

WIOLETTA DROŹDŹ
HANNA BORUCZKOWSKA
TOMASZ BORUCZKOWSKI
EWA TOMASZEWSKA-CIOSK
MACIEJ BIENKIEWICZ

Katedra Technologii Rolnej i Przechowalnictwa
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Wybrane właściwości ekstrudowanych preparatów powstałych na bazie wycierki ziemniaczanej

Chosen properties of extruded preparations obtained from potato pulp

Celem pracy było otrzymanie nowych preparatów z mieszanin suszonej wycierki i skrobi ziemniaczanej na drodze ekstruzji oraz zbadanie ich właściwości. Do rozmrożonej i wysuszonej wycierki ziemniaczanej dodano skrobię w ilościach 10%, 20% oraz 30%. Mieszaniny nawilżono do wilgotności 24% i poddano ekstruzji. Proces przeprowadzono w trzech wariantach temperaturowych 60–70–80°C, 90–100–120°C, 120–130–160°C, przy zastosowaniu następujących parametrów: obroty ślimaka 180 min⁻¹, obroty dozownika 30 min⁻¹, średnica dyszy 3 mm, sprężenie ślimaka 2:1. Określono właściwości mechaniczne (maksymalna siła działająca na wytworzone preparaty, praca konieczna do ich przecięcia) otrzymanych ekstrudatów. Zbadano również rozpuszczalność mierzoną w temperaturze 80°C oraz zawartość błonnika pokarmowego w rozdrobnionych ekstrudatach. Otrzymano 12 preparatów różniących się właściwościami. Wielkość oraz kierunek zmian zależał zarówno od temperatury ekstruzji jak i od zawartości skrobi w mieszaninach poddanych procesowi. Wzrost zawartości skrobi ziemniaczanej w ekstrudowanych mieszaninach spowodował zmiany właściwości mechanicznych uzyskanych preparatów. Wraz ze zwiększającym się udziałem skrobi w mieszaninach odnotowano wzrost rozpuszczalności wytworzonych ekstrudatów oraz zmniejszenie zawartości błonnika pokarmowego. Podwyższenie temperatury ekstruzji wpłynęło na właściwości mechaniczne ekstrudatów, im wyższa była temperatura procesu, tym większa była maksymalna siła potrzebna do przecięcia ekstrudatów, a mniejsze wydłużenie przy tej sile. Wraz ze wzrostem temperatury ekstruzji odnotowano wzrost rozpuszczalności ekstrudatów oraz spadek zawartości błonnika pokarmowego ogółem.

Słowa kluczowe: ekstruzja, wycierka ziemniaczana

The aim of the experiment was the production of new preparations from the mixtures of dried potato pulp and starch by extrusion method and to investigate their properties. Dried potato pulp and starch were mixed in the quantities of 10, 20 and 30%. The mixtures, moistened up to 24%, became subjected to extrusion process within three different temperature variants: 60–70–80°C, 90–100–120°C, 120–130–160°C and the following extrusion parameters: screw rotation speed 180 min⁻¹, batcher rotation

30 min⁻¹, die diameter 3 mm and screw pressure 2:1 were used. The mechanical properties (maximal force acting on the produced preparations, work necessary for their cutting) of obtained extrudates were defined. We determined also solubility, measured in the temperature of 80°C and dietary fibre content of crushed extrudates. We obtained 12 preparations differing in their properties. The extent and direction of observed changes depended on extrusion temperature as well as on the content of starch in prepared mixtures subjected extrusion process. The increase of the level of starch content in extruded mixtures caused changes of mechanical properties of obtained preparations, it means the increase of maximal force acting on processed extrudates and necessary work for their cutting. Alongside with the increase of starch share in the mixtures also solubility of obtained extrudates was elevated, however a decrease of dietary fibre content was observed. The increase of extrusion temperature affected mechanical properties of extrudates. Alongside with the higher temperature of the process the higher maximal power necessary for cutting of samples was stated and parallel smaller sample elongation. With the increase of extrusion temperature, the samples became more soluble and the content of total dietary fibre decreased.

