

GRAŻYNA GOŁUBOWSKA, GRAŻYNA LISIŃSKA

**ZMIANY TEKSTURY I ZAWARTOŚCI ZWIĄZKÓW
PEKTYNOWYCH W ZIEMNIAKACH
PODCZAS PRODUKCJI FRYTEK**

Streszczenie

Celem pracy było określenie zmian zawartości związków pektynowych w ziemniakach w poszczególnych etapach produkcji frytek oraz określenie teksturotwórczej roli tych związków. Do badań laboratoryjnych pobrano próby: bulw, krajanki i frytek z dziewięciu miejsc linii produkcyjnej. W próbach bulw, krajanki i frytek oznaczono zawartość substancji pektynowych oraz określono teksturę przy użyciu aparatu Instron.

Ziemniaki po procesie blanszowania zawierały o 30% mniej pektyn rozpuszczalnych i o 50% więcej protopektyn w porównaniu z surowcem. Zawartość protopektyn we frytkach była trzykrotnie większa niż w przerabianych ziemniakach. Tekstura ziemniaków w większości etapów przerobowych uzależniona była od zawartości pektyn. Tekstura frytek podsmażanych i frytek gotowych była dodatnio i statystycznie istotnie skorelowana z zawartością protopektyn ($r = 0,71$) i pektyn ogółem ($r = 0,63$).

Słowa kluczowe: związki pektynowe, konsystencja, bulwa ziemniaka, krajanka, proces technologiczny.

Wstęp

Tekstura smażonych produktów ziemniaczanych jest jednym z ważniejszych wyróżników ich jakości. Właściwości teksturalne tych produktów mogą być modyfikowane podczas procesu technologicznego, ale przede wszystkim zależą od składu chemicznego surowca. Do produkcji frytek producenci używają ziemniaków wytypowanych odmian, o odpowiedniej znormalizowanej zawartości suchej masy, skrobi i cukrów redukujących [12]. W literaturze naukowej zwraca się uwagę także na inne związki zawarte w ziemniakach, które mogą mieć wpływ na cechy sensoryczne frytek. Przykładowo, jako związki teksturotwórcze podaje się, obok skrobi, polisacharydy nieskrobiowe, a zwłaszcza związki pektynowe: pektyny ogółem, protopektyny i pektyny rozpuszczalne [4, 15]. Występują one w przestrzeniach międzykomórkowych jako lepiszcze niezdrewniałych ścian komórek roślinnych,

tworząc tzw. „blaszkę środkową”. W ścianie komórkowej tkanki roślinnej frakcja ta odgrywa rolę usztywniającą i wzmacniającą [13]. Aguilera-Carbo i wsp. [1] oraz Andersson i wsp. [3] podają, że teksturotwórcze właściwości pektyn wynikają ze zdolności do formowania „mostków wapniowych” pomiędzy grupami karboksylowymi pektyn a jonami Ca^+ i Mg^+ . Jony wapnia przy połączeniu sąsiadujących cząsteczek pektyn nadają tkance bardziej stabilną i jędrną strukturę, zapobiegając rozpuszczaniu się pektyn zawartych w ścianach komórkowych oraz w blaszce środkowej. Szczególnie przyczyniają się do tego pektyny o niższym stopniu estryfikacji oraz większa zawartość jonów dwuwartościowych. Wśród grupy związków pektynowych na uwagę zasługuje frakcja protopektyn, która spełnia funkcję cementującą i usztywniającą w blaszce środkowej, a także wykazuje szczególną zdolność wiązania jonów wapnia [3]. Mączysta lub mazista konsystencja ugotowanych ziemniaków jest często wiązana z pęcznieniem i kleikowaniem skrobi, jak również z trwałością związków pektynowych w ścianach komórkowych i w blaszce środkowej. Substancje pektynowe i skrobia zawarte w komórkach oddziałują na teksturę w przeciwstawnym sposób. Skrobia pęczniejąc, powoduje powiększanie się komórek, w wyniku czego następuje ich rozdzielenie się, natomiast związki pektynowe poprzez siły kohezji zapobiegają temu zjawisku [3].

