

APARATURA BADAWCZA I DYDAKTYCZNA

Wpływ warunków ekstruzji na wybrane cechy ekstrudatów pszenżytnich

AGNIESZKA MAKOWSKA, ŁUKASZ BAUMANN, WIKTOR OBUCHOWSKI,
MATEUSZ GUTSCHE

UNIwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Instytut Technologii Żywności Pochodzenia
Roślinnego

STRESZCZENIE

Badano wpływ warunków ekstruzji na cechy ekstrudatów pszenżytnich. Ekstruzji poddawano całościarną mąkę pszenżytnią. Określano wpływ wilgotności surowca, obrotów ślimaka oraz temperatury procesu na wybrane właściwości ekstrudatów. Najlepszy efekt ekstruzji uzyskano poddając ekstruzji surowiec o wilgotności 20%, przy obrotach ślimaka 60 rpm i profilu temperaturowym komory ekstrudera 135-155-135°C. Przeprowadzone badania potwierdziły, że przy odpowiednim dobraniu parametrów procesu pszenżyto może być z powodzeniem wykorzystywane do produkcji wyrobów ekstrudowanych.

Effect of extrusion conditions on triticale extrudates characteristic

ABSTRACT

Effect of extrusion conditions on characteristic of the triticale extrudates were studied. Wholemeal triticale flour was extruded. Determination of impact of moisture content in raw material, screw speed and process temperature on some characteristic of end product were investigated. The best extrusion results were obtained when the moisture content of flour was 20%, screw speed was 60 rpm and temperature of barrel zones were 135-155-135°C. This research investigated that triticale can be used as a raw material for extrudates production.

1. WSTĘP

Pszenżyto (*Triticale*) jest stosunkowo nowym zbożem, wyhodowanym przez człowieka ze skrzyżowania żyta i pszenicy. Łączy ono w sobie cechy pszenicy (*Triticum*) i żyta (*Secale*). W Polsce już w okresie międzywojennym prowadzono prace nad tym zbożem. Uprawa pszenżyta obejmuje około 1,5 mln hektarów w blisko 30 krajach. Tak duże zainteresowanie tą rośliną wynika z potencjalnej plenności, odporności na większość chorób, tolerancji w stosunku do gleb kwaśnych oraz wysokiej wartości odżywczej ziarna.

Pszenżyto jest zbożem, które łączy w sobie niewielkie wymagania żyta oraz dobrą wydajność pszenicy [1, 2, 3]. Nie ma żadnych istotnych doniesień, świadczących o braku przydatności pszenżyta do celów konsumpcyjnych. Zawartość białka w ziarnie wynosi średnio 12-14%. Frakcje białek pszenżytnich nie różnią się znacząco niczym od białek pszenicznych czy żytnich poza tym, że charakteryzują się wyższą zawartością aminokwasów egzogennych: lizyny i treoniny, które są bardzo ważne z żywieniowego punktu widzenia [8].

Ekstruzja jest procesem przetwarzania żywności budzącym coraz szersze zainteresowanie wśród jej producentów. Oddziaływanie ciepła, ciśnienia oraz sił ścinających na wilgotny surowiec powodują, że w bardzo krótkim czasie zachodzą zmiany w masie ciasta: następuje zwiększenie strawności składników odżywczych, inaktywacja czynników antyodżywczych, zmieniają się cechy sensoryczne produktu. Intensywność tych zmian zależy zarówno od cech surowca, jak i od warunków samego procesu ekstruzji – stosowanych temperatur, szybkości obrotów ślimaka, czy średnicy dyszy, przez którą w ostatnim etapie przeciskane jest ugotowane w komorze ekstrudera ciasto [5, 6, 7].

Procesowi ekstruzji poddawane są coraz to nowe surowce, a uzyskiwane są najróżniejsze produkty-począwszy od tradycyjnych chrupek, poprzez galanterię śniadaniową, wyroby przekąskowe, pieczywo chrupkie aż do makaronów, czy cukierków żelowych. Jednym z surowców, który można wykorzystać do produkcji żywności wytwarzanej na drodze ekstruzji może być również pszenżyto.