Key words: extrusion, potato pulp

WSTĘP

Przemysł spożywczy wytwarza ogromne ilości produktów ubocznych bogatych w składniki bioaktywne: m.in. polifenole, witaminy, nienasycone kwasy tłuszczowe i błonnik (Laufenberg i in., 2003; Serena i in., 2007). Obecnie, ze względu na występowanie tych wartościowych związków, wzrasta zainteresowanie wykorzystaniem odpadów przemysłu spożywczego przez producentów żywności.

Jednym z przemysłów generujących znaczne ilości obciążających środowisko produktów odpadowych jest przemysł krochmalniczy. Głównym produktem ubocznym powstającym w dużych ilościach podczas przerabiania ziemniaków w krochmalni jest wycierka ziemniaczana, składająca się głównie z wody sokowej (powyżej 90% masy). Przemysł skrobiowy próbuje sprzedawać mokrą lub częściowo odwodnioną wycierkę jako karmę dla bydła. Jednakże zapotrzebowanie rolników na wycierkę ziemniaczaną jest ograniczone, głównie ze względu na jej niską dla zwierząt wartość pokarmową oraz malejące pogłowie bydła. W zasadzie wycierka ziemniaczana pozbawiona jest tłuszczu i białek, składa się w większości ze skrobi (ok. 35% w s.m.), jednak jej głównym składnikiem są substancje błonnikowe (ponad 50% w s.m.) (Mayer, 1998). Na błonnik ziemniaczany składają się głównie celuloza, hemiceluloza, pektyny, ligniny, a także skrobia oporna. Wycierka jest materiałem łatwo dostępnym w dużych ilościach oraz tańszym od innych materiałów roślinnych, z których wytwarzany jest błonnik (np. owoce cytrusowe). Charakteryzuje się niską alergiennością (jest produktem bezglutenowym), a także stabilnością zarówno na niskie pH, jak i wysoką i niską temperaturę (sterylizacja, zamrażanie).

Z powodu małego zainteresowania wycierką ze strony rolników, w ostatnich latach próbuje się znaleźć inne niż paszowe, kierunki użytkowania wycierki ziemniaczanej. Jednak zastosowanie wycierki do celów niepaszowych wiąże się z wcześniejszym jej odwodnieniem, które jest procesem nader energochłonnym. Dlatego też problem ten staje się coraz częściej przedmiotem badań naukowców (Obidziński, 2009; Lotz i in., 2008). Duża zawartość błonnika pokarmowego w wycierce ziemniaczanej, jak również jego

zdolność wiązania wody i zawiesin wodno-tłuszczowych, powoduje wzrastające zainteresowanie tym produktem ubocznym producentów żywności. Podejmowane były próby zastosowania wycierki jako składnika recepturowego do wytwarzania pasztetów (Kaack i in., 2006 a), kiełbas (Bengtsson i in., 2011), ciastek (Kaack i in., 2005) czy do wypieku chleba (Kaack i in., 2006 b).

Wycierka ziemniaczana mimo wielu prób zastosowań nadal stanowi ogromny problem. Jednym ze sposobów zagospodarowania tego uciążliwego produktu odpadowego może okazać się proces ekstruzji, który z powodzeniem został wykorzystany do przetwarzania produktów ubocznych przemysłu owocowo-warzywnego. Altan i in. zastosowali wytloki z pomidorów (Altan. i in., 2008 a) i winogron (Altan. i in., 2008 b) jako dodatki do chrupek, otrzymując produkt o dobrych właściwościach organoleptycznych i funkcjonalnych. Z dobrym efektem wykorzystano również odpady kalafiora jako dodatek do chrupek (Stojceska i in., 2008). Ekstruzji poddano także wysłodki z buraków cukrowych (Rouilly, 2006) oraz wytloki z pomarańczy (Larrea i in., 2005 b). Jednak w dostępnej literaturze brak jest doniesień na temat zastosowania wycierki ziemniaczanej jako surowca do wytwarzania preparatów błonnikowych metodą ekstruzji.

