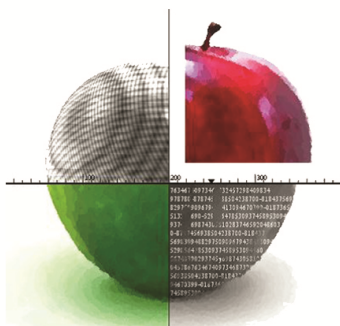


NOWOCZESNE TECHNOLOGIE PRODUKCJI ŻYWNOCİ



POD REDAKCJĄ
HANNY MARII BARANOWSKIEJ
MICHAŁA PIĄTKA

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
Poznań, 2016

Redakcja naukowa

Dr hab. Hanna Maria Baranowska

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Dr inż. Michał Piątek

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

© Copyright by

Polskie Towarzystwo Technologów Żywności Oddział Wielkopolski

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

Poznań 2016

Utwór w całości ani we fragmentach nie może być powielany ani rozpowszechniany za pomocą urządzeń elektronicznych, kopiujących, nagrywających i innych bez pisemnej zgody Wydawcy.

ISBN 978-83-7160-837-7

Redakcja

Joanna Le Thanh-Blicharz

Jacek Lewandowicz

Projekt okładki

Przemysław Kowalczewski

Wydawca

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

ul. Wojska Polskiego 28

60-637 Poznań

Wydanie I

Poznań 2016

SPIS TREŚCI

Streszczenie.....	11
Wstęp	14
<i>Krzysztof Melski</i> Innowacje opakowaniowe potencjalnym źródłem sukcesu żywności ogrzewanej mikrofalowo	15
<i>Tomasz Koźlecki, Katarzyna Jaros Koźlecka, Jarosław Szafran, Artur Marciniak, Karina Baranowska, Karolina Wołyniec, Michał Piegza, Barbara Żarowska, Małgorzata Robak</i> Zastosowanie nanocząstek srebra w foliach spożywczych	24
<i>Barbara Żarowska, Michał Piegza, Katarzyna Jaros Koźlecka, Tomasz Koźlecki, Małgorzata Robak</i> Nanocząstki srebra (SNP) a hamowanie wzrostu mikroorganizmów	36
<i>Anna Bryła, Grażyna Lewandowicz</i> Technologia liposomowa w przemyśle spożywczym	48
<i>Kinga Stuper-Szablewska, Anna Ostrowska-Kołodziejczak, Tomasz Góral Danuta Kurasiak-Popowska, Juliusz Perkowski</i> Aktywacja nieenzymatycznych mechanizmów odpornościowych pszenicy w celu podniesienia wartości zdrowotnych produktów pszennych	61
<i>Agnieszka Makowska, Przemysław Łukasz Kowalczewski, Grzegorz Galiński, Sylwia Chudy, Jan Michniewicz</i> Wartość Żywnieniowa ekstrudatów pszenżytnich na podstawie badań <i>in vivo</i>	70
<i>Roman Zielonka, Leszek Jarosławski</i> Przebieg hydrolizy nieskleikowanej skrobi ziemniaczanej z udziałem różnych enzymatycznych układów amylolitycznych.....	80
<i>Leszek Jarosławski, Krzysztof Przygoński, Roman Zielonka</i> Przebieg procesu karmelizacji w warunkach przemysłowej produkcji karmelu amoniakalnego	90
<i>Joanna Le Thanh-Blicharz, Jacek Lewandowicz</i> Właściwości reologiczne oraz tekstura kisielu zagęszczonych skrobią woskową różnego pochodzenia botanicznego	100
<i>Jacek Lewandowicz, Joanna Le Thanh-Blicharz</i> Właściwości reologiczne oraz tekstura budyni zagęszczonych skrobią woskową różnego pochodzenia botanicznego	109
<i>Marzanna Hęś, Danuta Górecka, Dominik Kmiecik, Joanna Kobus-Cisowska</i> Wykorzystanie wybranych hydrokoloidów jako zamienników tłuszczu w emulsjach majonezowych	118
<i>Róża Biegańska-Marecik, Elżbieta Radziejewska-Kubzdela, Janusz Czapski, Katarzyna Czaczyk, Marcin Kidoń, Dorota Walkowiak-Tomczak, Karolina Młynarczyk</i> Comparison of vacuum impregnation, dipping and blanching as treatment method maintaining quality of fresh-cut apple	128
<i>Łukasz K. Kaczyński, Paulina Bierzuńska, Dorota Cais-Sokolińska</i> Technologiczne uwarunkowania syntezy kwasu 2-hydroksypropanowego w fermentowanym mleku o obniżonej zawartości laktozy	146