Celem pracy było określenie, jak wilgotność surowca, obroty ślimaka oraz temperatura procesu wpływają na współczynnik przyrostu promieniowego, gęstość właściwą oraz wskaźnik WSI (water solubility index) ekstrudatów uzyskanych z całościarnowej mąki pszenżytniej

2. MATERIAŁ I METODY

Surowiec do badań stanowiło ziarno pszenżyta odmiany Moderato, pochodzące ze zbiorów 2009 r. Po wstępnej ocenie cech towaroznawczych, obejmującej masę 1000 ziaren, celność i wyrównanie oraz gęstość w stanie zsypanym [4], ziarno rozdrobniono za pomocą młynka udarowego Sedimat. W mące oznaczono zawartość popiołu całkowitego, białka metodą Kjeldahla, skrobi metodą polarymetryczną i tłuszczu metodą Soxhleta. Tak przygotowaną całościarnową mąkę pszenżytnią dowilżano do odpowiedniej wilgotności intensywnie mieszając w mikserze typu Siemens i pozostawiano na 24 godziny w celu wyrównania wilgotności. Po tym czasie próbki poddawano procesowi ekstruzji w ekstruderze jednoślindakowym typu S-45, produkcji Metalchem Gliwice o stosunku L:D równym 12:1 i średnicy dyszy 2,5 mm. Schemat doświadczeń zawarto w Tabeli 1.

Tabela 1. Schemat wykonanych doświadczeń

Doświadczenie	Parametry stałe	Parametry zmienne
1	Temperatura: 135-165-135°C Obroty: 60/min	Wilgotność surowca: 12% 16% 20%
2	Temperatura: 135-165-135°C Wilgotność: 16%	Obroty ślimaka: 60/min 75/min 90/min
3	Wilgotność: 20% Obroty: 60/min	Temperatura: 135-155-135°C 135-165-135°C 135-175-135°C 135-185-135°C 145-185-145°C

Określano współczynnik ekspansji promieniowej, gęstość właściwą oraz indeks rozpuszczalności suchej substancji (WSI) ekstrudatów. Współczynnik ekspansji promieniowej określano jako stosunek średnicy ekstrudatu do średnicy dyszy.

Gęstość właściwą ekstrudatów określano jako stosunek masy ekstrudatu do jego objętości. Współczynnik rozpuszczalności suchej substancji (WSI) określono zgodnie z AACC, [Method 88-04].

Wyniki poddano analizie statystycznej: obliczono odchylenia standardowe oraz przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji.

3. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki analiz wstępnych: towaroznawczej oceny ziarna i fizykochemicznej charakterystyki mąki pszenżytniej zamieszczono w Tabeli 2.

Tabela 2. Charakterystyka ziarna pszenżyta i uzyskanej z niego całościarnowej mąki

Ocena towaroznawcza ziarna	X _{śr.} ± SD	Skład mąki (s.m.)	X _{śr.} ± SD
Masa 1000 ziaren [g]	24,5±0,18	Zawartość popiołu [%]	2,1±0,01
Celność [%]	51±0,2	Zawartość białka [%]	13,4±0,12
Wyrównanie [%]	51±0,2	Zawartość skrobi [%]	68,4±0,45
Gęstość w stanie zsypanym [kg/hL]	63,0±0,2	Zawartość tłuszczu [%]	1,8±0,06

Materiał badawczy charakteryzował się małą dorodnością. Świadczy o tym niska masa 1000 ziaren, a także wyniki oznaczeń celności i wyrównania oraz gęstości ziarna w stanie zsypanym.