W literaturze naukowej mało jest danych dotyczących zmian zawartości i składu związków pektynowych w ziemniakach, półproduktach i produktach gotowych podczas całego procesu technologicznego produkcji wyrobów smażonych czy suszonych. Zmiany te mogą mieć podstawowe znaczenie w kształtowaniu konsystencji końcowego produktu [2, 11, 16, 17].

Celem pracy było określenie zmian zawartości związków pektynowych w ziemniakach w poszczególnych etapach produkcji frytek oraz określenie teksturotwórczej roli tych związków.

Materiał i metody badań

Do badań laboratoryjnych pobrano próby bulw, krajanki i frytek (po około 2 kg każda) z dziewięciu miejsc linii produkcyjnej frytek. Pierwszą próbę stanowiły ziemniaki przed obraniem, drugą – ziemniaki po obraniu parowym (ciśnienie 1,6 MPa czas 0,5 min), trzecią – ziemniaki po podgrzaniu (20 min w temp. 35°C), czwartą – ziemniaki po pokrojeniu (w hydrokrajalnicy na krajankę o przekroju 0,7 x 0,7 cm), piątą – krajanka po I stopniu blanszowania (5,0 min w temp. 72°C), szóstą – krajanka po II stopniu blanszowania (5,5 min w temp. 80°C), siódmą – krajanka po podsuszeniu (6,0 min w temp. 37°C), ósmą – frytki po I stopniu smażenia (45 s w temp. 180°C) i próbę dziewiątą – frytki po II stopniu smażenia (3 min w temp. 180°C).

Bezpośrednio po pobraniu prób z linii produkcyjnej oznaczano teksturę ziemniaków przy użyciu aparatu Instron 5544, współpracującego z komputerem, wyposażonego w prostokątną przystawkę przecinającą. Prędkość przesuwu głowicy z

przystawką wynosiła $250 \text{ mm} \cdot \text{s}^{-1}$. Na podstawie pomiarów wyznaczano maksymalną siłę (F_{max}) potrzebną do przecięcia krajanki ziemniaczanej.

Zawartość pektyn ogółem, protopektyn i pektyn rozpuszczalnych oznaczano metodą kolorymetryczną z karbazolem, metodą opracowaną przez McComba i McCready [13] oraz Jaswala [7], a zmodyfikowaną w Katedrze Technologii Rolnej i Przechowywania Akademii Rolniczej we Wrocławiu [9], po uprzednim utrwaleniu ziemniaków przez liofilizację. Zawartość związków pektynowych wyrażano w g kwasu galakturonowego/100 g suchej masy.

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy użyciu programu Statistica 6, stosując jednoczynnikową analizę wariancji. Grupy homogeniczne wyznaczano za pomocą testu Duncana, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$. W celu określenia zależności pomiędzy konsystencją a zawartością pektyn ogółem, protopektyn i pektyn rozpuszczalnych w ziemniakach wyliczono współczynniki korelacji, na poziomie istotności $\alpha = 0,05$, uwzględniając poszczególne etapy przerobu ich na frytki

Wyniki i dyskusja

Według danych literaturowych [10, 15], zawartość związków pektynowych w ziemniakach stanowi średnio około 2,0% ich suchej masy. Protopektyny są liczniejszą frakcją od pektyn rozpuszczalnych i stanowią około 69–77% związków pektynowych [11] zawartych w bulwach. Andersson i wsp. [3] podają, że pektyny stanowią 47-66% masy ściany komórkowej ziemniaka. W przeprowadzonym doświadczeniu (tab. 1) zawartość pektyn ogółem w ziemniakach wynosiła 2,59 g kwasu galakturonowego/100 g suchej masy, z czego protopektyny stanowiły 1,58 g, a pektyny rozpuszczalne 1,01 g. Tajner-Czopek [16] podaje średnie zawartości protopektyn i pektyn rozpuszczalnych w ziemniakach badanych odmian wynoszące odpowiednio 1,50 g i 0,55 g kwasu galakturonowego/100 g suchej masy.

