ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN-POLONIA
VOL. XIV, 33 SECTIO EE 1996

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

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

Wpływ zróżnicowanej wilgotności nasion i temperatury podczas ekstruzji na skład chemiczny ekstruderatów z łubinu żółtego

Effect of Differentiated Moisture of Seeds as Well as Extrusion-Cooking Temperature upon the Composition of Yellow Lupine Extrudates

Ekstruzja znajduje coraz większe zastosowanie w przetwórstwie żywności i pasz. Wytwarzanych jest w ten sposób wiele produktów spożywczych, różnego rodzaju suche karmy dla zwierząt domowych oraz pasze dla zwierząt użytkowych. Dla tych ostatnich ekstruduje się głównie zboża i nasiona motylkowatych grubonasiennych. W piśmiennictwie z tego zakresu wskazuje się jednak na to, że ekstruzja może niekiedy powodować szereg niekorzystnych zmian w składzie chemicznym pasz, jak np. zmniejszenie zawartości tłuszczu czy wartości biologicznej białka itp. (12). Zmiany te powodowane są najczęściej nieodpowiednim dobraniem warunków procesu ekstruzji danego surowca. Z tych względów za cel pracy postawiono sobie określenie wpływu stopnia uwilgocenia surowca oraz temperatury podczas ekstruzji na podstawowy skład chemiczny ekstruderatów. Badania prowadzono na nasionach łubinu żółtego – białkowej paszy krajowej, wykorzystywanej coraz szerzej jako substytut białka sojowego w mieszankach dla świń i drobiu.

MATERIAŁ I METODY

Łubin żółty odmiany Iryd poddano ekstruzji w Katedrze Inżynierii Procesowej Wydziału Techniki Rolniczej w Lublinie. Surowiec rozdrabniano dwukrotnie na rozbijaczu bijakowym, stosując sita o średnicy 6 mm i 3 mm. W rozdrobnionych próbach stabilizowano zawartość suchej masy w temp. 105°C przez okres 3 godz. Na 4 godz. przed ekstruzją próby nawilżano w mieszarce bębnowej, tak aby uzyskały założony poziom wilgotności, tj.: 15,0, 19,5 oraz 25,0%.

Proces ekstruzji prowadzono w ekstruderze dwuślimakowym 2S-9/5 produkcji ZMCH Metalchem Gliwice. W czasie ekstruzji stosowano stałą liczbę obrotów ślimaków (60 obr./min), matrycę o 2 otworach o średnicy 6 mm każdy oraz trzy różne profile rozkładu temperatur cylindra. Parametry ekstruzji podaje tab. 1.

Najniższy profil temperatur (wariant A) dobrano tak, aby nastąpiło żelowanie skrobi. Temperatury w wariantach B odpowiadały najczęściej stosowanym w przetwórstwie pasz, natomiast temperatury w wariantach C były najwyższymi możliwymi do osiągnięcia na zastosowanym ekstruderze. Ekstruderaty chłodzono i dosuszano w temperaturze pokojowej do wilgotności około 12%.

Zarówno w śrucie, jak też ekstruderatach oznaczono podstawowy skład chemiczny oraz składniki włókna pokarmowego, tj.: włókno neutralno-detergentowe (NDF), włókno kwaśno-detergentowe (ADF), celulozę (CEL), hemicelulozy (HCEL) i ligninę kwaśno-detergentową (ADL). Oznaczenia składu włókna pokarmowego przeprowadzono metodą detergentową opracowaną przez Goeringa i Van Soesta (2).

