ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN-POLONIA
VOL. XIII, 28 SECTIO EE 1995

[1]Instytut Żywienia Zwierząt Wydziału Zootechnicznego Akademii Rolniczej w Lublinie
[2]Katedra Inżynierii Procesowej Wydziału Techniki Rolniczej Akademii Rolniczej w Lublinie

Antoni LIPIEC[1], Ryszard K. PISARSKI[1], Zbigniew RZEDZICKI[2]

Wpływ ekstruzji nasion łubinu i bobiku oraz ziarna owsa i jęczmienia na zmiany podstawowego składu chemicznego ze szczególnym uwzględnieniem zmian w składzie włókna pokarmowego

Effect of Extrusion-Cooking of Lupine, Horse Bean, Oat and Barley on Their Chemical Composition with Particular Regard to Dietary Fibre Composition

Ekstruzja surowców paszowych stała się w ostatnich latach jedną z podstawowych metod uszlachetniania pasz (8, 9, 10). W surowcach poddawanych temu procesowi w wyniku jednoczesnego oddziaływania temperatury i ciśnienia dochodzi do istotnych zmian w jakościowym składzie chemicznym. Zmiany te dotyczą praktycznie wszystkich składników organicznych. W piśmiennictwie zwraca się jednak głównie uwagę na skład jakościowy białek oraz skrobi. Mało jest natomiast badań nad wpływem ekstruzji na zmiany składu włókna pokarmowego. Składnik ten zawiera potencjalnie duże ilości energii, a także ma wpływ na wykorzystanie innych składników pokarmowych.

Celem badań było ustalenie wpływu ekstruzji wybranych pasz wysokobiałkowych i zbóż na zmiany ich składu chemicznego i zawartości frakcji we włóknie pokarmowym.

MATERIAŁ I METODY

Procesowi ekstruzji poddano po trzy różne próby nasion bobiku i łubinu żółtego oraz po trzy próby ziarna owsa i jęczmienia. Surowce rozdrabniano na rozdrabniaczu bijakowym, stosując sita o średnicy 6 mm i 3 mm. Po 3 godz. suszenia w temp. 105°C surowce nawilżano do wilgotności 19% i kondycjonowano przez okres 12 godz. Proces ekstruzji przeprowadzono na dwuślimakowym ekstruderze typu S2-9/4,5, stosując następujący rozkład temperatur cylindra: strefa I-100°C, strefa II-140°C, strefa III-170°C, strefa IV-200°C oraz głowica 140°C. Stosowano matrycę 3 x 6 mm, o łącznym przekroju 84,78 mm^2 oraz obroty ślimaka - 90/min. Ekstruderat suszono do wilgotności 10% i rozdrabniano na rozdrabniaczu bijakowym stosując sita o średnicy 3 mm.

W pełnych ziarnach i nasionach jak też w ekstruderatach oraz w samych łuskach i materiale obłuszczonym oznaczono: popiół surowy, białko ogólne, ekstrakt eterowy, włókno surowe oraz włókno pokarmowe. Oznaczenia w łuskach i materiale obłuszczonym przeprowadzono wyłącznie w celach porównawczych.

Oznaczenia składu włókna pokarmowego przeprowadzono metodą detergentową (3) oraz enzymatyczną (2). Szczegółowy opis metody enzymatycznej podany został we wcześniejszej pracy (6). Wyniki poddano analizie statystycznej przy zastosowaniu jednoczynnikowej analizy wariancji.

Wartość energetyczną badanych pasz oszacowano na podstawie równań Sibbalda i Slingera (11).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Ekstruzja badanych nasion i ziaren nie wpłynęła istotnie na zawartość białka ogólnego i popiołu surowego. Oznaczone w ekstruderatach z bobiku i owsa wyższe ilości białka ogólnego w porównaniu ze śrutami nie zostały potwierdzone statystycznie. Stwierdzono natomiast istotny spadek zawartości tłuszczu oraz niektórych frakcji włókna pokarmowego w suchej masie, a w konsekwencji zmiany zawartości związków bezazotowych wyciągowych (tab. 1).