AGNIESZKA MAKOWSKA¹, PRZEMYSŁAW ŁUKASZ KOWALCZEWSKI¹,
GRZEGORZ GALIŃSKI², SYLWIA CHUDY³, JAN MICHNIEWICZ¹

¹*Institut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego*

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

agmak@up.poznan.pl

²*Katedra Higieny Żywienia Człowieka*

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

³*Katedra Technologii Mleczarstwa*

Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

WARTOŚĆ ŻYWIENIOWA EKSTRUDATÓW PSZENŻYTNICH NA PODSTAWIE BADAŃ *IN VIVO*

Streszczenie

Pszenżyto, to mieszaniec międzyrodzajowy, sztucznie wyhodowany przez człowieka poprzez skrzyżowanie pszenicy i żyta. Polska jest największym producentem tego zboża na świecie. Niestety, dotychczas wykorzystuje się je głównie na cele paszowe, wykazano jednak, że zboże to może być wykorzystane do produkcji żywności, w tym do wyrobów ekstrudowanych. Celem niniejszej pracy było określenie wartości żywieniowej ekstrudatów pszenżytnich w porównaniu z ekstrudatami pszennymi i żytnimi w badaniach *in vivo*.

Materiał badany stanowiły ekstrudaty pszenżytnie, pszenne i żytnie wytworzone przy użyciu ekstrudera jednoślismakowego TS-45 (Metalchem, Gliwice) oraz surowe pszenżyto jako materiał kontrolny (odniesienia).

Badania prowadzono na samcach szczurów rasy Wistar. Określono wskaźnik wykorzystania białka netto (NPU) badanych produktów oraz parametry ogólnozywieniowe i strawnościowe.

Spośród badanych ekstrudatów wyższymi wartościami wskaźnika NPU charakteryzowały się ekstrudaty żytnie niż pszenżytnie, najniższe wartości odnotowano dla ekstrudatów pszennych. Nie stwierdzono ujemnego wpływu procesu ekstruzji na wartość wskaźnika NPU. Najwyższy przyrost masy ciała odnotowano w grupie zwierząt karmionych ekstrudowanym pszenżytem. Również względny przyrost masy ciała i wydajność wzrostowa zwierząt karmionych dietą z pszenżyta ekstrudowanego były najwyższe. Niższe wartości badanych wskaźników niż dla diet ekstrudowanych, odnotowano w przypadku surowego pszenżyta.

Słowa kluczowe: badania *in vivo*, ekstruzja, parametry strawnościowe, pszenżyto.

Wprowadzenie

Pszenżyto jest mieszańcem rodzajowym pszenicy i żyta wyhodowanym przez człowieka pod koniec dziewiętnastego wieku [Skovmand i in., 1984]. Łączy ono w sobie

cechy obu rodzicielskich zbóż. Dawniej hodowane odmiany pszenżyta charakteryzowały się wprawdzie wysoką zawartością białka o korzystnym składzie aminokwasowym, lecz niestety małą stabilnością, co ograniczało możliwości jego zastosowania, m. in. w produkcji pieczywa [Haber, 1979]. Przez lata problemem była również wysoka aktywność enzymatyczna ziarna pszenżyta [Piasecka-Kwiatkowska i in., 2007]. Nastąpił jednak znaczący postęp w tym obszarze. Wśród obecnie uprawianych odmian są takie, które wykazują zmniejszoną podatność na porastanie [Peña, 2004] przy, w dalszym ciągu, wysokiej zawartości i korzystnym składzie jakościowym białek.