Skład chemiczny mąki determinuje jej właściwości technologiczne i znacząco wpływa na cechy produktu. W przypadku techniki ekstruzji szczególnie ważne są: zawartość skrobi, jako substancji strukturotwórczej oraz białka, jako wypełniacza. Pożądanym jest surowiec o dużej zawartości skrobi, przy stosunkowo niskiej zawartości białka. Zawartość związków mineralnych z punktu widzenia technologicznego nie odgrywa większej roli, należy jednak mieć na uwadze fakt, że w miarę wzrostu zawartości popiołu w mące wzrasta zawartość substancji balastowych, a te mogą zmniejszać stopień ekspansji oraz powodować twardość produktu. Nie jest to problemem w przypadku produktów całościarnowych, które z założenia charakteryzują się innymi cechami sensorycznymi w porównaniu z produktami uzyskanymi z mąki jasnej. Całościarnowa mąka uzyskana z ziarna analizowanej odmiany zawierała 2,1% popiołu. Podobne wyniki w swych pracach uzyskali Czuchajowska i in. [3] oraz Ceglińska i Piesio [2]. Ta stosunkowo wysoka wartość może wynikać z większej zawartości okrywy w ziarnie w stosunku do bielma – ziarno użyte w doświadczeniu było drobne i mało dorodne, co wykazano podczas analizy towaroznawczej.

Zawartość białka kształtowała się na poziomie 13,4%. Wg badań COBORU średnia zawartość białka w ziarnie tej odmiany w latach 2007-2008 wynosiła 11,4%. Różnice te mogą wynikać zarówno z różnych warunków klimatycznych czy środowiskowych, jak i mogą być spowodowane różnym poziomem nawożenia.

Zawartość skrobi w badanej mące wynosiła 68,4%. Zbliżone wartości zaobserwowali w swoich badaniach Ceglińska i Piesio [2] oraz Stankiewicz [8].

W pierwszym doświadczeniu analizowano wpływ wilgotności surowca na stopień ekspansji, gęstość właściwą oraz ilość substancji rozpuszczalnej.

Stwierdzono, że przy zastosowaniu całościarnowej mąki o wilgotności 12% jakoś uzyskanych chrupek

była niezadowolająca: stopień ekspansji promieniowej wyrażony stosunkiem średnicy produktu do średnicy dyszy był niewielki i wynosił 1,3, zaś gęstość właściwa ekstrudatów była zbyt wysoka (wynosiła 1,10 g/cm³). Uważa się, że produkt ekstrudowany jest tym lepszy im współczynnik przyrostu promieniowego ma wyższą wartość, a gęstość właściwa jest niska. Uzyskany produkt był mało atrakcyjny sensorycznie i charakteryzował się mączystym smakiem. Można wnioskować, że wilgotność surowca oraz intensywność sił mechanicznych w tym przypadku były na tyle mało intensywne, że w skrobia nie uległa skleikowaniu, stąd niepożądany smak produktu.

Wraz ze wzrostem wilgotności mąki do 20% wzrastał stopień ekspansji promieniowej do 3,5, przy spadku gęstości właściwej do 0,19 g/cm³. Na podstawie przeprowadzonej jednoczynnikowej analizy wariancji wykazano, że stopień ekspansji ekstrudatu wzrastał wraz ze wzrostem wilgotności surowca w badanym zakresie. Najwyższym stopniem ekspansji charakteryzuje się ekstrudat uzyskany z surowca o wilgotności 20%. Niższe wartości uzyskano, gdy ekstruzji

Tabela 3. Wpływ wilgotności surowca na gęstość właściwą, stopień ekspansji promieniowej oraz WSI ekstrudatu

Wyróżnik	Wilgotność [%]	Wartość średnia*	
Stopień ekspansji promieniowej	12	1,30 ^a	
	16	2,30 ^b	
	20	3,50 ^c	
Gęstość właściwa [g/cm ³]	12	1,10 ^a	
	16	0,30 ^b	
	20	0,19 ^b	
WSI	Surowiec	12	8,20 ^a
		16	8,80 ^b
		20	9,90 ^c
	Ekstrudat	12	13,10 ^a
		16	22,00 ^b
		20	10,50 ^c

* jednakowe indeksy górne oznaczają brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy wynikami, różne indeksy wskazują na istotne różnice (test NIR; α=0,05)

poddano surowiec o wilgotności 15%, natomiast, najniższe wyniki uzyskano przy wilgotności surowca 12%. Wilgotność surowca miała również istotny statystycznie wpływ na gęstość właściwą ekstrudatu. Wraz ze wzrostem zawatości wody malała gęstość właściwa produktu.