Tab. 1. Skład chemiczny pasz (w % suchej masy)
Chemical composition of feeds (in % of DM)

Pasza	Forma paszy	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BAW
Łubin	śruta	4,02	33,44	7,65A	16,44a	38,45A
	bielmo	4,33	42,07	6,96	2,05	44,59
	łuski	3,51	7,26	2,54	34,21	52,48
	ekstruderat	3,87	33,17	4,12B	13,81b	45,03B
Bobik	śruta	3,27	29,61	1,19A	8,46a	57,47a
	bielmo	3,66	32,12	1,33	0,91	61,98
	łuski	4,12	18,00	1,00	35,44	41,44
	ekstruderat	3,35	30,96	0,61B	5,72b	59,36a
Jęczmień	śruta	2,16	12,14	2,29a	3,49a	79,92a
	bielmo	1,44	10,59	1,86	1,58	84,53
	łuski	4,09	4,94	1,99	21,23	67,75
	ekstruderat	2,22	11,49	2,30a	3,10a	80,89a
Owies	śruta	2,66	10,55	5,23a	9,16a	72,40a
	bielmo	2,04	13,30	6,76	2,50	75,40
	łuski	3,00	2,87	2,01	39,22	52,90
	ekstruderat	2,61	11,62	4,75b	6,89b	74,13a

a, b-istotne różnice w obrębie poszczególnych pasz dla $p \leq 0,05$; A, B - wysokoistotne różnice w obrębie poszczególnych pasz dla $P \leq 0,01$.

Zmiany te były szczególnie wyraźnie widoczne (różnice statystycznie wysokoistotne) w nasionach łubinu i bobiku. Zawartość tłuszczu w ekstruderacie z łubinu zmniejszyła się o 46% w stosunku do nasion, a w ekstruderacie z bobiku aż o 49%. W ekstruderatach ze zbóż spadek zawartości tłuszczu stwierdzono jedynie w owsie (o 9%).

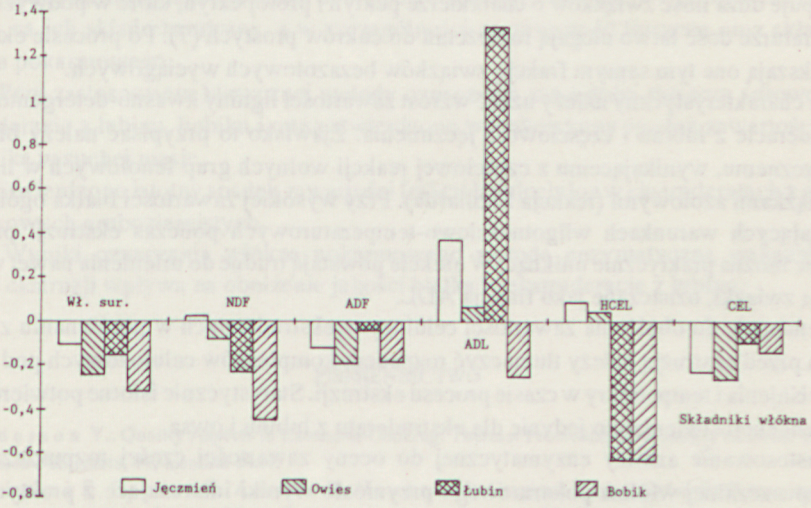
O zmianach zawartości frakcji lipidowej w ekstruderatach donosi wielu badaczy. W czasie obróbki termicznej metodą ekstruzji notowano spadek zawartości tłuszczu nawet o 60-70% (4, 5), co jest zgodne z wynikami prezentowanymi w pracy. Zmian tych nie należy utożsamiać ze stratami tłuszczu. W czasie procesów termicznych lipidy wchodzą bowiem w reakcję z amylozą i białkami, tworząc kompleksy lipidowo-amylozowe i lipidowo-białkowe. Kompleksy te są odporne na działanie rozpuszczalników niepolarnych. Część lipidów wiązana jest drogą mechanicznego wtapiania w struktury skrobiowo-białkowe. Nie ulegają one działaniu rozpuszczalników polarnych i mogą być rozbite np. pod wpływem działania enzymów lub hydrolizy kwaśnej.