W Polsce pszenżyto zyskało dużą popularność w latach sześćdziesiątych i siedemdziesiątych. Pod koniec dwudziestego wieku prace nad jego hodowlą i wykorzystaniem były prowadzone mniej intensywnie, ale na początku XXI wieku znów wzrosło zainteresowanie tym zbożem. Wśród krajów europejskich Polska jest liderem w jego produkcji. Aktualnie areał uprawy pszenżyta w Polsce jest porównywalny z areałem uprawy żyta [Łopaciuk, 2011].

Biorąc pod uwagę fakt, że w ostatniej dekadzie powierzchnia zasiewów pszenżyta wzrastała, przy zmniejszającym się areale uprawy żyta, wydaje się celowe kontynuowanie badań nad możliwością wykorzystania tego zboża nie tylko na cele paszowe, ale również jako surowca do produkcji żywności. Od lat prowadzone są badania w tym kierunku. Podejmowano próby zastosowania pszenżyta jako surowca do produkcji pieczywa, a także mąki do wyrobów cukierniczych, a nawet makaronów [Lorentz i in., 1972; Rakowska i Haber, 1991; Tsvetkov i Stoeva, 2003; Tohver i in., 2005; Achremowicz i in., 2014]. Wykazano, że z powodzeniem ziarno pszenżyta można też wykorzystywać jako surowiec do wytwarzania bioetanolu [Obuchowski i in., 2010]. Biorąc pod uwagę parametry jakościowe określające przydatność w przetwórstwie aktualnie hodowanych odmian pszenżyta, wydaje się, że jedyną przeszkodą ograniczającą zastosowanie produktów przemiału tego zboża do produkcji żywności może być gorsza jakość glutenu pszenżytniego i mniejsza jego wydajność w porównaniu z pszenicą chlebową. Ogranicza to w pewnym stopniu zastosowanie mąki pszenżytniej do produkcji pieczywa, ale stwarza możliwość wykorzystania ziarna tego gatunku do produkcji pieczywa cukierniczego trwałego, czy wafli. W tym przypadku mniejsza zawartość glutenu i gorsza jego jakość są cechami pożądanymi. Ze względu na słaby układ glutenowy można również podjąć próby wykorzystania tego zboża do produkcji wyrobów na drodze ekstruzji [Onwulata i in., 2000].

Zmiana stylu życia we współczesnym społeczeństwie, a także wzrastająca świadomość niebezpieczeństwa rozwoju chorób cywilizacyjnych sprawia, że konsument coraz częściej poszukuje wyrobów o właściwościach prozdrowotnych. Całozziarnowe produkty zbożowe, zawierające błonnik pokarmowy oraz substancje przeciwutleniające, ze względu na częstotliwość ich spożywania, spełniają te wymagania [Zieliński i in., 2012]. Całozziarnowe produkty przekąskowe, wytwarzane metodą ekstruzji zwiększają asortyment produktów tego rodzaju. Ze względu na rosnącą popularność pszenżyta wydaje się celowe podjęcie badań mających na celu potwierdzenie tezy, że na bazie pszenżyta można wytworzyć pełnowartościowe produkty przekąskowe o wysokiej zawartości błonnika, oraz sprawdzenie w jaki sposób proces ekstruzji wpływa na ich wartość odżywczą.

Material i metody

Material badany

Material doświadczalny stanowiły ekstrudaty pszenżytnie - PŻE (z ziarna odmiany Baltiko), pszenne - PE (z ziarna odmiany Slade) i żytnie - ŻE (z ziarna odmiany Dankowskie Złote) oraz ziarno surowe pszenżyta - PŻS. Ekstrudaty wytwarzano w ekstruderze jednoślimakowym typu TS-45 (Metalchem, Gliwice), stosując wilgotność surowca 18% i temperaturę procesu 135/175/135°C. W tabeli 1 przedstawiono podstawowy skład chemiczny materiału badanego.