Jednym z pierwszych procesów technologicznych w przetwórstwie ziemniaków na cele spożywcze jest obieranie. Kita [10] oraz Garrote i wsp. [6] podają, że podczas procesu obierania bulw poszczególne związki polisacharydów nieskrobiowych NSP i lignina ulegają zmianom ilościowym. Kita [10] stwierdziła, że po obraniu bulw metodą karborundową zawartość sumy NSP i ligniny zmniejszyła się o około 30%, z czego straty związków pektynowych wynosiły 24%. W przeprowadzonych badaniach ziemniaki były poddane obieraniu parowemu, po którym zawartość pektyn rozpuszczalnych w bulwach obranych zmniejszyła się o około 15%, a równocześnie zawartość protopektyn zwiększyła się o około 17% (tab 1). Camire i wsp. [5], porównując zawartość niektórych składników w bulwach ziemniaka w zależności od sposobu obierania, stwierdzili, że większą zawartością węglowodanów i nierozpuszczalnych substancji błonnikowych charakteryzowały się ziemniaki po obraniu parowym.

Tabela 1

Zawartość związków pektynowych w ziemniakach w trakcie procesu produkcji frytek.

Content of pectins substances in potato tubers while French fries are processed.

Próby Samples	Pektyny ogółem Total pectins	Protopektyny Protopectins	Pektyny rozpuszczalne Water-soluble pectins
	[g kwasu galakturonowego/100g s.m.] [g galacturonic acid/100g d.m.]		
Ziemniaki nieobrane Not peeled potatoes	2,59a	1,58a	1,01b
Ziemniaki po obraniu Peeled potatoes	2,72ab	1,86b	0,86ab
Ziemniaki po podgrzaniu Preheated potatoes	2,99ab	1,96b	1,03b
Ziemniaki po pokrojeniu Cut potatoes	2,85ab	2,09b	0,76ab
Krajanka po I stopniu blanszowania Strips after the 1 st stage of blanching	3,14bc	2,24c	0,90ab
Krajanka po II stopniu blanszowania Strips after the 2 nd stage of blanching	3,11bc	2,45c	0,68a
Krajanka po podsuszeniu Dried strips	3,35c	2,48c	0,87ab
Frytki po I stopniu smażenia French fries after the 1 st stage of frying	4,64d	3,64d	1,00b
Frytki po II stopniu smażenia French fries after the 2 nd stage of frying	5,04d	4,17e	0,87ab

a, b, c, d – różnice między wartościami średnimi statystycznie istotne;

a, b, c, d – differences between the mean values are statistically significant.

Kolejne procesy stosowane w produkcji frytek – podgrzewanie bulw oraz „hydrokrojenie” ziemniaków w słupki nie spowodowały istotnych zmian zawartości związków pektynowych w ziemniakach (tab. 1). Po procesie blanszowania istotnie wzrosła natomiast zawartość pektyn ogółem (3,14 g/100 g s.s.) w krajance ziemniaczanej w stosunku do zawartości w surowcu, w tym głównie protopektyn (2,45 g/100 g s.s.). Powodem tego wzrostu było wymycie z krajanki związków rozpuszczalnych, co spowodowało podwyższenie zawartości związków nierozpuszczalnych w suchej masie ziemniaka. Największą zawartość protopektyn, podczas produkcji frytek, oznaczono we frytkach po I i II stopniu smażenia 2,60 i 4,17 g/100 g s.s. Zawartość pektyn ogółem po procesach smażenia wynosiła 4,64 i 5,04 g/100 g s.s. W procesie smażenia następowało dalsze wymycie substancji rozpuszczalnych zawartych w krajance. Zawartość pektyn rozpuszczalnych w ziemniakach w trakcie całego procesu produkcji frytek kształtowała się na podobnym poziomie, jak w surowcu i wynosiła od 0,7 do 1g kwasu galakturonowego/100 g s.s. Jedynie po II stopniu blanszowania zawartość pektyn

w krajance uległa zmniejszeniu o około 20% w stosunku do surowca. Według Thed i Phillinsa [18], powodem wzrostu zawartości protopektyn w ziemniakach podczas procesów termicznych może być przemiana rozpuszczalnych związków pektynowych w związki nierozpuszczalne.

Tabela 2

Współczynniki korelacji [r] pomiędzy konsystencją ziemniaków a zawartością pektyn w trakcie procesu produkcji frytek.