Celem pracy było otrzymanie nowych preparatów z suszonej wycierki ziemniaczanej oraz mieszanin wycierki i różnej ilości skrobi ziemniaczanej na drodze ekstruzji w trzech wariantach temperaturowych oraz zbadanie ich wybranych właściwości.

MATERIAŁ I METODY

Materiał badawczy stanowiła wycierka ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Ziemniaczanego S.A w Niechlowie oraz skrobia ziemniaczana wyprodukowana przez Przedsiębiorstwo Przemysłu Spożywczego PEPEES S.A w Łomży.

Wycierkę ziemniaczaną zamrożono i przechowywano w temperaturze -18°C . Następnie rozmrożono i poddano suszeniu w suszarce z owiewem powietrza w temperaturze 40°C przez 48 h. Wysuszoną wycierkę zmielono w obrotowym młynie laboratoryjnym typu B/4-MO-01 880806 firmy Brabender do granulacji \varnothing 1mm.

Proces ekstruzji

Sporządzono mieszaniny suszonej wycierki i skrobi ziemniaczanej. Skrobię dodawano w ilościach 10%, 20% oraz 30%. Mieszaniny nawilżono wodą destylowaną do wilgotności 24%, następnie przesiano, zamknięto w szczelnym worku i poddano kondycjonowaniu przez 24 h.

Ekstruzję przeprowadzono w jednoślimakowym ekstruderze laboratoryjnym typu 20 DN firmy Brabender, przy zastosowaniu następujących parametrów: obroty ślimaka 180 min^{-1} , obroty dozownika 30 min^{-1} , obciążenie ślimaka 5,5–6 A, średnica dyszy 3 mm, sprężenie ślimaka 2:1. Ekstruzję przeprowadzono w trzech wariantach temperaturowych: wariant I — $60\text{--}70\text{--}90^{\circ}\text{C}$, wariant II — $90\text{--}100\text{--}120^{\circ}\text{C}$, wariant III — $130\text{--}150\text{--}180^{\circ}\text{C}$.

Metodyka analiz

Właściwości mechaniczne

Oznaczeniu poddano nierozdrobnione ekstrudaty. Oznaczenie wykonano przy użyciu maszyny wytrzymałościowej INSTRON 5544 stosując przystawkę pomiarową Bend

Fixture. Obciążenie głowicy wynosiło 2kN, a prędkość przesuwu głowicy 4,16 mm/s. Wyniki oznaczenia zostały opracowane za pomocą programu komputerowego Table Curve 2D v. 5.01, który umożliwił graficzne przedstawienie uzyskanych danych. Z wykresów obrazujących zależność siły działającej na ekstrudat od przesunięcia głowicy, odczytano wielkości, opisujące właściwości mechaniczne ekstrudatów: maksymalną siłę (N) (siła powodująca przecięcie ekstrudatu) oraz pracę (J) (praca jakiej trzeba użyć do całkowitego przecięcia ekstrudatu).

Rozpuszczalność (Richter, 1968)

Otrzymane ekstrudaty zmielono w laboratoryjnym młynku nożowym typu WŻ-1. Z rozdrobnionych ekstrudatów sporządzono 500 g 1% zawiesiny wodnej, z uwzględnieniem suchej masy. Próbę wstawiono na 30 min do łaźni wodnej z wytrząsarką, o temperaturze 80°C, a następnie schłodzono. Odparowaną podczas ogrzewania wodę uzupełniono wodą destylowaną do 500 g. Do 6 zważonych i wytarowanych naczynek wirówkowych wlewano po 50 g roztworu i wirowano w wirówce Biofuge 28 RS przez 30 min przy prędkości 14500 min⁻¹. Supernatant oddzielono i oznaczono jego suchą masę susząc przez 12 h w temperaturze 60°C, a następnie 3 h w 105°C.