Tabela 1. Skład chemiczny ekstrudatów i surowca pszenżytniego użytych w doświadczeniach

	Białko [% s.m.]	Tłuszcz [% s.m.]	Sacharydy przyswajalne* [% s.m.]	Błonnik ogółem [% s.m.]	Błonnik rozpuszczalny [% s.m.]
Ekstrudat pszenżytni	13,1±0,1	1,46±0,02	69,2	14,4±0,3	2,3±0,2
Ekstrudat żytni	10,8±0,2	1,51±0,03	67,9	18,5±0,2	5,1±0,1
Ekstrudat pszenny	10,9±0,1	1,43±0,01	72,4	14,0±0,2	2,0±0,2
Surowiec pszenżytni	13,0±0,0	1,48±0,02	70,92	14,6±0,2	2,2±0,2

*- wyliczone na podstawie zawartości pozostałych składników

Badanie *in vivo* prowadzono wykorzystując w tym celu szczury laboratoryjne rasy Wistar (uchwała nr 82/2009 Lokalnej Komisji Etycznej ds. Doświadczeń na Zwierzętach). Doświadczenie przeprowadzono w zwierzętarni z oświetleniem sztucznym (w cyklu 12 godzin/12 godzin), w temperaturze 20-22°C i przy wilgotności względnej powietrza 55-60%.

Określenie wartości wskaźnika wykorzystania białka netto - NPU

Badania prowadzono na samcach szczurów rasy Wistar w wieku 6 tygodni, o średniej początkowej masie 190 g. Wyodrębniono pięć grup zwierząt, liczących po sześć osobników oraz jedną grupę (kazeinowa), liczącą 4 osobniki. Szczury były karmione *ad libitum*, dietami przygotowanymi we własnym zakresie. Ich skład przedstawia tabela 2.

Tabela 2. Skład chemiczny diet testowych [g/kg diety]

Składnik diety [g]	Rodzaj diety					
	PŻS	PŻE	PE	ŻE	Bezbiałkowa	Kazeinowa
Skrobia pszenna	137	156	28	1	882	529
Olej słonecznikowy	23	23	23	23	23	76
Cukier						200
Skrobia ziemniaczana					50	50
Mieszanka soli min.	35	35	35	35	35	35
Mieszanka witaminowa	10	10	10	10	10	10
Pszenny surowy (PŻS)	795					
Ekstrudat pszeniczny (PŻE)		776				
Ekstrudat pszeniczny (PE)			904			
Ekstrudat żytni (ŻE)				931		
Kazeina						100
Suma				1000		

W celu scharakteryzowania pobrania diety przez zwierzęta, a następnie określenia ilości wbudowanego białka oznaczono: zawartość wody w tuszkach przed i po suszeniu [g], a następnie obliczono w nich:

- ilość azotu w tuszy N [g]:

$$N = \frac{2,95 + 0,025 * x}{100} * H_2O$$

gdzie: x – wiek szczurów [dni], H₂O – zawartość wody w tuszy [g].

- ilość azotu spożytego N_p [g]:

$$N_p = \left(\frac{R_d * sm_1}{100} - \frac{R_n * sm_2}{100} \right) * \frac{N\%}{sm_1}$$

gdzie: R_d – reszta diety (nieskarmiona) (g), R_n – niewyjadki (g), sm₁ – zawartość suchej masy w diecie (%), sm₂ – zawartość suchej masy w niewyjadkach (%), N% – zawartość azotu w diecie (%).

- wartość współczynnika wykorzystania białka netto NPU [%]:

$$NPU = \frac{N_t - N_{tdbb} + N_p dbb}{N_p} * 100$$

gdzie: N_t – zawartość azotu w tuszkach zwierząt grupy żywionej dietą zawierającą badane białko (g), N_t dbb – zawartość azotu w tuszkach zwierząt grupy żywionej dietą bezbiałkową (g), N_p dbb – ilość azotu spożyta przez zwierzęta otrzymujące dietę bezbiałkową (azot pozabiałkowy) (g), N_p – ilość azotu spożyta przez zwierzęta grupy otrzymującej dietę zawierającą badane białko (g).

W celu wyeliminowania wpływ warunków zewnętrznych na wartość NPU zastosowano współczynnik korekcyjny:

$$K = \frac{\text{standardowe NPU kazeiny}}{\text{NPU kazeiny w danym doświadczeniu}}$$

(standardowe NPU kazeiny =70)

Określenie parametrów ogólnożywnieniowych i strawnościowych

W doświadczeniu brały udział samce szczurów rasy Wistar, w wieku 10 tygodni, o początkowej masie ciała wynoszącej średnio 330 g. Szczury podzielono na 5 grup po 6 osobników i żywiono *ad libitum* następującymi dietami: Labofeed (dieta kontrolna) oraz 4ma innymi, wykonanymi we własnym zakresie.