Zaobserwowana w niniejszych badaniach niewielka ilość związanych lipidów w ekstruderacie z owsa wpłynęła ujemnie na przebieg ekstruzji. Wolny tłuszcz utrudnia bowiem przebieg procesu, stąd owies ekstruduje się źle i słabo ekspanduje. Obserwacje te zbieżne są z doświadczeniami Andersona (1).

Tab. 2. Skład chemiczny włókna pokarmowego (% suchej masy)
Chemical composition of dietary fibre (% of DM)

Pasza	Forma paszy	Włókno surowe	NDF	ADF	ADL	HCEL	CEL	IDF[1]	SDF[2]	DF[3]
Łubin	śruta	16,44a	25,58a	17,31a	0,6a	8,27A	16,71a	30,02A	5,61	35,63A
	bielmo	2,05	10,44	7,54	1,41	2,90	6,13	no	no	no
	łuski	34,21	45,15	35,98	0,74	9,17	35,24	no	no	no
	ekstruderat	13,81b	19,48b	16,44a	1,40b	3,04B	15,04b	55,78B	ślad	5,78B
Bobik	śruta	8,46a	25,83A	10,53a	4,40a	15,30A	6,13a	29,22A	3,66	32,08A
	bielmo	0,91	8,09	3,07	0,43	5,02	2,64	no	no	no
	łuski	35,44	39,07	37,90	2,33	1,17	35,57	no	no	no
	ekstruderat	5,72b	14,14B	8,53b	3,27a	5,61B	5,26a	15,25B	ślad	15,25B
Jęczmień	śruta	3,49a	15,19a	4,90a	0,84a	10,29a	4,06a	20,98a	8,04	29,02A
	bielmo	1,59	12,10	2,27	0,81	9,83	1,46	no	no	no
	łuski	21,23	62,49	27,89	3,33	34,60	24,56	no	no	no
	ekstruderat	3,10a	15,45a	4,27a	1,15a	11,18a	3,12a	17,66b	ślad	17,66B
Owies	śruta	9,16a	23,95a	13,03a	2,58a	10,92a	10,45a	25,61a	3,91	29,52A
	bielmo	2,50	18,32	8,82	2,45	9,50	6,37	no	no	no
	łuski	39,22	73,85	36,54	7,18	37,31	29,36	no	no	no
	ekstruderat	6,89b	21,84a	10,46b	2,74a	11,38a	7,72b	22,00b	ślad	22,00B

a, b-istotne różnice w obrębie poszczególnych pasz dla $p \leq 0,05$; A, B - wysokoistotne różnice w obrębie poszczególnych pasz dla $P \leq 0,01$; 1) część nierozpuszczalna włókna pokarmowego, oznaczonego metodą enzymatyczną, 2) część rozpuszczalna włókna pokarmowego, oznaczonego metodą enzymatyczną, 3) całkowita ilość włókna pokarmowego, oznaczonego metodą enzymatyczną



Ryc. 1. Zmiany zawartości składników włókna pokarmowego
Changes in the content of dietary fibre ingredients

Tab. 3. Wartość energetyczna pasz, MJ EM/kg s. m.
Energetic value of feeds, MJ ME/kg D. M.

	Łubin	Bobik	Jęczmień	Owies
Śruta	12,47	11,64	14,27	13,18
Bielmo	14,70	14,58	14,90	14,43
Łuski	9,05	9,48	5,94	4,23
Ekstruderat	13,00	13,51	14,23	13,45

Zupełnie inaczej zachowuje się śruta łubinowa. W czasie ekstruzji lipidy ulegają związaniu, stąd spadek wolnego tłuszczu prawie o 50%. Łubin poddaje się bardzo łatwo ekstruzji, nawet na ekstruderze jednoślimakowym, co jest zupełnie niemożliwe w przypadku owsa.

W odniesieniu do włókna surowego statystycznie istotny spadek zawartości tego składnika odnotowano we wszystkich ekstruderatach z wyjątkiem jęczmienia, natomiast tendencję spadkową obserwowano we wszystkich badanych próbkach ekstruderatów.

Zaobserwowane zmiany w zawartości włókna surowego nie odzwierciedlają jednak zmian w składzie jakościowym składników strukturalnych wchodzących w skład włókna. Zakres tych zmian charakteryzuje tab 2 oraz ryc. 1.