Rozpuszczalność obliczano ze wzoru:

$$R = \frac{A}{B} \cdot 100$$

gdzie: R — rozpuszczalność (%), A — sucha masa supernatantu (%), B — sucha masa kleiku (%).

Zawartość błonnika pokarmowego ogółem

Oznaczenie wykonano metodą enzymatyczno-grawimetryczną zgodnie z międzynarodową normą Association of Official Analytical Chemists AOAC Metod 985.29.

Sposób opracowania wyników

Uzyskane wyniki zostały poddane obliczeniom statystycznym, na podstawie dwuczynnikowej analizy wariancji, przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$ przy wykorzystaniu programu Statistica 9.0. Przy pomocy testu Duncana wyniki zostały zestawione w grupy jednorodne.

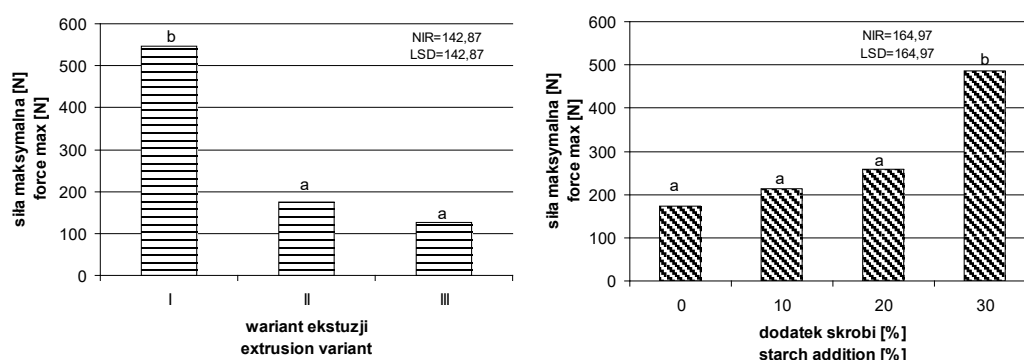
WYNIKI I DYSKUSJA

Do badań użyto rozmrożoną, wysuszoną, zmieloną wycierkę ziemniaczaną, którą mieszano w różnym stopniu ze skrobią ziemniaczaną i poddano ekstruzji w trzech wariantach procesu. Otrzymano 12 nowych preparatów. Zastosowanie różnego dodatku skrobi jak również różnych temperatur procesu wpłynęło na właściwości produktów gotowych.

W wycierce ziemniaczanej oznaczono zawartość skrobi, błonnika pokarmowego ogółem oraz jej rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C. Średnia zawartość skrobi w badanej wycierce wynosiła 30,05%, natomiast zawartość błonnika pokarmowego ogółem 45,66%. Wartości te odpowiadają podawanym w literaturze zawartościom skrobi

(ok. 30%) oraz błonnika (ok. 50%) (Mayer, Hildebrandt, 1997; Mayer, 1998). Badana wycierka charakteryzowała się rozpuszczalnością wynoszącą 10,19%.

Na rysunkach 1 i 2 przedstawiono wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na maksymalną siłę działającą na wytworzone ekstrudaty oraz pracę konieczną do ich przecięcia. Temperatura ekstruzji jak również dodatek skrobi ziemniaczanej miały istotny wpływ na właściwości mechaniczne otrzymanych produktów. Wartość maksymalnej siły potrzebnej do przecięcia ekstrudatu była największa w przypadku najniższych temperatur ekstruzji (ponad 2-krotnie większa od dwóch pozostałych wariantów ekstruzji). Ekstrudaty otrzymane w najniższych temperaturach ekstruzji charakteryzowały się najtwardszą strukturą, przez co najtrudniej było je przeciąć. Wskazuje na to również wartość pracy koniecznej do ich zniszczenia. Podobne wyniki uzyskali Altan i in. (2008 b) badając wpływ temperatury ekstruzji na właściwości mechaniczne ekstrudatów otrzymanych z mieszaniny jęczmienia i wyłoków z winogron.