Coefficients of a correlation between the texture of potatoes and the content of pectins while processing French fries.

Próby Samples	Pektyny ogółem Total pectins	Protopektyny Protopectins	Pektyny rozpuszczalne Water-soluble pectins
	Współczynnik korelacji [r] Correlation coefficient [r]		
Ziemniaki po obraniu Peeled potatoes	0,77*	-	-
Ziemniaki po podgrzaniu Preheated potatoes	0,68*	-	0,65*
Ziemniaki po pokrojeniu Cut potatoes	0,61*	-	-
Krajanka po I stopniu blanszowania Strips after the 1 st stage of blanching	-	-	0,67*
Krajanka po II stopniu blanszowania Strips after the 2 nd stage of blanching	-	-	-
Krajanka po podsuszeniu Dried strips	-	-	-
Frytki po I stopniu smażenia French fries after the 1 st stage of frying	0,86*	0,75*	0,88*
Frytki po II stopniu smażenia French fries after the 2 nd stage of frying	0,63*	0,71*	-

* nie stwierdzono korelacji / no correlation was found;

* korelacja statystycznie istotna / a statistically significant correlation.

Na rys. 1. przedstawiono wyniki zmian konsystencji ziemniaków [N] w trakcie procesu produkcji frytek. Ziemniaki surowe, tzn. bulwy po obraniu, po podgrzaniu oraz po pokrojeniu, charakteryzowały się znacznie twardszą konsystencją (średnio 33 N) w porównaniu z krajanką po I i II blanszowaniu i podsuszaniu (średnio 24 N). Wartość siły F_{max} , podczas określania tekstury frytek po I i II stopniu smażenia, zmniejszyła się i wynosiła odpowiednio 10,2 i 12,8 N.

Według Anderssona i wsp. [3], procesy termiczne (blanszowanie, smażenie) obok innych funkcji mają za zadanie kształtować teksturę produktu, przy czym jako najważniejsze teksturotwórcze składniki ziemniaka wymieniają oni: zawartość skrobi, związków pektynowych, substancji mineralnych i aktywność enzymów pektynolitycznych. Teksturotwórcze znaczenie pektyn podkreślają także inni autorzy na przykład przy określeniu konsystencji marchwi [8] czy ziemniaków gotowanych [4, 7].

W tab. 2. przedstawiono współczynniki korelacji pomiędzy teksturą (N) a zawartością pektyn rozpuszczalnych, protopektyn i pektyn ogółem. Tekstura ziemniaków w większości etapów przerobowych uzależniona była od zawartości pektyn. Nie stwierdzono korelacji pomiędzy teksturą a zawartością analizowanych frakcji w krajance po II stopniu blanszowania i po podsuszeniu. Tekstura bulw po podgrzaniu, krajanki po I stopniu blanszowania i po I stopniu smażenia zależała od zawartości pektyn rozpuszczalnych. Tekstura frytek podsmażanych i frytek gotowych była w wysokim stopniu skorelowana z zawartością protopektyn ($r = 0,71$) i pektyn ogółem ($r = 0,63$).

Wnioski

1. Zawartość protopektyn w suchej masie ziemniaków po procesie obierania zwiększyła się o 20%, po procesie blanszowania o 50% i po procesie smażenia o 150% w stosunku do zawartości w surowcu, jako rezultat wymycia części substancji rozpuszczalnych ziemniaka.
2. Zawartość pektyn rozpuszczalnych w suchej masie ziemniaków po procesie obierania zmniejszyła się o 15% i po blanszowaniu o 30% w stosunku do zawartości w surowcu.
3. Tekstura ziemniaków w większości etapów przerobowych uzależniona była od zawartości pektyn.
4. Tekstura frytek podsmażanych i frytek gotowych była dodatkowo skorelowana z zawartością pektyn ogółem i protopektyn.