Zarówno zmiany zawartości NDF, jak też ADF potwierdzają spadek zawartości składników strukturalnych w próbach pasz po ekstruzji. Zakres tych zmian jest jednak bardzo zróżnicowany i zależny przede wszystkim od rodzaju ekstrudowanej paszy.

Uwagę zwraca ponad 60% spadek zawartości frakcji hemiceluloz w ekstruderatach z nasion łubinu i bobiku w stosunku do materiału wyjściowego. Zjawiska tego nie stwierdzono natomiast w ekstrudowanych zbożach. Spadek frakcji hemiceluloz spowodowany był najprawdopodobniej tym, że w składzie węglowodanowym zarówno bobiku, jak i łubinów występuje duża ilość związków o charakterze pektyn i protopektyn, które w podwyższonej temperaturze dość łatwo ulegają rozłożeniu do cukrów prostych (7). Po procesie ekstruzji powiększają one tym samym frakcję związków bezazotowych wyciągowych.

Za charakterystyczny należy uznać wzrost zawartości ligniny kwaśno-detergentowej w ekstruderacie z łubinu i częściowo z jęczmienia. Zjawisko to przypisać należy błędowi analitycznemu, wynikającemu z częściowej reakcji wolnych grup fenolowych w ligninie ze związkami azotowymi (reakcja Maillarda). Przy wysokiej zawartości białka ogólnego i sprzyjających warunkach wilgotnościowo-temperaturowych podczas ekstruzji procesu tego nie można praktycznie uniknąć. W efekcie powstają trudne do utlenienia nawet w 72% H_2SO_4 związki, oznaczane jako frakcja ADL.

Tendencję do obniżenia zawartości celulozy w ekstruderatach w porównaniu z materiałem przed ekstruzją należy tłumaczyć rozpadem kompleksów celulozowych pod wpływem ciśnienia i temperatury w czasie procesu ekstruzji. Statystycznie istotne potwierdzenie tych tendencji stwierdzono jedynie dla ekstruderatu z łubinu i owsa.

Zastosowanie analizy enzymatycznej do oceny zawartości części rozpuszczalnej i nierozpuszczalnej włókna pokarmowego przyniosło wyniki interesujące z praktycznego punktu widzenia. Zgodnie z oczekiwaniami zawartość włókna nierozpuszczalnego (IDF) oraz całkowitego (DF) była niższa w ekstruderatach aniżeli w śrutach. Wyjątek stanowił ekstruderat z łubinu, w którym zawartość tych składników wzrosła aż o ponad 50%.

Aby wykluczyć błąd analityczny, pomiar zawartości włókna metodą enzymatyczną w ekstruderacie łubinowym powtórzono trzykrotnie. We wszystkich przypadkach uzyskano zbliżone wyniki. Stwierdzono przy tym ponad wszelką wątpliwość, że przyczyną tego stanu rzeczy były zmiany w składzie białka ekstruderatu z łubinu. Proteaza bakteryjna, zastosowana zgodnie z oryginalną metodyką do hydrolizy tego białka (2), nie była w stanie go rozłożyć. Nadmienić należy, że ze względu na wysoką zawartość tłuszczu w łubinie (dotyczy to także owsa) zarówno śrutę, jak też ekstruderat odtłuszczano. Nie można jednak wykluczyć, że część tłuszczu związana trwale z białkiem, o czym wspomniano już wcześniej, działała osłaniająco i skutecznie blokowała działanie proteazy. Można przypuszczać, że podobny proces blokowania enzymów proteolitycznych może zachodzić także w przewodzie pokarmowym. Tłumaczyłoby to do pewnego stopnia dość słabe wyniki tuczu brojlerów kurzych po zastosowaniu ekstruderatu łubinowego w doświadczeniu przeprowadzonym przez autorów niniejszej pracy (8).

Na uwagę zasługuje także zanik frakcji rozpuszczalnej włókna pokarmowego po procesie ekstruzji. Potwierdzałoby to wcześniejsze spostrzeżenia co do spadku zawartości hemiceluloz oznaczanych metodą detergentową. Jednakże w przypadku metody enzymatycznej zjawisko to zaobserwowano we wszystkich paszach poddanych ekstruzji. Potwierdza to opinię, że metody detergentowe, podobnie jak klasyczna metoda włókna surowego, nie pozwalają na uchwycenie wszystkich składników włókna pokarmowego.