Grupa 1 - kontrolna (dieta kontrolna Labofeed, zbilansowana)

Grupa 2 – pszenżyto surowe

Grupa 3 – pszenżyto ekstrudowane

Grupa 4 – żyto ekstrudowane

Grupa 5 – pszenica ekstrudowana

Skład chemiczny diet oznaczono wg obowiązujących norm. Energię metaboliczną diet obliczono w oparciu o równoważniki energetyczne Atwatera netto.

Dla scharakteryzowania pobrania i wykorzystania paszy przez zwierzęta określono:

- spożycie diety (w tym poszczególnych jej składników) [g/10 dni],
- pobranie energii z dietą [MJ/10 dni] wg wzoru:

$$\text{pobranie energii} = \frac{(B * 4 + T * 9 + WP * 4 + SDF * 2) * 4,184}{1000}$$

gdzie: B – ilość spożytego białka, T – ilość spożytego tłuszczu, WP – ilość spożytych węglowodanów przyswajalnych, SDF – ilość spożytego błonnika rozpuszczalnego,

- przyrost masy ciała [g/10 dni],
- wydajność wzrostową diety [g/MJ],
- wydajność wzrostową diety wg wzoru:

$$\text{wydajność wzrostowa diety} = \frac{\text{przyrost masy ciała}}{\text{pobranie energii}}$$

- ilość wydalonego kału, a wraz z nim poszczególnych składników wchodzących w skład diety [g/10 dni],
- strawność pozorną wymienionych składników [%] wg wzoru:

$$\text{wsp. strawności} = \frac{\text{ilość skł. spoż.} - \text{ilość skł. wydal.}}{\text{ilość skł. spożytego}} * 100$$

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej przy pomocy programu Statistica 10 (StatSoft). Inc., Tulsa, OK., USA). Przeprowadzono jednoczynnikową analizę wariancji (ANOVA). W przypadku wykazania istotnych różnic wykonano analizę post-hoc, stosując test Scheffé'go.

Wyniki i dyskusja

Wartość biologiczna białka zawartego w zbożach nie jest wysoka. Uzależniona jest ona od zawartości aminokwasów egzogennych. W przypadku zbóż aminokwasem egzogennym, którego jest stosunkowo najmniej jest lizyna. Niska jej zawartość powoduje, że białko zawarte w zbożach nie może być w pełni wykorzystane przez organizm człowieka [Chrenková i in., 2000]. Poza tym proces ekstruzji, podczas którego (w bardzo krótkim czasie) panują drastyczne warunki, może prowadzić do zmniejszenia dostępności białka na skutek reakcji lizyny z cukrami prostymi (reakcje Maillarda).

W ramach doświadczenia mającego na celu określenie wartości biologicznej białka pszenżyta i wpływu na nią procesu ekstruzji, określono ilość spożytej diety przez poszczególne grupy zwierząt, przyrost masy ich ciała w czasie trwania doświadczenia, a także zawartość wody w tuskach. Bardzo wysoka istotna korelacja między zawartością wody a ilością azotu w tuskach zwierząt (dotyczy zwierząt w okresie 24-43 dni życia) pozwala, na podstawie określonej ilości wody w tuskach, oszacować zawartość w nich azotu i jednocześnie obliczenie wartości współczynnika NPU [Rakowska i in., 1978].

Tabela 3. Wskaźniki żywieniowe służące określeniu NPU analizowanych diet

Rodzaj diety	Spożycie diety [g/10dni]	Przyrost masy ciała [g/10 dni]	Zawartość wody w tuskach [g]	Zawartość azotu w tuskach [g]	NPU skor. [%]
Bezbiałkowa	125±23	-48±3	103,9±4,7	4,1±0,2	
Ekstrudat pszenżytni	249±12	22±5	141,8±2,3	5,6±0,1	51±5
Ekstrudat żytni	272±13	41±4	152,9±6,8	6,1±0,3	57±8
Ekstrudat pszenny	242±15	24±3	-	-	-
Surowe pszenżyto	247±27	23±7	144,7±8,7	5,7±0,3	49±5
Kazeinowa	170±103	21±18	146,2±17,0	5,9±0,7	70±21