Współczynnik rozpuszczalności suchej substancji (WSI) świadczy o intensywności przemian, jakie zaszły w produkcji na skutek działania procesu. Stwierdzono, że w zależności od wilgotności surowca WSI zmienia się, przy czym najwyższą wartość uzyskano dla ekstrudatu wytworzonego z surowca o wilgotności 15%, przy wilgotności 20% wskaźnik ten był mniejszy. W przeprowadzonych badaniach odnotowano dużą rozpiętość uzyskanych wyników WSI ekstrudatów (od 10,5% do 22%). Współczynnik WSI malał ze wzrostem wilgotności surowca.

W Tabeli 4 zamieszczono wyniki wpływu prędkości obrotów ślimaka na jakość ekstrudatów.

Wykazano, że stopień ekspansji promieniowej ekstrudatów wytworzonych przy prędkości obrotów ślimaka wynoszącej 75/min i 90/min nie różni się istotnie ($p \leq 0,05$). Wartości te oscylowały pomiędzy 1,24 (75 obrotów/min) i 1,26 (90 obrotów/min). Podobny trend odnotowano w przypadku gęstości właściwej, gdzie przy prędkości obrotów ślimaka wynoszącej 75/min i 90/min nie ma różnic. Obroty ślimaka istotnie wpłynęły natomiast na WSI. Przy 60 obrotach/min gęstwa dłużej przebywała w komorze ekstrudera, co w większym stopniu spowodowało skleikowanie skrobi, niż w przypadku pozostałych prędkości ślimaka. Pomimo różnic w wartościach WSI jakość ekstrudatów była porównywalna.

Tabela 4. Wpływ obrotów ślimaka na wartość stopnia ekspansji promieniowej, gęstości właściwej oraz współczynnika WSI ekstrudatów pszenicznych

Wyróżnik	Obroty ślimaka [1/min]	Wartość średnia*	
Stopień ekspansji promieniowej	60	2,00 ^b	
	75	1,24 ^a	
	90	1,26 ^a	
Gęstość właściwa [g/cm ³]	60	0,45 ^b	
	75	0,98 ^a	
	90	1,10 ^a	
WSI [%]	Surowiec	8,77	
	Ekstrudat	60	13,05 ^a
		75	10,50 ^b
		90	11,23 ^c

* jednakowe indeksy górne oznaczają brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy wynikami, różne indeksy wskazują na istotne różnice (test NIR; $\alpha=0,05$)

Michniewicz i Obuchowski [6] podają, że obroty ślimaka, jeśli nie zmieniają się inne warunki procesu, nie mają wpływu na stopień ekspansji chrupek. Na podstawie analizy statystycznej nie wykazano istotnych różnic pomiędzy wpływem obrotów ślimaka (75/min i 90/min), a jakością otrzymanych ekstrudatów określaną na podstawie współczynnika przyrostu promieniowego i gęstości właściwej. Stwierdzenie, że najlepszy efekt ekstruzji uzyskać można stosując prędkość obrotów ślimaka 60/min stanowiło podstawę wybrania tej wartości parametru procesu w dalszych doświadczeniach.

W dalszym etapie badań analizowano wpływ różnych temperatur procesu ekstruzji na produkt końcowy wytworzony z całościarnowej mąki o wilgotności 15%. Wyniki te zamieszczono w Tabeli 5 i 6.

