

JAROSŁAW MAZURKIEWICZ, WALDEMAR GUSTAW, STANISŁAW MLEKO,
BOHDAN ACHREMOWICZ

TEKSTURA EKSTRUDATÓW O PODWYŻSZONEJ ZAWARTOŚCI SUROWCÓW OWSIANYCH

Streszczenie

Badania tekstury prowadzono przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i. Wykonano testy profilu tekstury, przełamania i przecinania ekstrudatów. Określono cechy składające się na teksturę ekstrudatów tj. twardość, łamliwość, jędrność, zwartość i sprężystość. Zbadano również ich ekspansję. W ekstrudatach o wzrastającej zawartości śruty owsianej, mąki pszennej i owsianej (w ilości do 50%) potrzebne były coraz większe siły do przecięcia i przełamania próbki, produkt był twardy i mało kruchy. Produkty mające w swoim składzie około 60% kaszki kukurydzianej wykazały średnią twardość. Wzrastający dodatek do ekstrudatów śruty, otrąb, i mąki owsianej, powodował obniżanie się stopnia ekspansji wytworzonych ekstrudatów (od 15,2 w próbie M2 zawierającej 20% śruty owsianej do 1,2 w V3 zawierającej 70%). Duży wpływ na właściwości teksturalne i ekspansję ekstrudatów miał typ zastosowanego ekstrudera i profil temperatury. Próby otrzymane w ekstruderze VALEUREX charakteryzowały się lepszymi cechami teksturalnymi przy dodatku surowców owsianych powyżej 40%, od otrzymanych w ekstruderze Metalchem.

Słowa kluczowe: ekstrudaty owsiane, tekstura, ekspansja, ekstruzja

Wprowadzenie

Owies charakteryzuje się wysoką wartością odżywczą. Ma on szczególne właściwości fizjologiczno-żywnieniowe, dlatego powinien być w większym stopniu stosowany w żywieniu ludzi zdrowych i chorych [6]. Otręby zbożowe, jak i pozostałe części ziarna z produkcji płatków zbożowych, są bogatym źródłem błonnika dietetycznego (do 900g/kg) [8, 12]. Mogą być one użyte jako źródło błonnika pokarmowego w gotowym produkcie, bez istotnej modyfikacji jego składu. Rozwój technologii ekstru-

Dr inż. J. Mazurkiewicz, dr inż. W. Gustaw, prof. dr hab. S. Mleko, Katedra Technologii Przemysłu Rolno-Spożywczego i Przechowalnictwa, AR Lublin, ul. Skromna 8, 20-950 Lublin, prof. dr hab. B. Achremowicz, Katedra Technologii Węglowodanów, AR Kraków, ul. Balicka 122, 30-149 Kraków, e-mail: mazurjar@hortus.ar.lublin.pl

zji umożliwia obecnie zastosowanie do produkcji wyrobów dietetycznych wartościowych surowców, które do niedawna były przeznaczone do karmienia zwierząt lub były wyrzucane [2]. Takim surowcem może być również owies, który, w ilości do 20%, z kaszką kukurydzianą był ekstrudowany przez wielu badaczy [1, 4, 5, 7, 10, 11].

Istotny udział w kształtowaniu jakości produktu mają cechy odbierane zmysłami czucia, w tym tekstura. Dla konsumenta tekstura produktów żywnościowych jest istotną częścią ich jakości. Wpływa na preferencje i kształtowanie zwyczajów żywieniowych [3, 16]. Cztery cechy produktu: wygląd, smak, tekstura i wartość odżywcza są podstawowymi w kształtowaniu jego jakości. Trzy cechy: wygląd, smak, tekstura są nazywane czuciowymi akceptowalnymi czynnikami, które są postrzegane bezpośrednio przez zmysły. Z tych trzech czynników tekstura jest najtrudniejszą cechą do zdefiniowania [13]. Coraz częściej przy badaniu tekstury wykorzystuje się teksturometry, gdyż pomiary aparaturowe są mniej pracochłonne i tańsze, a wyniki bardziej powtarzalne i wolne od zmienności wywołanej czynnikami psychologicznymi, fizjologicznymi i środowiskowymi, które wpływają na reakcje zmysłowe człowieka [3].

Celem badań było określenie cech teksturalnych ekstrudatów, przeznaczonych na produkty przekąskowe, o podwyższonej zawartości surowców owsianych.