Literatura

- [1] Aguilera-Carbó A., Montañez J.C., Anzaldúa-Morales A., de la Luz Reyes M., Contreras-Esquivel J., Aguilar C.N.: Improvement of color and limpness of fried potatoes by in situ pectinesterase activation. *Eur. Food Res. Technol.*, 1999, **210**, 49-52.
- [2] Alvarez M.D., Canet W.: Optimization of stepwise blanching of frozen-thawed potato tissues (cv. Monalisa). *Eur. Food Res. Technol.*, 1999, **210**, 102-108.
- [3] Andersson A., Gekas V., Lind I., Oliveira F., Oste R.: Effect of preheating on potato texture. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 1994, **34**, 229- 251.
- [4] Burton W.G.: *The potato*. (3 ed). Longman Scientific and Technical, J. Wiley and Sons Inc. New York 1989.

- [5] Camire M.E., Violette D., Dougherty M.P., McLaughlin M.A.: Potato peel dietary fiber composition: effects of peeling and extrusion cooking processes. *J. Agricult. Food Chem.*, 1997, **45**, 1404-1408.
- [6] Garrote R.L., Silva R.E., Bertone R.A.: Effect of thermal treatment on steam peeled potatoes. *J. Food Eng.*, 2000, **45**, 67-76.
- [7] Jaswal A.S.: Pectic substances and the texture of French fried potato. *Amer. Potato J.*, 1969, **46**, 168-173.
- [8] Kato N., Terakoto A., Fuchigami M.: Pectic substance degradation and texture of carrots as affected by pressurization. *J. Food Sci.*, 1997, **2**, 359-363.
- [9] Kita A., Tajner-Czopek A., Lisińska G.: Oznaczenie pektyn i protopektyn w bulwach ziemniaka. *Mat. XXVIII Sesji Nauk. KTiCHŻ PAN „Postępy w Technologii i Chemii Żywności”*. Gdańsk 1997, s. 282-283.
- [10] Kita A.: The influence of potato chemical composition on crisp texture. *Food Chem.*, 2002, **76**, 173-179.
- [11] Lisińska G., Leszczyński W.: *Potato Science and Technology*. Elsevier Applied Science. London 1989.
- [12] Lisińska G.: Czynniki surowcowe i technologiczne kształtujące jakość przetworów ziemniaczanych. *Mat. Konferencji „Ziemniak spożywczy i przemysłowy oraz jego przetwarzanie” AR Wrocław, Polanica Zdrój*, 2000, s. 51-57.
- [13] McComb E.A., McCreedy R.M.: Colorimetric determination of pectic substance. *Anal. Chem.*, 1952, **24**, 1630-1632.
- [14] Sikorski Z.: *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. WNT. Warszawa 1994.
- [15] Tajner-Czopek A., Kita A., Rytel E., Gołubowska G.: Zawartość polisacharydów nieskrobiowych i ligniny w bulwach ziemniaka o różnej długości okresu wegetacyjnego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2003, **489**, 291-299.
- [16] Tajner-Czopek A.: The changes of pectin substances concentration in potatoes and French fries and the effect of those substances on the texture of the final product. *Nahrung/Food*, 2003, **47**, 4, 228-231.
- [17] Talburt W.F., Smith O.: *Potato Processing*. (4 ed). AVI Van Nostrand Reinhold Com. New York 1987.
- [18] Thed S.T., Phillips R.D.: Changes of dietary fiber and starch composition of processed potato products during domestic cooking. *Food Chem.*, 1995, **52**, 301-307.

CHANGES IN THE CONTENT OF PECTIC SUBSTANCES AND IN TEXTURE OF POTATOES DURING THE PRODUCTION OF FRENCH FRIES

S u m m a r y

The objective of the study was to determine changes in pectic substances contained in potato tubers, at several stages of the production of French fries, as well as texture-forming effects of these compounds. The samples studied in the laboratory were: potato tubers, strips, and French fries. French fries were obtained from nine posts within one production line. An Instron apparatus was applied to determine contents of pectic substances in the samples of potato tubers, strips, and French fries, as well as their textures.

After blanching, the content of water-soluble pectins in potatoes was by 30% lower, whereas the content of protopectins – by 50% higher than in the raw material. The content of protopectins in French fries was three times as high as in potatoes processed. At the most stages of the potato processing, their texture

depended on the content of pectins. The texture of semi-fried and ready-made French fries was positively and statistically significantly correlated with the content of protopectin ($r = 0.71$) and total proteins ($r = 0.63$).

Key words: pectic substances, texture, potato tubers, strips, French fries. ☒