Ilość spożytej diety przez poszczególne grupy zwierząt różniła się (tab. 3). Największe ilości diety spożyły zwierzęta karmione dietą z ekstrudatem żytnim, natomiast ilość spożytej diety zawierającej surowe pszenżyto, pszenżyto ekstrudowane, jak i ekstrudat pszenny była taka sama. Przyrost masy ciała zwierząt doświadczalnych był najbardziej intensywny w przypadku diety zawierającej ekstrudat żytni (spożycie tej diety również było największe). Mniej intensywny wzrost odnotowano w przypadku pozostałych diet. Przyrost masy ciała nie jest jednak bezpośrednim wyznacznikiem jakości białka w diecie, wynika raczej z ilości spożytej diety. Na podstawie zawartości wody w tuskach, obliczono w nich zawartość azotu, a następnie wartość NPU. Spośród badanych ekstrudatów, produkty żytnie

w porównaniu z pszenżytniami charakteryzowały się wyższymi wartościami NPU. Wynika to najprawdopodobniej z różnic w składzie aminokwasowym białka żytniego i pszenżytniego, a przede wszystkim z zawartości w nich lizyny. Żyto zawiera prawdopodobnie więcej lizyny. Wprawdzie Haber [1979] stwierdził, że skład aminokwasowy pszenżyta jest korzystniejszy od pszenicy, a nawet od żyta, to istnieją jednak również doniesienia twierdzące, że poziom lizyny w pszenżycie jest zbliżony do jej zawartości w pszenicy i niższy niż w życie. Wskazuje to na fakt, że uprawiane w latach osiemdziesiątych ubiegłego stulecia odmiany pszenżyta rzeczywiście zawierały więcej białka (nawet do 18%) i miały korzystniejszy skład aminokwasowy białka, jednak w miarę postępu prac hodowlanych obecnie uprawiane odmiany zawierają mniej białka, oraz lizyny [Górny, 2005]. Pomimo istniejących różnic uzyskanych w tym doświadczeniu można mówić jedynie o pewnym trendzie, gdyż analiza statystyczna nie potwierdziła istotności różnic pomiędzy uzyskanymi wartościami NPU. Nie wykazano także wpływu procesu ekstruzji na wyznaczone wartości NPU. Z jednej strony wartości te mogą ulec zmniejszeniu, ze względu na reakcję lizyny z cukrami redukującymi (reakcje Maillarda), z drugiej natomiast może dojść do zniszczenia inhibitorów, które ograniczają trawienie białka. Wartość współczynnika NPU dla diety zawierającej surowe pszenżyto była niższa niż dla zawierającej ekstrudat pszenżytni, co może sugerować, że podczas ekstruzji prawdopodobnie uległy zniszczeniu obecne w surowym ziarnie substancje o charakterze inhibitorów [Singh i in., 2007].

W kolejnym doświadczeniu analizowano parametry ogólnozywieniowe i strawnościowe ekstrudatów pszenżytnich, żytnich i pszennych oraz surowego pszenżyta. Wpływ na strawność mogą mieć takie czynniki jak: skład chemiczny diety, sposób jej obróbki technologicznej, stopień rozdrobnienia, ilość zawartych w niej substancji niestrawnych, skład i ilość wydzielanych soków trawiennych, czy intensywność ruchów perystaltycznych [Gawęcki i Jeszka, 1995].

Tabela 4. Parametry ogólnozywieniowe i strawnościowe analizowanych diet

Rodzaj diety	Przyrost masy ciała		Wydajność wzrostowa diety [g/MJ]	Strawność pozorną [%]			
	[g/10 dni]	[%]		diety	białka	tłuszczu	sachary-ów
Kontrolna	26±4 ^b	7,6±0,4	9,7±0,8 ^c	78±0 ^a	77±1 ^b	82±3 ^c	83±1 ^a
Pszenżyto surowe	12±4 ^a	3,7±1,1	4,8±1,3 ^a	91±0 ^b	83±1 ^c	81±2 ^c	94±1 ^b
Pszenżyto ekstrudowane	22±8 ^{ab}	6,5±2,1	7,3±2,1 ^b	91±1 ^b	81±1 ^{bc}	76±2 ^b	93±1 ^b
Żyto ekstrudowane	16±4 ^{ab}	4,7±1,3	5,8±1,3 ^{ab}	89±1 ^b	73±2 ^a	73±5 ^a	92±1 ^b
Pszenica ekstrudowana	17±9 ^{ab}	5,2±2,8	5,5±2,3 ^{ab}	90±1 ^b	78±1 ^b	78±2 ^b	93±1 ^b