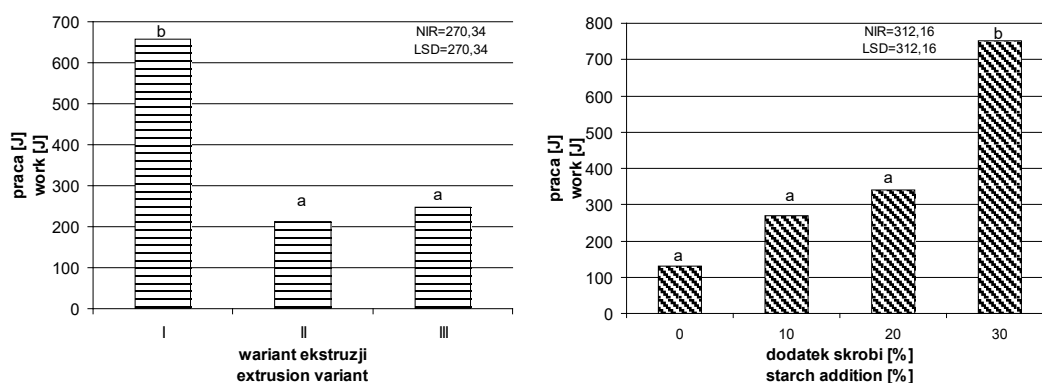


Rys. 1. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na maksymalną siłę powodującą przecięcie ekstrudatu

Fig. 1. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on maximum force needed for cutting of extrudates

Ekstrudaty wytworzone z samej wycierki oraz z mieszanin wycierki i skrobi zawierających 10% i 20% skrobi charakteryzowały się podobnymi wartościami siły maksymalnej oraz pracy koniecznej do ich przecięcia, istotnie niższymi w porównaniu do ekstrudatów zawierających największą ilość skrobi. Na twardość produktów ekstrudowanych duży wpływ ma zawartość substancji błonnikowych. Obecność cząstek błonnika pokarmowego prowadzi do przedwczesnego rozerwania ścian komórkowych w ekstrudatach, zanim pęcherzyki powietrza osiągną maksymalny stopień rozszerzenia, co powoduje, że otrzymany produkt posiada niski stopień ekspansji, natomiast jego gęstość i twardość wzrastają (Lue i in., 1991). Podobny wpływ błonnika na właściwości ekstrudatów został zaobserwowany również przez innych autorów (Jin i in., 1994; Yanniotis, 2007). Jednak decydujący wpływ na twardość ekstrudatów miała obecność w mieszaninie skrobi. Colona i Marciel (1983) dowodzą, że częściowo skleikowane gałeczki skrobi przylegają do ścian celulozowych, prowadząc do powstawania ściany złożonej z

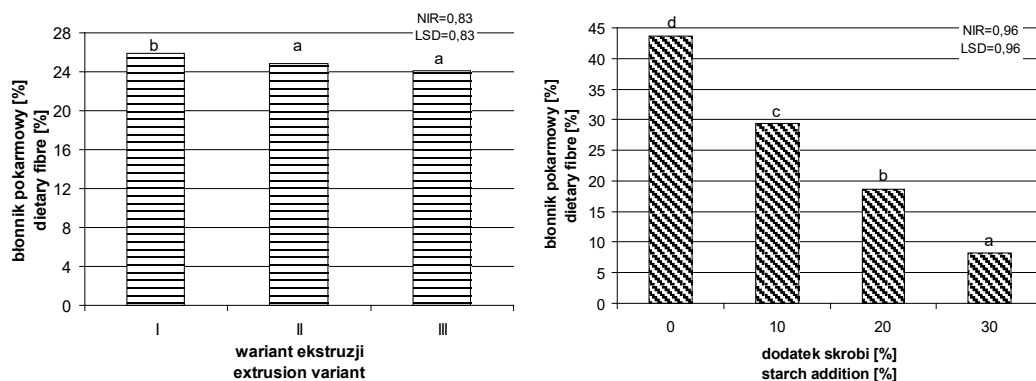
celulozy, i skleikowanej skrobi co ogranicza możliwość ekspansji produktu, jednocześnie podnosząc jego twardość.