Materiał i metody badań

Materiał doświadczalny stanowiły:

1. Kaszka kukurydziana (KK) pochodząca z firmy Sarad w Kielcach o wilgotności 9,7%, zawartości tłuszczu 1,2%, białka 6,9%.
2. Śruta owsiana (ŚO), mąka owsiana (MO) i otręby owsiane (TO) uzyskane z obłuszczonego i ześrutowanego ziarna owsa dostępnego w obrocie handlowym i przeznaczonego do produkcji płatków owsianych.
3. Mąka pszenna typu 500 z firmy Lubella S.A. Lublin.
4. Ekstrudaty wykonane ze śruty owsianej (ŚO), otręb owsianych (OO) i kaszki kukurydzianej (KK) w ekstruderze 2 S-9/5 Metalchem o następującym składzie:
 - K0 - kaszka kukurydziana 99%, sól – 1%,
 - M1 - śruta owsiana – 20%, kaszka kukurydziana – 79%, sól – 1%,
 - M2 - śruta owsiana – 30%, kaszka kukurydziana – 69%, sól – 1%,
 - M3 - śruta owsiana – 50%, mąka owsiana – 49%, sól – 1%,
 - M4 - otręby owsiane – 20%, kaszka kukurydziana – 79%, sól – 1%,
 - M5 - otręby owsiane – 99%, sól – 1%.
5. Ekstrudaty wykonane ze śruty, otręb owsianych, kaszki kukurydzianej, mąki owsianej, mąki pszennej i dodatków w ekstruderze VALEUREX – o następującym składzie:
 - V1 - śruta owsiana 40%, kaszka kukurydziana 59%, sól 1%,

- V2 - śruta owsiana 50%, kaszka kukurydziana 49%, sól 1%,
- V3 - śruta owsiana 70%, kaszka kukurydziana 29%, sól 1%,
- V4 - śruta owsiana 20%, mąka owsiana 30%, kaszka kukurydz. 49%, sól 1%,
- V5 - śruta owsiana 30%, kaszka kukurydz. 44%, mąka pszenna 25 %, sól 1%,
- V6 - śruta owsiana 50%, kaszka kukurydziana 49%, sól 1%,
- V7 - śruta owsiana 50%, mąka pszenna 49%, sól 1%,
- V8 - śruta owsiana 99%, sól 1%,
- V9 - śruta owsiana 31%, mąka pszenna 36%, otręby owsiane 5%, kaszka kukurydziana 25,5%, jaja w proszku 1,5%, sól 1%,
- V10 - śruta owsiana 82,5%, otręby owsiane 14,5%, jaja w proszku 1,5%, proszek do pieczenia. 0,5%, sól 1%.

Ekstruzja

W celu uzyskania ekstrudatów o teksturze chrupek wykonano ekstruzję w dwóch ekstruderach przemysłowych:

1. Ekstruderze dwuślimakowym, typ 2 S-9/5 przy obrotach ślimaków 72 obr./min i temp. w pierwszej strefie cylindra 110°C, drugiej 150°C, trzeciej 220°C, czwartej 190°C, temp. głowicy 160°C. Masa próby wynosiła 10 kg, a jej wilgotność początkowa 15%.
2. Ekstruderze dwuślimakowym VALEUREX. (L:D = 20:1) przy obrotach ślimaków 109–120 obr./min i temp. w strefach cylindra 70, 90, 110, 150, 160, 170°C, temp. głowicy 130°C. Masa próby wynosiła 20 kg, a jej wilgotność początkowa 15%.

Badania tekstury przy użyciu analizatora tekstury TA-XT2i.

Badania prowadzono w dwudziestu powtórzeniach każdej próbki. Zastosowano głowicę o nacisku 25 kg. Wykonano trzy oddzielne testy:

Test analizy profilowej tekstury ekstrudatów (TPA – Texture Profile Analysis) [16] – do badań użyto cylindrycznej sondy o średnicy 75 mm (P75). Przy badaniu ekstrudatów określano cechy składające się na ich teksturę, tj.: jędrność, twardość, łamliwość, przyleganie, zwartość i sprężystość.

Przełamywanie ekstrudatów – do badań użyto trzypunktowego zestawu do łamania prób HDP/3PB). Ustawienia: prędkość przesuwu przed testem 2 mm/s, prędkość zgniatania 1 mm/s, prędkość po teście 5 mm/s.