Tabela 5. Wpływ temperatury procesu ekstruzji na gęstość właściwą, stopień ekspansji promieniowego oraz WSI ekstrudatu (wilgotność surowca 15%)

Wyróżnik	Temperatura [°C]	Wartość średnia*	
Stopień ekspansji promieniowej	135-155-135	2,30 ^d	
	135-165-135	2,24 ^c	
	135-175-135	1,50 ^b	
	135-185-135	1,62 ^a	
Gęstość właściwa [g/cm ³]	135-155-135	0,30 ^b	
	135-165-135	0,42 ^a	
	135-175-135	0,84 ^a	
	135-185-135	0,66 ^c	
WSI	Surowiec	8,77	
	Ekstrudat	135-155-135	22,00 ^a
		135-165-135	19,89 ^b
		135-175-135	11,60 ^c
		135-185-135	12,60 ^d

* jednakowe indeksy górne oznaczają brak istotnych statystycznie różnic pomiędzy wynikami, różne indeksy wskazują na istotne różnice (test NIR; $\alpha=0,05$)

Stwierdzono, że zastosowanie różnych warunków cieplnych w czasie ekstruzji surowca o wilgotności 15% powoduje istotne różnice w wartościach stopnia ekspansji promieniowej. Na podstawie przeprowadzonej jednoczynnikowej analizy wariancji wykazano, że stopień ekspansji ekstrudatu malał wraz ze wzrostem temperatury procesu w badanym zakresie. Temperatura procesu miała również istotny wpływ na gęstość właściwą ekstrudatu. Wraz ze wzrostem temperatury wzrastała gęstość właściwa produktu. Gęstość właściwa chrupek wytwarzanych w założonych w doświadczeniu warunkach rosła wraz ze zwiększającą się temperaturą w cylindrze urządzenia. Wartość omawianego wyróżnika dla ekstrudatów wytworzonych w temperaturze 135-155-135°C wynosiła 0,30 g/cm³, z kolei przy temperaturze

równej 135-185-135°C była dwa razy większa i wynosiła 0,66 g/cm³. Nie wykazano istotnych różnic w wartościach tego wyróżnika, gdy w ekstruderze temperatura wynosiła 135-165-135°C, a 135-175-135°C.

W przeprowadzonych badaniach odnotowano dużą rozpiętość wyników rozpuszczalności ekstrudatów WSI (od 12,6% do 22%). Najwyższe wartości odnotowano dla chrupiek wytworzonych w pierwszym wariacie (135-155-135°C). W miarę wzrostu temperatury wartości te malały. Wynika to z rozpadu związków wysokocząsteczkowych do prostszych.

Ostatnim etapem badań było określenie wpływu różnych temperatur procesu ekstruzji na produkt końcowy wytworzony z całościarnowej mąki pszenżytniej, stosując najkorzystniejsze wartości pozostałych parametrów procesu (wytypowane w poprzednich etapach niniejszej pracy – obroty ślimaka: 60/min; wilgotność surowca 20%). Stwierdzono, że cechy ekstrudatu wyrażone jako: stopień ekspansji promieniowej, gęstość właściwa oraz WSI ekstrudatów różnią się w zależności od temperatury procesu. Zaobserwowano, że wraz ze wzrostem temperatury maleje stopień ekspansji promieniowej, a wzrasta gęstość właściwa chrupiek. Podobną zależność odnotowano w poprzednim doświadczeniu, gdy ekstrudowano w tych samych warunkach surowiec o wilgotności 15%. Na podstawie przeprowadzonej jednoczynnikowej analizy wariancji wykazano, że gęstość właściwa ekstrudatu rośnie wraz ze wzrostem temperatury procesu w badanym zakresie. Stwierdzono, że najmniejszą gęstością równą 0,19 g/cm³

Tabela 6. Wpływ temperatury procesu ekstruzji na gęstość właściwą, stopień ekspansji promieniowej oraz WSI ekstrudatu (wilgotność surowca 20%)

Wyróżnik	Temperatura [°C]	Wartość średnia*	
Stopień ekspansji promieniowej	135-155-135	3,50 ^e	
	135-165-135	3,10 ^d	
	135-175-135	2,90 ^c	
	135-185-135	2,40 ^b	
	145-185-145	1,73 ^a	
Gęstość właściwa [g/cm ³]	135-155-135	0,19 ^a	
	135-165-135	0,23 ^b	
	135-175-135	0,39 ^c	
	135-185-135	0,38 ^d	
	145-185-145	0,73 ^e	
WSI	Surowiec	9,92	
	Ekstrudat	135-155-135	10,50 ^a
		135-165-135	32,15 ^b
		135-175-135	18,65 ^c
		135-185-135	16,20 ^d
		145-185-145	14,29 ^e

charakteryzuje się ekstrudat uzyskany w temperaturze poszczególnych sekcji 135-155-135°C.