Wartość energetyczna śrut i ekstruderatów, obliczona na podstawie równań regresji dla drobiu, nie wykazała istotnych różnic w koncentracji energii (tab. 3). Jak wynika jednak z danych o hydrolizie białka w ekstruderacie z łubinu, ten sposób szacowania wartości energetycznej ekstruderatów ma niewielkie znaczenie praktyczne.

WNIOSKI

1. Proces ekstruzji nasion łubinu, bobiku oraz ziarna jęczmienia i owsa wywiera istotny wpływ na ich skład chemiczny, a w szczególności na zawartość tłuszczu oraz składniki włókna pokarmowego.

2. Przy zastosowaniu klasycznej metody oznaczania zawartości tłuszczu surowego w ekstruderacie z łubinu, bobiku i owsa stwierdzono wysokoistotny spadek zawartości tego składnika w suchej masie.

3. Stwierdzono istotny spadek zawartości frakcji hemiceluloz w ekstruderatach z nasion motylkowych gruboziarnistych.

4. Wyniki oznaczania włókna pokarmowego metodą enzymatyczną wskazują, że proces ekstruzji wpływa na obniżenie jakości białka w ekstruderacie z łubinu.

PIŚMIENNICTWO

1. Anderson Y.: Quality Aspects in Extrusion-Cooking. Thermal Processing and Quality of Food. Elsevier Science Publishers, 79, London 1984.
2. Arrigoni E., Caprez Z., Amado R., Neukon H.: Gravimetric Method for the Determination of Insoluble and Soluble Dietary Fibres. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 178, 1984.
3. Goering H. K., Van Soest P. J.: Forage Fiber Analysis. USDA Agricultural. Handbook, nr 379, 1970.
4. Guzman L. B., Lee T. C., Chichester C. O.: Lipid Binding During Extrusion Cooking. Food Extrusion Science & Technology. Marcel Dekker Inc., 427, New York 1992.

5. Ho C. T., Izo M. T.: Lipid-Protein and Lipid-Carbohydrate Interactions During Extrusion. Food Extrusion Science & Technology. Marcel Dekker Inc., 415, New York 1992.
6. Lipiec A.: Porównanie metod enzymatycznych z metodą detergentową oznaczania zawartości włókna i jego frakcji w łuskach prosa i soi. Rocz. Nauk Rol., (B), 108, 1/2, 1992.
7. Lipiec A., Pisarski R.: Substancje antyżywieniowe w paszach. Med. Wet., 50, 4, 1994.
8. Mościcki L., Wójcik S., Pisarski R., Rzedzicki Z.: Ekstrudowane nasiona łubinu i bobiku w żywieniu kurcząt rzeźnych. Biul. Infor. Przem. Pasz., 25, 4, 1986.
9. Mościcki L., Wójcik S., Wideński K., Dzirba L.: Ekstrudowany bobik jako substytut soi w żywieniu prosiąt. Biul. Infor. Przem. Pasz., 25, 4, 1986.
10. Pisarski R. K.: Wpływ postaci fizycznej owsa i jęczmienia oraz dodatku tłuszczu do mieszanek na skład chemiczny mięśni kurcząt brojlerów. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio EE, vol. X, Lublin 1992.
11. Sibbald I. R., Slinger S. J.: Factors Affecting the Metabolizable Energy Content of Poultry Rations. H. Acclimatization to Change of Diet. Poult. Sci., 42, 1963.

SUMMARY

Three different samples of horse bean and yellow lupine seeds and three samples of oats and barley underwent a process of extrusion-cooking.

Extrusion of those seeds and grains did not have any significant effect on the content of crude protein and crude ash. The content of fat in the lupine extruderate decreased by 46% comparing to its seeds, and in the horse bean extruderate it decreased by 49%. Decrease in the content of fat in the extruderates of grains was observed only in oats (by 9%). It was caused by a solid combination of fat with protein and carbohydrates.

A significant decrease in the content of hemicellulose fraction was determined in the extruderates of lupine and horse bean. The results of determining dietary fibre with the enzymatic method indicate that the extrusion-cooking process decreases the quality of protein in lupine extruderate.