Przecinanie ekstrudatów – do badań użyto zestawu noży z wcięciem i bez wcięcia na ostrzu (HDP/BS). Ustawienia: prędkość przesuwu przed testem 2 mm/s, prędkość zgniatania 1 mm/s, prędkość po teście 5 mm/s.

Badanie ekspansji

Współczynnik ekspandowania promieniowego określano przez stosunek przekroju poprzecznego ekstrudatu do przekroju poprzecznego otworu matrycy. Oznaczenia wykonano w dwudziestu powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

Analiza profilowa tekstury (TPA)

W tab. 1. podano wartości cech składających się na teksturę badanych ekstrudatów: jedność, kruchość, twardość, przyleganie, zwartość, sprężystość, gumowatość. Pomiary tych cech przeprowadzono metodą analizy profilowej tekstury (TPA), która jest szczególną metodą interpretacji krzywej pomiarowej uzyskanej podczas testu ściskania [9].

Wszystkie próby z wyjątkiem próby K0 zawierały dodatek komponentów owsianych przekraczających 20%. Próba K0 zawierała 100% kaszki kukurydzianej i była traktowana jako wzorzec ze względu na jej wysoką akceptowalność pod względem cech sensorycznych.

Dużą twardością, a zarazem małą kruchością charakteryzowała się większość ekstrudatów z udziałem surowców owsianych, przede wszystkim próby: V4, V7 i V6. Jedynie próby V1 i M5 charakteryzowały się twardością i kruchością zbliżoną do próby kontrolnej. Z analizy wyżej wymienionych danych wynika, że twardość i kruchość ekstrudatów zależały od zawartości śruty owsianej. Im więcej było śruty owsianej zawartej w ekstrudacie tym produkt był twardszy i mniej kruchy. Również dodatek mąki owsianej i pszennej powodował większą twardość, a mniejszą kruchość ekstrudatów. Najwyższe wartości tych cech wykazały ekstrudaty zawierające w swoim składzie około 50% śruty owsianej. Produkty mające w swoim składzie około 60% kaszki kukurydzianej charakteryzowały się średnią twardością. Zbliżone wartości liczbowe kruchości i twardości odnotowano w tych samych próbach. Duży wpływ na te cechy miały również warunki procesu. Ekstrudaty otrzymane w ekstruderze VALEUREX, przy niższych jego obrotach, charakteryzowały się mniejszą twardością i większą kruchością.

Przedstawione powyżej wyniki różniły się od uzyskanych przez Fornal i wsp. [5], którzy stwierdzili, że dodatki materiałów owsianych mogą być składnikami mieszanki z kaszką kukurydzianą w ograniczonym zakresie od 10 do 20%. Omawiane badania prowadzono w ekstruderze jednoślindakowym. W badaniach własnych wykazano, że dodatek śruty owsianej do kaszki kukurydzianej nawet do 40%, zastosowany przy optymalnych warunkach procesu ekstruzji w ekstruderze dwuślindakowym o dużej wydajności może dać zadowalające wyniki. Rzedzicki [15], podobnie jak wymienieni autorzy, podaje, że ekstruzja przy udziale komponentów owsianych do 20% pozwala na uzyskanie wysokiej jakości produktu. Jednak lipidy owsa i niska zawartość skrobi

są przyczynami zwiększonej twardości tych ekstrudatów [4].

Tabela 1

Cechy ekstrudatów wchodzące w skład analizy profilowej tekstury (TPA).

Extrudates features included in the texture profile analyses (TPA).