Porównując wartości WSI ekstrudatów, stwierdzono znaczne różnice w zależności od temperatury procesu ekstruzji. Wartość WSI ekstrudatów wytworzonych w temperaturze 135-155-135°C wynosiła 10,50, natomiast w temperaturze 145-185-145°C WSI było równe 14,29. Wytlumaczyć to można tym, że wzrost temperatury procesu powoduje zwiększenie dekstrynizacji skrobi, co w konsekwencji powoduje wzrost wartości WSI. Nie wykazano podobnej zależności, gdy ekstruzji poddawano surowiec o niższej wilgotności 15%.

4. PODSUMOWANIE

Ekstrudaty wytworzone z całościarnowej mąki pszenżytniej różnią się w istotny sposób od tradycyjnych ekstrudatów kukurydzianych. Niemniej jednak sterując parametrami procesu można uzyskać produkt różniący się nie tylko właściwościami fizykochemicznymi, ale także cechami sensorycznymi, a w konsekwencji uzyskać produkt, który zaakceptowany będzie przez konsumentów.

Cechy ekstrudatu zależą od wilgotności surowca poddawanego ekstruzji. W przypadku stosowania pszenżyta dobre efekty można uzyskać stosując surowiec o wilgotności 20%. Poddając ekstruzji surowiec o niższej wilgotności uzyskuje się produkt o niższym stopniu ekspansji promieniowej i wyższej gęstości ekstrudatu. Najlepszą jakość ekstrudatów można uzyskać stosując 60 obrotów ślimaka/minutę. Przy wyższych obrotach uzyskuje się produkt o niższym współczynniku ekspansji i wyższej gęstości właściwej. Na efekt ekstruzji w dużej mierze wpływa również zastosowana temperatura podczas procesu. Spośród badanych zakresów temperatury najlepszej jakości produkt uzyskano w warunkach 135-155-135°C. Przeprowadzone badania potwierdziły iż pszenżyto może być z powodzeniem wykorzystywane do produkcji wyrobów ekstrudowanych.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego nr 3669/B/PO1/2009/37.

LITERATURA

- [1] A. Ceglińska, T. Haber: Wartość technologiczna wybranych odmian pszenżyta ozimego. Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, 2001, 218/219, 315-321.
- [2] A. Ceglińska, M. Piesio: Wartość technologiczna polskich odmian pszenżyta. Przegł. Zboż.-Młyn, 2008, 8, 10-12.
- [3] Z. Czuchajowska, B. Paszczyńska, H. Gambuś, A. Nowotna, B. Achremowicz: Ocena wartości technologicznej ziarna i mąki wybranych odmian pszenżyta ozimego. Technologia Żywności, 1999, 11, 360, 57-64.
- [4] T. Jakubczyk, T. Haber: Analiza zbóż i przetworów zbożowych. SGGW, Warszawa, 1981.
- [5] L. Mościcki, M. Mitrus, A. Wójtowicz. Technika ekstruzji w przemyśle rolno-spożywczym. PWRiL, Warszawa, 2007.
- [6] J. Michniewicz, W. Obuchowski: Możliwości oddziaływania na cechy produktu metodą ekstruzji. Przegł. Zboż.-Młyn., 2002, 5, 19-20.
- [7] A. Sobota, Z. Rzedzicki: (2004) Badania nad technologią ekstruzji dwuślimakowej ekstruderów z udziałem otrąb pszenicznych. Annales Univeristatis Mariae Curie-Skłodowska Lublin, 2004, 59, 1 Sectio E, 1-12.
- [8] C. Stankiewicz: Plon i zawartość białka ogółem oraz skrobi w ziarnie pszenżyta jarego odmiany Wanad w zależności od gęstości wysiewu, herbicydów i bronowania. Acta Sci. Pol., Agricultura 2004, 3, 77-88.