Rys. 2. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na pracę wykonaną podczas przecięcia ekstrudatu

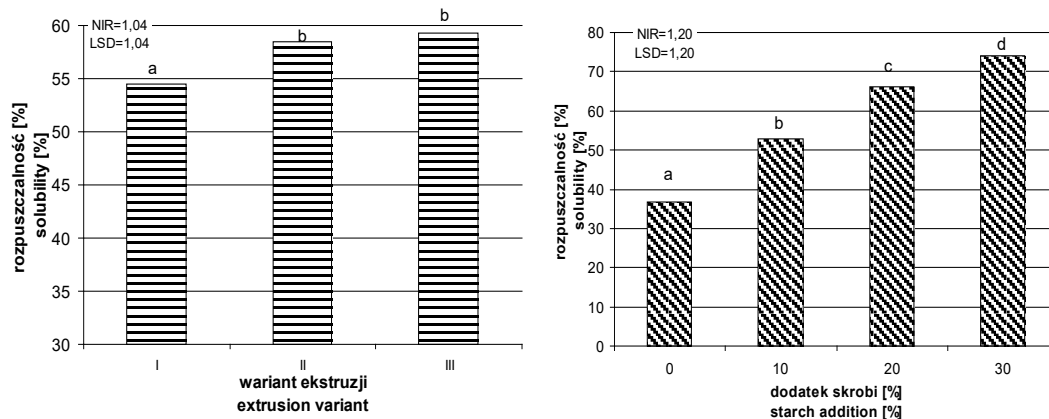
Fig. 2. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on work needed for cutting of extrudates

W rozdrobnionych ekstrudatach oznaczono zawartość błonnika pokarmowego oraz rozpuszczalność w wodzie w temperaturze 80°C. Odnotowano niewielki spadek zawartości błonnika pokarmowego ogółem oznaczonego w ekstrudowanej wycierce ziemniaczanej (43,69%) w porównaniu do wycierki nie poddanej ekstruzji (45,66%). Zawartość błonnika pokarmowego w próbach, do których dodano skrobię, wahała się w granicach 8,2–29,38%, zmniejszająca się ilość błonnika spowodowana była zmniejszającą się zawartością wycierki w materiale wyjściowym (rys. 3). Zawartość błonnika pokarmowego w otrzymanych ekstrudatach zmniejszała się wraz ze zwiększającą się temperaturą procesu. Już we wcześniejszych badaniach stwierdzono, że proces ekstruzji, szczególnie prowadzony w wysokich temperaturach, wpływa destrukcyjnie na polisacharydy nieskrobiowe. Obniżeniu ulega zawartość błonnika pokarmowego całkowitego i jego frakcji nierozpuszczalnej przy jednoczesnym, znacznym wzroście zawartości frakcji rozpuszczalnej. Intensywna obróbka termoplastyczna wpływa na rozpad polisacharydów nieskrobiowych do postaci oligosacharydów. Podczas ekstruzji następuje również rozerwanie wiązań kowalencyjnych i niekowalencyjnych w węglowodanach, co prowadzi do powstania krótszych i bardziej rozpuszczalnych fragmentów tych węglowodanów (Larrea i in., 2005 a; Wolf, 2010). Znajduje to również potwierdzenie w przypadku rozpuszczalności otrzymanych ekstrudatów (rys. 4).