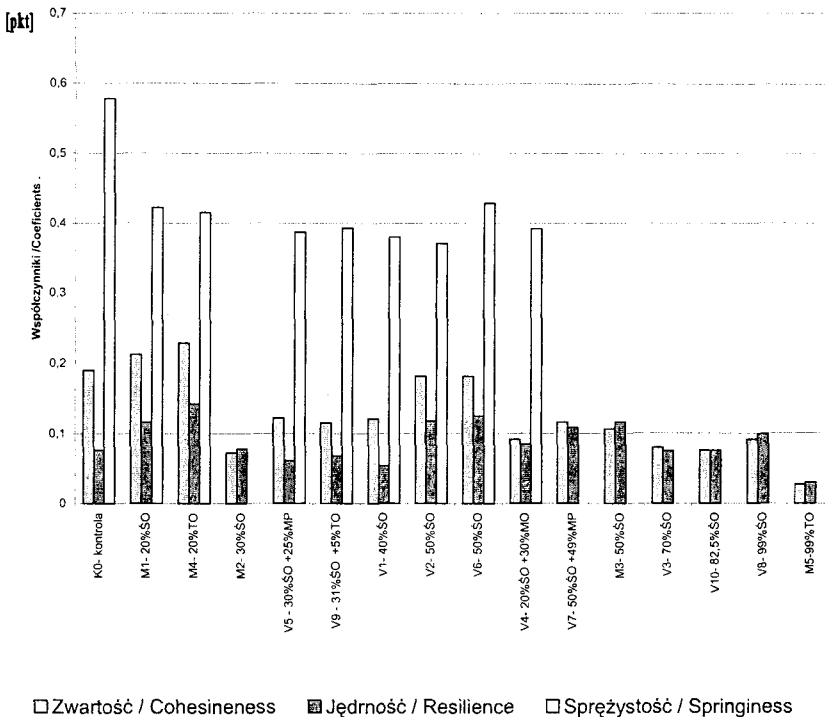
Próba Sample	Udział składn owsa [%] Oat comp.	Twardość Hardness [N]	Kruchość Fragility [N]
Ekstrudat kontrolny z 100% kaszki kukurydzianej KK Control extrudate consisting of 100% corn groats			
K0	0	39,63 ^{bc} ±11,88	38,85 ^{ab} ±10,65
Ekstrudaty z udziałem śruty owsianej ŚO / Extrudates with 'SO' oat grinding grains			
M1	20	167,99 ^{lg} ±30,06	154,27 ^{def} ±32,91
M2	30	137,82 ^{ef} ±53,44	80,16 ^{bc} ±38,25
V1	40	79,10 ^{cd} ±19,88	76,00 ^{bc} ±19,10
V2	50	213,00 ^{hi} 48,64	209,78 ^{ghi} ±51,93
V6	50	259,08 ^j ±59,84	251,37 ⁱ ±60,25
V7	50	267,79 ^j ±36,93	237,23 ^{hi} ±48,42
M3	50	133,60 ^{ef} ±32,23	127,29 ^{cde} ±43,49
V3	70	193,75 ^{gh} ±39,94	192,53 ^{ghi} ±41,35
V8	99	231,78 ^{ij} ±53,93	157,22 ^{defg} ±66,87
Ekstrudaty z udziałem otręb owsianych TO / Extrudates with 'TO' oat bran			
M4	20	215,29 ^{hi} ±42,12	179,45 ^{efgh} ±62,86
M5	99	28,62 ^{ab} ±8,03	23,35 ^a ±10,88
Ekstrudaty ze śrutą owsianą ŚO i z dodatkami / Extrudates with 'SO' oat grinding grains and some additives			
V4	20	253,42 ^j ±41,84	227,86 ^{sh} ±67,42
V5	30	110,65 ^{dc} ±32,06	109,50 ^{cd} ±30,57
V9	31	184,52 ^{lg} ±29,62	167,53 ^{defg} ±50,07
V10	82,5	254,75 ^j ±50,28	218,13 ^{hi} ±96,34

Wartości średnie oznaczone różnymi literami są statystycznie istotne $P \leq 0,05$

Mean values denoted by different letters are statistically significant $P \leq 0,05$

Również Gąsiorowski i wsp. [7] wykazali, że dodatek mąki owsianej w ilości większej niż 20% wywołuje zmiany w wyglądzie produktu, a dodatek 30% mąki owsianej powoduje uzyskanie chrupków wadliwych, nienadających się do konsumpcji, twardych i zbitych. Średnica chrupków jest mała, kształt wydłużony. Autorzy ci stwierdzili, że możliwości pozyskiwania ekstrudatów o dobrej jakości z dodatkiem mąki owsianej, przy użyciu ekstrudera jednoślیمakowego są znikome.

Gąsiorowski i wsp. [7] oraz Fornal i Majewska [5] podają, że mąka owsiana lub płatki owsiane mogą być stosowane jedynie jako 10–20% dodatek do kaszki kukurydzianej, aby cechy chrupków były akceptowane przez konsumenta. Wyniki ekstruzji mąki owsianej w ekstrudrze dwuślیمakowym nie były satysfakcjonujące pod względem wymaganych cech jakościowych. Dodatek 10 lub 20% mąki owsianej do kaszki kukurydzianej powodowały mniejszą wodochłonność i większą kruchość chrupków. Ekstrudaty z mąki owsianej charakteryzowały się wysoką twardością. Dzięki dodatkowi kazeiny lub skrobi ziemniaczanej do mąki owsianej cechy ekstrudatu uległy nieznacznej poprawie.