Różne litery w kolumnach wskazują na istotne statystycznie różnice (p<0,05)

Na podstawie uzyskanych wyników stwierdzono, że najwyższy przyrost masy ciała w ciągu całego doświadczenia odnotowano w grupie zwierząt karmionych ekstrudowanym pszenżytem (tab. 4). Również względny przyrost masy ciała i wydajność wzrostowa diety

z pszenżyta ekstrudowanego były najwyższe. Niższe wartości niż dla diet ekstrudowanych odnotowano w przypadku surowego pszenżyta.

Strawność pozorna wszystkich analizowanych diet była zbliżona (brak istotnych statystycznie różnic). Strawność zaś podstawowych jej składników była najwyższa dla surowego pszenżyta. Analiza statystyczna wykazała jednak, że istotne różnice występują tylko między strawnością pozorną białka i tłuszczu diet z surowego pszenżyta i ekstrudowanego żyta.

Analizując wpływ procesu ekstruzji na badane wyróżniki strawnościowe diety stwierdzono, że strawność pozorna białka, tłuszczu i węglowodanów diety z surowym pszenżytem jest wyższa w porównaniu do diety z pszenżytem ekstrudowanym. Różnice te są jednak istotne statystycznie tylko w przypadku strawności tłuszczu. W przypadku pozostałych różnic można mówić jedynie o trendzie. Niższa strawność pozorna tłuszczu prawdopodobnie wynika z faktu, że tłuszcze w drastycznych warunkach ekstruzji łączą się z frakcją amylozową skrobi, tworząc niedostępne dla enzymów trawiennych kompleksy [Bhatnagar i Hanna, 1994].

Analizując wpływ użytego do ekstruzji surowca, najwyższą strawność białka odnotowano w przypadku ekstrudatów pszenżytnich. W poprzednim doświadczeniu stwierdzono, że nieco wyższą wartość NPU odnotowano dla ekstrudatu żytniego. W tym przypadku stwierdzono jednak, że to właśnie z diety pszenżytniej więcej białka zostało strawione, a aminokwasy zostały wchłonięte. W niniejszym etapie strawność białka oznaczano na podstawie zawartości białka w diecie, ilości spożytej diety, ilości wydalonego kału i zawartości w nim białka.

Najwyższą strawność pozorną tłuszczu stwierdzono w przypadku ekstrudatu pszennego, nieznacznie niższą pszenżytniego, natomiast istotnie niższe wartości uzyskano w przypadku diety zawierającej ekstrudat żytni. Przyczyną tego prawdopodobnie jest większa niż w przypadku pszenicy i pszenżyta ilość frakcji rozpuszczalnych błonnika pokarmowego w diecie zawierającej żyto. Ziarno żyta bogate jest w arabinoksylany, główne składniki substancji pentozanowych [Michniewicz, 1995], które mogą ograniczać wchłanianie tłuszczu, poprzez wiązanie w świetle jelita soli kwasów żółciowych [Hasik i in., 1997].

Wnioski

1. Na podstawie przeprowadzonych badań *in vivo* nie wykazano istotnych różnic między oznaczonymi wartościami wskaźników NPU (wykorzystania białka netto) pszenżyta przed i po ekstruzji, jak również pomiędzy żytem i pszenżytem.
2. Analizując wpływ procesu ekstruzji na strawność diety z pszenżytem surowym i ekstrudowanym stwierdzono, że proces ten wpłynął na zmniejszenie strawności pozornej tłuszczu, nie wpłynął natomiast na strawność pozorną białka i sacharydów. Nie wykazano też wpływu ekstruzji na strawność pozorną diety. Proces ekstruzji natomiast istotnie wpłynął na zwiększenie wartości odżywczej, określonej jako wydajność wzrostowa diety.
3. Analizując wpływ ekstrudowanego rodzaju zboża wykazano, że dieta zawierająca ekstrudaty z pszenżyta charakteryzowała się najwyższą strawnością białka, natomiast z ekstrudatem pszennym najwyższą strawnością tłuszczu.

