniku koagulacji białka w temperaturze 90°C zawierał w porównaniu do surowca podobną ilość glikoalkaloidów i średnio o około 64% mniej pektyn.

## LITERATURA

- Deveaux-Gobert V. 2008. Potato proteins: Towards new value-added markets? *Cahiers Agricultures* 17: 407 — 411.
- Giuseppin M. L. F., Van der Sluis C. Laus M. Ch. 2013. Native potato protein isolates, US Patent 8, 465, 911 B2.(NL).
- Jaswal A. S. 1968. Pectic substances and the texture of French fried potatoes. *American Potato Journal* 46: 168 — 173.
- Kemme-Kroonsberg C., van Uffelen E. J. F., Verhaart J. C. J. 1997. Purified heat-coagulated potato protein for use in animal feed. WO/1997/003571.
- Kutera J. 1991. Aktualne osiągnięcia w technologii unieszkodliwiania ścieków metodą rolniczego wykorzystania w przemyśle ziemniaczanym. *Materiały III Letniej Szkoły Skrobiowej, Poznań*: 9 — 25.
- Løkra S., Helland M. H., Claussen I. C., Strættkvern K. O., Egelanddal B. 2008. Chemical characterization and functional properties of a potato protein concentrate prepared by large-scale expanded bed adsorption chromatography. *LWT* 41: 1089 — 1099.
- Nema P. K., Ramayya N., Duncan E., Niranjana K. 2008. Review. Potato glycoalkaloids: formation and strategies for mitigation. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1869 — 1881.
- Pęksa A., Gołubowska G., Rytel E., Lisińska G., Aniołowski K. 2002. Influence of harvest date on glycoalkaloid contents of three potato varieties. *Food Chemistry* 78: 313 — 317.
- Pęksa A. 2003. Białko ziemniaczane — charakterystyka i właściwości. *Postępy Nauk Rolniczych* 5: 79 — 94.
- Pęksa A. 2006. Ocena jakości preparatów białka ziemniaczanego otrzymanych w różnych warunkach technologicznych i ich przydatności w produkcji wyrobów ekstrudowanych. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej we Wrocławiu, Wydział Nauk o Żywności. Rozprawy* 533: 101 s.
- Pęksa A., Rytel E., Kita A., Lisińska G., Tajner-Czopek A. 2009. The properties of potato protein. *Food 3* (Special Issue 1). *Potato: Food, Nutrition and Health, Global Science Books*: 79 — 87.
- PN-75/A-04018. Oznaczanie azotu metodą Kjeldahla i przeliczanie na białko.
- Ralet M.-Ch., Gueguen J. 2000. Fractionation of potato proteins: solubility, thermal coagulation and emulsifying properties. *Lebensm.-Wiss. u.-Technologie* 33: 380 — 387.
- Surówka K., Maciejaszek I. 2007. Oddziaływania białkowo-polisacharydowe i ich praktyczne wykorzystanie. *Żywność. Nauka. Technologia. Jakość* 4 (53): 17 — 35.
- Van Koningsveld G. A., Gruppen H., de Jongh H. H. J., Wijngaards G., van Boekel M. A. J. S., Walstra P., Voragen A. G. J. 2001. Effects of pH and heat treatments on the structure and solubility of potato proteins in different preparations. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 49: 4889 — 4897.



- Vikelouda M., Kiosseoglou V. 2004. The use of carboxymethylcellulose to recover potato proteins and control their functional properties. *Food Hydrocolloids* 18 (1): 21 — 27.
- Walls R., Appel H., Cipollini M., Schultz J. 2005. Fertility, root reserves and the cost of inducible defenses in the perennial plant *Solanum carolinense*. *Journal of Chemical Ecology* 31 (10): 2263 — 2288.
- Wolak P. I., Złocińska A. 2012. Badanie składu chemicznego wysłodków buraczanych – produktu ubocznego przemysłu cukrowniczego. W: *Nauki inżynierskie i technologie 2 (5)*, pod red. Świrska-Korłub J., wyd. UE we Wrocławiu: 109 — 121.
- Zwijnenberg H. J., Kemperman A. J. B., Boerrigter M. E., Lotz M., Dijksterhuis J. F., Poulsen P. E., Koops G. H. 2002. Native protein recovery from potato fruit juice by ultrafiltration. *Desalination* 144: 331 — 334.