Rys. 1. Współczynniki zwartości, jędrności i sprężystości ekstrudatów wykonanych w różnych warunkach ekstruzji.

Fig. 1. Cohesiveness, resilience, and springiness coefficients of extrudates obtained under varying conditions of an extrusion process.

Biorąc pod uwagę zwartość uzyskanych ekstrudatów (rys. 1), zaobserwowano, że do pewnego stopnia wzrastała ona wraz ze wzrostem udziału komponentów owsianych w próbie. Najbardziej zwartą strukturę wykazały próby: M4 i M1 (zawierające 20% materiałów owsianych uzyskane w ekstruderze Metalchem), V2 (zawierające 50% śruty owsianej – w ekstruderze VALEUREX) oraz próba kontrolna K0. Jednak wyższe udziały tych materiałów powodowały, że zwartość malała. Li i Lee [8] podają, że zwartość ekstrudatów rośnie wraz ze wzrostem dodatku cysteiny do mąki pszennej i jest największa przy 1,5% jej dodatku.

Badane ekstrudaty w większości przypadków nie różniły się statystycznie istotnie jędrnością. Można jednak zauważyć podobną zależność jak w przypadku zwartości. Mniejszą jędrność wykazywały produkty zawierające większe ilości otrąb owsianych lub śruty owsianej.

Różnice w sprężystości ekstrudatów, podobnie jak i jędrności, w większości przypadków nie były statystycznie istotne. Jednak zdecydowanie największą sprężystość (rys. 1) wykazała próba kontrolna K0. W przypadku ekstrudatów o udziale materiałów owsianych przekraczających 50% nie było możliwe wyliczenie wartości tej cechy. Zgodnie z badaniami Li i Lee [9], sprężystość ekstrudatów z mąki pszennej bez dodatku cysteiny jest największa. Najmniejszą sprężystość wykazały produkty z 0,25% dodatkiem cysteiny.

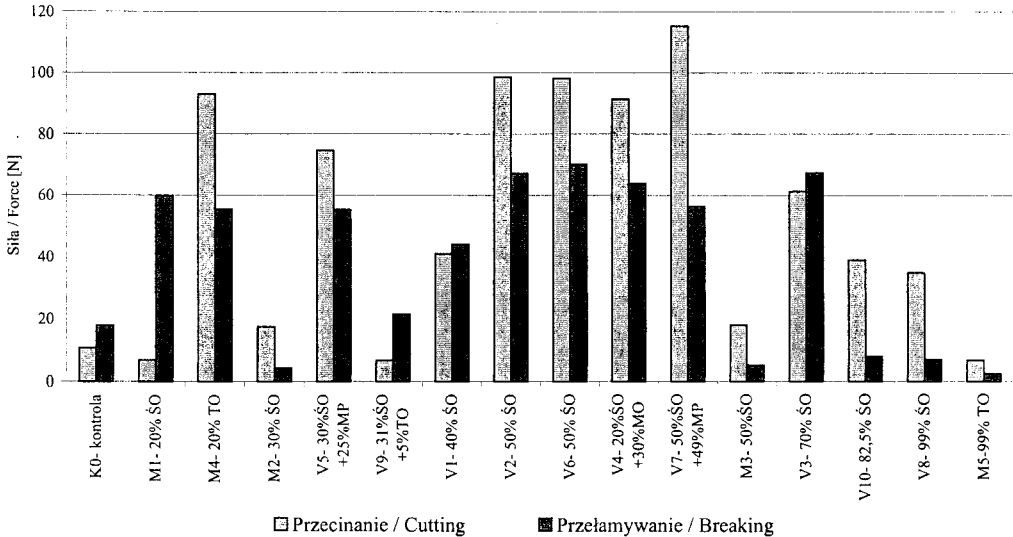
Przelamywanie i przecinanie

Największej siły, około 70 N, potrzebnej do przełamania wymagały ekstrudaty: V6, V3 i V2 (rys. 2). Siła do przełamania ekstrudatów była najmniejsza w próbie z otrębami owsianymi, bez udziału kaszki owsianej (M5). Dwukrotnie większa wymagana była do przełamania prób: M2 M3 (śruta owsiana 50%, mąka owsiana 49%, sól 1%) i V8 (śruta owsiana 99%, sól 1%). W badaniach tych zauważono, że najmniejszą siłą do przełamania potrzebują ekstrudaty zawierające małe ilości kaszki kukurydzianej lub w ogóle nie mające jej w swoim składzie. Produkty te zawierają natomiast większe ilości otrąb owsianych lub śruty owsianej.