Praca naukowa finansowana ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego w ramach projektu badawczego nr 3669/B/P01/2009/37.

Literatura

Achremowicz B., Ceglińska A., Gambuś H., Haber T., Obiedziński M., Technologiczne wykorzystanie ziarna pszenżyta. *Postępy Techniki Przetwórstwa Spożywczego*, 2014, 1, 113-120.

Bhatnagar S., Hanna M.A., Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chemistry*, 1994, 71 (6), 582-586.

Chrenková M., Čerešňáková Z., Sommer A., Gálová Z., Králová V., Assessment of nutritional value in spelt (*Triticum spelta* L.) and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by chemical and biological methods. *Czech Journal of Animal Science*, 2000, 45, 133-137.

Gawęcki J., Jeszka J., *Żywnienie człowieka. Ćwiczenia*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1995.

Górny A.G., *Zarys genetyki zbóż. Tom. 2 Pszenżyto, kukurydza i owies*. Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań, 2005.

Haber T., *Studia porównawcze nad charakterystyką biochemiczną i technologiczną niektórych rodów Triticale wyhodowanych w Polsce w porównaniu z pszenicami i żytem*. SGGW-AR, 1979.

Hasik J., Dobrzańska A., Bartnikowska E., *Rola włókna roślinnego w żywieniu człowieka*, SGGW, 1997.

Łopaciuk W., *Światowy rynek zbóż. Rynek zbóż – stan i perspektywy*, 2011.

Lorenz K., Dildaver W., Lough J., Evaluation of triticale for the manufacture of noodles. *Journal of Food Science*, 1972, 37, 764-767.

Michniewicz J., *Pentozany w technologii zbóż*. Wydawnictwo Akademia Rolnicza, Poznań, 1995.

Obuchowski W., Banaszak Z., Makowska A., Łuczak M., Factors affecting usefulness of triticale grain for bioethanol production. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2010, 90, 2506-2511.

Onwulata C.I., Konstance R.P., Strange E.D., Smith P.W., Holsinger V.H., High-fiber snacks extruded from triticale and wheat formulations. *Cereal Foods World*, 2000, 45, 470-473.

Peña R.J., Food uses of triticale. W: Mergoum M i Gómez-Macpherson H (red.), *Triticale improvement and production*. FAO Plant production and protection paper 179, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2004, 37-49.

Piasecka-Kwiatkowska D., Madaj D., Warchalewski J.R., The biological activity of wheat, rye and triticale varieties harvested in four consecutive years. *Acta Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 2007, 5 (1), 55-66.

Rakowska M., Haber T., Baking Quality of winter triticale. In Proc. 2nd Int. Triticale Symp., Passo Fundo, Rio Grande do Sul, Brazil, 1991, 428-434.

Rakowska M., Szkiłłądziowa W., Kunachowicz H., Biologiczna wartość białka żywności. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1978.

Singh S., Gamlath S., Lara Wakeling L., "Nutritional aspects of food extrusion: a review. International Journal of Food Science & Technology, 2007, 42 (8), 2007, 916-929.

Skovmand B., Fox P.N., Villareal R.L., Triticale in commercial agriculture: progress and promise. Advances in Agronomy, 1984, 37, 1-45.

Tohver M., Kann A., Täht R., Mihhalevski A., Hakman J., Quality of triticale cultivars suitable for growing and bread-making in northern conditions. Food Chemistry, 2005, 89 (1), 125-132.

Tsvetkov M. Stoeva I., Bread making quality of winter hexaploid triticale (X Triticosecale Wittmack) in Bulgaria. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 2003, 9, 203-208.

Zieliński H., Achremowicz B., Przygodzka, M., Przeciwtleniacze ziarniaków zbóż. Żywność. Nauka, Technologia, Jakość, 2012, 1 (80), 5-26.