Rys. 3. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na zawartość błonnika w ekstrudatach

Fig. 3. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on dietary fibre content in extrudates



Rys. 4. Wpływ temperatury ekstruzji oraz zawartości skrobi w mieszaninie na rozpuszczalność ekstrudatów

Fig. 4. Influence of extrusion temperature and starch content in mixture on solubility of extrudates

Ekstruzja wycierki i mieszanin wycierki ze skrobią spowodowała znaczny wzrost ich rozpuszczalności. Podczas gdy rozpuszczalność wycierki niemodyfikowanej wynosiła 10,19%, rozpuszczalność prób po ekstruzji wahała się w granicach 54,54%–59,24% w zależności od temperatury ekstruzji oraz 36,84%–73,96% w zależności od zawartości wycierki w wytworzonych ekstrudatach. Wzrost temperatur ekstruzji powodował zwiększenie rozpuszczalności gotowych produktów, ponieważ wraz ze wzrostem temperatury zwiększa się stopień zniszczenia struktury gałeczek skrobi ziemniaczanej (Fornal, 1998; Śmietana i in., 1996). Jednak o rozpuszczalności otrzymanych preparatów w największym stopniu decydowała ilość skrobi w ekstrudowanej mieszaninie. Im wyższy

był udział skrobi, tym wyższa była rozpuszczalność wytworzonych preparatów. (rys. 4). Wcześniejsze badania potwierdzają, że proces ekstruzji skrobi powoduje zwiększanie zawartości substancji rozpuszczalnych w ekstrudatach, co jest spowodowane przemianami jakie zachodzą w ekstrudowanym materiale, kleikowaniem i degradacją skrobi do niżej cząsteczkowych polisacharydów (Obuchowski, Chalcarz, 2006).

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że poddając odpad przemysłowy jakim jest wycierka ziemniaczana ekstruzji można otrzymać całkiem nowe preparaty. Proces ekstruzji spowodował wzrost rozpuszczalności uzyskanych preparatów, przy niewielkiej stracie składnika funkcjonalnego jakim jest błonnik pokarmowy. Dodatek skrobi do ekstrudowanych mieszanin spowodował wprawdzie obniżenie zawartości błonnika w gotowych preparatach, jednakże znacznie przyczynił się do zwiększenia rozpuszczalności wytwarzanych ekstrudatów, co daje możliwość łatwiejszego wprowadzenia wycierki modyfikowanej do produktów żywnościowych. Dzięki wysokiej zawartości błonnika w wycierce, przy zwiększonej jej rozpuszczalności ten uciążliwy produkt krochmalni może znaleźć zastosowanie w produkcji, a także wzbogacaniu żywności.