Biorąc pod uwagę siłę potrzebną do przecięcia ekstrudatów, była ona największa w próbach o zawartości śruty owsianej 50% (za wyjątkiem próby M3): Ekstrudaty V2 i V6 wymagały 20% mniejszej siły do przecięcia. Najmniejsza siła (poniżej 10 N) wymagana była do przecięcia próby M1, V9 oraz M5. Stwierdzono, że dużej siły potrzeba do przecięcia ekstrudatów o dużej zawartości śruty owsianej i mąki pszennej lub owsianej. Najmniejsza siła potrzebna była do przecięcia próby tam, gdzie duży był dodatek kaszki kukurydzianej oraz w ekstrudacie zawierającym 99% otrąb owsianych.

W badaniach Rzedzickiego i wsp. [14] zmiany badanych parametrów pozwoliły na uzyskanie wartości teksturalnych ekstrudatów o zawartości do 18% otrąb owsianych akceptowanych przez konsumentów. Zaobserwowano tylko niewielki wzrost

tekstury wraz ze wzrostem zawartości otrębów owsianych. Ekstrudaty uzyskano w ekstruderze jednoślindakowym L:D = 12:1.



Rys. 2. Siły użyte do przecięcia i przełamania ekstrudatów.

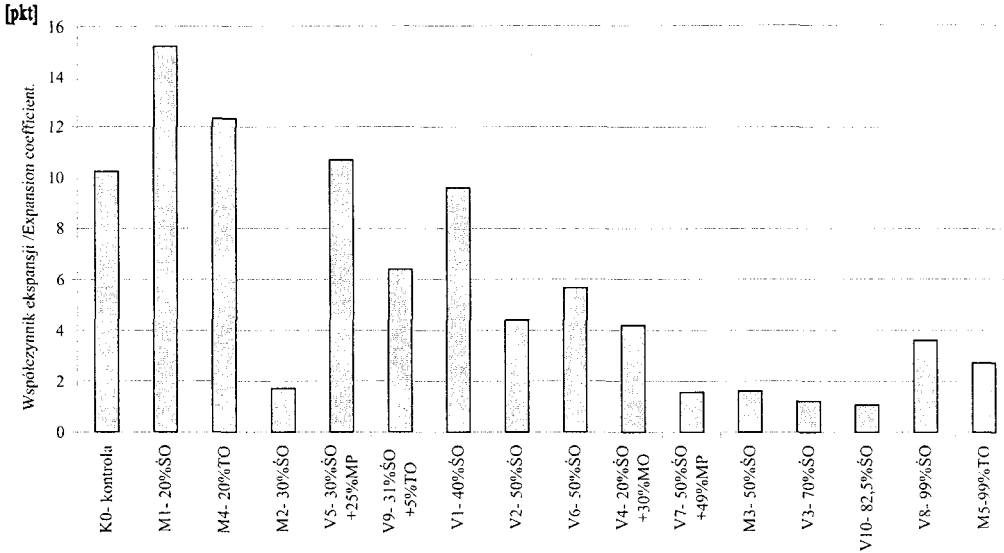
Fig.2. Forces used to cut and break extrudates.

Jak wynika z przytoczonych badań cech teksturalnych, większy dodatek kaszki kukurydzianej jest korzystniejszy do uzyskania pożądanej tekstury ekstrudatów. Większy dodatek materiałów owsianych (powyżej 40%) powoduje pogorszenie cech produktów. Ekstrudaty są twardsze, bardziej zbite, mniej jędrne. Wymagana jest mniejsza siła do przełamania ekstrudatów i do ich przecięcia. Tekstura ekstrudatów z zawartością powyżej 40% materiałów owsianych nie była akceptowana w badaniach konsumenckich. Jednak ekstrudaty z zawartością nawet do 40% śruty owsianej mogą mieć dobre cechy teksturalne (przykładem może być próba V1 o dość niskiej twardości, dużej kruchości i wysokim stopniu ekspansji), pod warunkiem, że będą one wytwarzane w ekstruderze dwuślindakowym, o wysokim stosunku L:D i przy zoptymalizowanych parametrach procesu.

Ekspansja

Najwyższym stopniem ekspansji charakteryzowały się ekstrudaty, które miały w swym składzie dużą zawartość kaszki kukurydzianej (rys. 3). Były to próby: K0 z kaszki kukurydzianej, M1 (śruta owsiana 20%, kaszka kukurydziana 79%, sól 1%), M4 (otręby owsiane 20%, kaszka kukurydziana 79%, sól 1%), V1 (śruta owsiana 40%,

kaszka kukurydziana 59%, sól 1%) i V5 (śruta owsiana 30%, kaszka kukurydziana 44%, mąka pszenna 25%, sól 1%). Mała ekspansja spowodowana była dużą zawartością surowców owsianych, tj. do prób z zawartością powyżej 20% tych surowców, poddanych ekstruzji w ekstruderze Metalchem oraz zawartością powyżej 50% w – ekstruderze VALEUREX. Przyczyną mogła być duża zawartość tłuszczów w owsie,



Rys. 3. Ekspansja ekstrudatów wykonanych w różnych warunkach ekstruzji.

Fig. 3. Expansion of extrudates obtained under varying conditions of an extrusion process.

która utrudnia ekspandowanie materiału. Próby z udziałem otręb owsianych charakteryzowały się niższą ekspansją w porównaniu z próbami z takim samym udziałem śruty owsianej. Rzedzicki i wsp. [14] również zauważyli, że wraz ze wzrostem zawartości otręb owsianych obserwowano spadek stopnia ekspandowania.

Według wyników podanych przez Fornal i wsp. [5], ekstrudaty zawierające w swoim składzie tylko kaszkę kukurydzianą charakteryzowały się najwyższą ekspansją. Dodatek mąki owsianej w ilości 10% do kaszki kukurydzianej spowodował znaczny spadek ekspansji. Największą ekspansją charakteryzowały się produkty zawierające 80% kaszki kukurydzianej, 10% płatków owsianych i 10% skrobi ziemniaczanej. O około 0,2 mniejszą ekspansję wykazywał produkt składający się z 70% kaszki kukurydzianej, 20% płatków owsianych i 10% skrobi ziemniaczanej. Również Mendonca i wsp. [12] wykazali obniżenie współczynnika ekspansji ekstrudatów po dodaniu do kaszki kukurydzianej otręb kukurydzianych w ilości do 320 g/kg.

Gąsiorowski i wsp. [6] udowodnili, że 5 i 10% udział mąki owsianej w chrupkach kukurydzianych nie spowodował dużych zmian w ich wyglądzie. Dodatek 20 i 30% mąki owsianej do kaszki kukurydzianej wywołał zmniejszenie średnicy produktu, a zwiększenie jego długości. Chrupki te nie nadawały się do konsumpcji.

Według Fornal i wsp. [4] lipidy owsa i mała zawartość skrobi w tym surowcu są przyczynami niskiej ekspansji. Dodatek ponad 10% materiałów owsianych do chrupek kukurydzianych sprawił, że ekspansja była niezadowolająca. W badaniach tych autorzy uwzględnili również dodatek kazeiny i skrobi ziemniaczanej, które poprawiły ekspansję ekstrudatów.

Wnioski

1. Duży wpływ na właściwości teksturalne i ekspansję ekstrudatów ma typ zastosowanego ekstrudera i profil temperatury. Ekstrudaty powstałe w ekstruderze Metalchem (LD = 12:1) charakteryzowały się dobrymi cechami teksturalnymi przy dodatku surowców owsianych do 20%, podczas gdy z ekstrudera VALEUREX (LD = 20:1) do 40%.
2. Wzrastający dodatek surowców owsianych do kaszki kukurydzianej powoduje pogarszanie cech teksturalnych ekstrudatów. Ekstrudaty są twardsze, bardziej zwarte, mniej jędrne.
3. Ekstrudaty o wysokim udziale surowców owsianych (powyżej 30% otrzymane w ekstruderze Metalchem i powyżej 50% otrzymane w VALEUREX) są kruche, i miękkie.
4. Udział komponentów owsianych do 20% w ekstrudatach otrzymanych przy zastosowaniu ekstrudera Metalchem (M1, M4) oraz do 40% otrzymanych przy zastosowaniu ekstrudera VALEUREX (V1, V5) nie powoduje obniżenia stopnia ekspansji w ekstrudatach.