LITERATURA

- Altan A., McCarthy K. L., Maskan M. 2008 a Evaluation of snack foods from barley-tomato pomace blends by extrusion processing. *J. Food Eng.* 84: 231 — 242.
- Altan A., McCarthy K. L., Maskan M. 2008 b Twin-screw extrusion of barley-grape pomace blends: Extrudate characteristics and determination of optimum processing conditions. *J. Food Eng.* 89: 24 — 32.
- Bengtsson H., Montelius C., Tornberg E. 2011. Heat-treated and homogenised potato pulp suspensions as additives in low-fat sausages. *Meat Sci.* 88: 75 — 81.
- Colona P., Marciel C. 1983. Macromolecular modifications of manioc starch components by extrusion cooking with and without lipids. *Carbohydr. Polym.* 3: 87 — 108.
- Fornal Ł. 1998. Ekstruzja produktów skrobiowych — nowe wyroby, *Pasze Przemysłowe* 3: 7 — 14.
- Hać-Szymańczuk E. 2006. Wykorzystanie preparatów błonnikowych w przemyśle spożywczym. *Przem. Spoż.* 10, 56: 34 — 36.
- Jin Z., Hsieh F., Huff H. E. 1994. Extrusion cooking of corn meal with soy fiber, salt and sugar. *Cereal Chem.* 71: 227 — 234.
- Kaack K., Laerke H. N., Meyer A. S. 2006 a. Liver pate enriched with dietary fibre extracted from potato fibre as fat substitutes. *Eur. Food Res. Technol.* 223: 267 — 272.
- Kaack K., Pedersen L. 2005. Low energy chocolate cake with potato pulp and yellow pea hulls. *Eur. Food Res. Technol.* 221: 367 — 375.
- Kaack K., Pedersen L., Laerke H. N., Meyer A. 2006 b. New potato fibre for improvement of texture and colour wheat bread. *Eur. Food Res. Technol.* 224: 199 — 207.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez-Bustos F. 2005 a. Effect of some operational extrusion parameters on the constituents of orange pulp. *Food Chem.* 89: 301 — 308.
- Larrea M. A., Chang Y. K., Martinez-Bustos F. 2005 b. Some functional properties of extruded orange pulp and its effect on the quality of cookies. *LWT*, 38: 213 — 220.
- Laufenberg G., Kunz B, Nystroem M. 2003. Transformation of vegetable waste into value added products: (A) the upgrading concept; (B) practical implementations. *Bioresour. Technol.* 87: 167 — 198.

- Lotz M., Jahn M., Buntrock P., Eggengoor G. 2008. Potato fibres, methods of preparing them and their use. United States. Patent Application Publication pub. No.: US 2008/0226807 A1.
- Richter M., Augustat S., Schierbaum F. 1968. *Ausgewählte Methoden der Stärkechemie*. VEB Fachbuchverlag, Leipzig.
- Rouilly A., Jorda J., Rigal L. 2006. Thermo-mechanical processing of sugar beet pulp. I. Twin-screw extrusion process. *Carbohydr. Polym.* 66: 81 — 87.
- Lue S., Hsieh F., Huff H. E. 1991. Extrusion cooking of corn meal and sugar beet fiber: Effects on expansion properties, starch gelatinization, and dietary fiber content. *Cereal Chem.* 68, 3: 227 — 234.
- Mayer F. 1998. Potato pulp: properties, physical modification and applications. *Polym. Degrad. Stab.* 59: 231 — 235.
- Mayer F., Hillebrand J. 1997. Potato pulp: microbiological characterization, physical modification and application of this agricultural waste product. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 48: 435 — 440.
- Obidziński S. 2009. Badania procesu zagęszczania wycierki ziemniaczanej. *Acta Agroph.* 14 (2): 383 — 392.
- Obuchowski W., Chalcarz A. 2006. Wpływ surowca na zawartość substancji rozpuszczalnych oraz kierunek i wielkość przemian sacharydów w procesie ekstruzji. *Przegląd Zbożowo-Młynarski* 4: 16 — 18.
- Stojceska V., Ainsworth P., Plunkett A., Ibanoglu E., Ibanoglu S. 2008. Califlower by-products as a new source of dietary fibre, antioxidants and proteins in cereal based ready-to-eat expanded snacks. *J. Food Eng.* 87: 554 — 563.
- Serena A., Bach Knudsen K. E. 2007. Chemical and physicochemical characterization of co-products from the vegetable food and agro industries. *Anim. Feed Sci. Technol.* 139: 109 — 124.
- Śmietana Z., Szpendowski J., Soral-Śmietana M., Świgoń J. 1996. Modification of potato starch by extrusion. *Acta Academiae Agriculturae Ac. Technice Olstenensis* 29: 3 — 13.
- Wolf B. 2010. Polysaccharide functionality through extrusion processing. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*: 15: 50 — 54.
- Yanniotis S., Petrarki A., Soumpasi E. 2007. Effect of pectin and wheat fibers on quality attributes of extruded cornstarch. *J. Eng.* 80: 594 — 599.