Literatura

- [1] Achremowicz B., Mazurkiewicz J., Mościcki L.: Studies on physical properties of oat starch and extruded oat products: Proceedings of the VII International Starch Convention Kraków, PTTŻ, 1996, p. 4.
- [2] Camire M. E., Camire A., Krumhar A.: Chemical and nutritional changes in foods during extrusion. Crit. Rev. Food Sci. Nutr., 1990, **29**, 35-57.
- [3] Dobrzycki J.H., Baryłko-Pikielna N.: Instrumentalne metody pomiaru tekstury żywności. IŻŻ, Warszawa 1986.
- [4] Fornal Ł., Majewska K., Kondrusik R., Wójcik E.: Application of oat grain in extrusion-cooking. Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., 1995, **28**, 109-118.
- [5] Fornal Ł., Majewska K.: Mieszanki wieloskładnikowe w technologii ekstruzji. Przegl. Zboż. Młyn., 1995, **6**, 25-26.
- [6] Gąsiorowski H.: Owies – niechciane zboże. Przegl. Zboż. Młyn. 1991, **7**, 6.

- [7] Gąsiorowski H., Kawka A., Kiryłuk J., Kołodziejczyk P.: Wykorzystanie mąki owsianej do ekstruzji. *Przegl. Piek. Cukier.*, 1995, **6**, 2.
- [8] Gąsiorowski H. (pod red.): *Owies - chemia i technologia.*, PWRiL, Poznań 1995.
- [9] Li M., Lee T-Ch.: Effect of cysteine on the functional properties and microstructure of wheat flour extrudates. *J. Agric. Food Chem.*, 1996, **44**, 1871-1880.
- [10] Mazurkiewicz J., Achremowicz B.: Produkcja wyrobów piekarskich z dodatkiem ekstrudowanych materiałów owsianych. *Materiały XXVII Sesji Naukowej KTiChŻ Szczecin*, 1996, s. 143-147.
- [11] Mazurkiewicz J., Achremowicz B.: Wykorzystanie ekstruderatów owsianych do produkcji herbatników. *Annales UMCS*, 1997, **34**, 319-324.
- [12] Mendonca S. Grossman M. V. E., Verhe R.: Corn bran as a fiber source in expanded snacks. *Lebens. Wiss. U Technol.*, 2000, **33**, 2-8.
- [13] Pye J.: Gelatin – the scientific approach to product quality. *Food Australia*. 1996, **9 (48)**, 414-416.
- [14] Rzedzicki Z., Szpryngiel B., Sobota A.: Estimation of some chosen physical properties of extrudates obtained from corn semolina and oat bran mixtures. *Int. Agrophysics.*, 2000, **14**, 233-239.
- [15] Rzedzicki Z.: Badania możliwości zastosowania surowców owsianych do produkcji ekstrudatów spożywczych. *Żywność. Technologia. Jakość*, 1999, **1 (18) Supl.**, 214-223.
- [16] Szczesnak A. S.: Texture is a sensory property. *Food Qual. Prefer.* 2002, **13**, 215-225.

TEXTURE OF EXTRUDATES WITH AN INCREASED CONTENT OF RAW MATERIALS MADE OF OAT

S u m m a r y

The texture of extrudates under investigation was investigated using a TA-XT2i texture analyzer. The following tests were performed: texture profile analysis, breaking test, and cutting test. The texture parameters of the extrudates: hardness, fragility, resilience, cohesiveness, and springiness were determined, and the expansion of the extrudates under investigation was studied. While increasing the content of oat grinding grains, wheat flour, and oat flour in extrudates (up to 50%), it was necessary to increase forces required to cut and break the extrudate samples. The final product was harder and not very fragile. Samples with the addition of about 60% of corn grits showed an average hardness. The higher amount of oat grinding grains, oat bran, and oat flour added to the extrudates during the extrusion process resulted in the decreasing value of the expansion coefficient of the extrudates produced (the coefficient changed from 15.2 in an 'M2' sample containing 20% of oat grinding grains to 1.2 in a 'V3' sample with 70% of oat grinding grains). The type of an extruder applied and the temperature profile essentially impacted on textural properties of the extrudates and on their expansion. It was stated that if the amount of raw materials of oat added was higher than 40%, the extrudates obtained from a 'VALEUREX' extruder had better textural features than the extrudates produced by a 'Metalchem' extruder.

Key words: oat extrudates, texture, expansion, and extrusion. ☒