Tab. 1. Parametry ekstruzji prób łubinu żółtego
Parameters of yellow lupine samples extrusion-cooking

Wariant (%)	Wilgotność (°C)	Profil temperatur cylindra
A1	15,0	
A2	19,5	80/100/120/100/100 °C
A3	25,0	
B1	15,0	
B2	19,5	100/130/160/150/120 °C
B3	25,0	
C1	15,0	
C2	19,5	110/160/200/180/140 °C
C3	25,0	
K - kontrola	śruta łubinowa	

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Zgodnie z oczekiwaniami zarówno właściwości fizyczne, jak i skład chemiczny ekstruderatów były zależne od warunków procesu ekstruzji. Ekstruderaty A miały budowę zwartą, z wyraźnymi porami i stopniem „ekspandowania promieniowego" około 4 (stosunek przekroju poprzecznego cząstek ekstruderatu do średnicy otworu matrycy).

Warunki zastosowane w wariancie B spowodowały, że materiał w czasie opuszczania matrycy tracił zwartą strukturę i był rozrywany na drobne kawałki. W ekstruderatach C zjawisko to jeszcze bardziej nasilało się, w wyniku czego ekstruderaty przyjmowały postać granulatu o wyglądzie trocin.

Ekstruzja badanych nasion nie wpłynęła na zawartość białka ogólnego i popiołu surowego w ekstruderatach (tab. 2). We wszystkich bez wyjątku ekstruderatach stwierdzo-

Tab. 2. Skład chemiczny ekstruderatów z łubinu żółtego (% s.m.)
The chemical composition of yellow lupine extruderates (% of d.m.)

Wariant	Popiół surowy	Białko ogólne	Tłuszcz surowy	Włókno surowe	BAW
A1	4,35	46,01	2,95	14,16	32,53
A2	4,45	45,11	3,23	12,89	34,32
A3	4,35	44,94	3,60	13,18	33,93
Średnio	4,38	45,35	3,26	13,41	33,60
B1	4,48	44,85	3,85	12,49	34,33
B2	4,28	46,74	3,71	13,24	32,03
B3	4,44	48,01	3,55	12,17	31,83
Średnio	4,40	46,53	3,70	12,60	32,77
C1	4,34	45,17	3,65	13,06	33,78
C2	4,42	46,54	3,36	13,23	32,45
C3	4,51	47,55	3,53	12,31	32,10
Średnio	4,42	46,42	3,51	12,87	32,78
Kontrola	4,58	45,37	4,07	15,04	30,94

no mniejsze ilości tłuszczu surowego w porównaniu z nasionami nie poddanymi ekstruzji. Największy, bo 27%, spadek zawartości tłuszczu surowego oznaczono w wariancie A2. O zmianach zawartości tłuszczu surowego w ekstruderatach donosi wielu autorów (1, 3, 5). W czasie obróbki termicznej metodą ekstruzji obniżenie zawartości tej frakcji może dochodzić nawet do 50–70% (1, 3). Wynika to z faktu, że pod wpływem czynników termicznych, wilgotnościowych i ciśnieniowych lipidy wchodzą w reakcję z amylozą i białkami. Tworzą się wówczas kompleksy lipidowo-amylozowe i lipidowo-białkowe, które nie ulegają rozpuszczeniu podczas tradycyjnej ekstrakcji związków tłuszczopodobnych rozpuszczalnikami niepolarnymi.

We wszystkich ekstruderatach odnotowano wyraźny spadek zawartości włókna surowego w porównaniu ze śrutą. Najmniej tego składnika oznaczono w ekstruderatach B3, C1 i B1 (odpowiednio 12,17; 12,13 i 12,49% s.m.). Zakres tych zmian podano w tab. 3.

Tab. 3. Wpływ temperatury i wilgotności podczas ekstruzji na zawartość włókna pokarmowego (% s.m.)
The effect of extrusion-cooking temperature and moisture upon the content of dietary fibre (% of d.m.)

Wariant	NDF	ADF	ADL	CEL	HCEL
A1	25,66	19,39	1,71	17,68	6,27
A2	23,90	18,47	0,90	17,57	5,43
A3	27,60	19,56	1,08	18,48	8,04
Średnio	25,72	19,14	1,23	17,91	6,58
B1	22,58	19,58	1,41	18,17	3,00
B2	22,74	21,00	2,44	18,56	1,74
B3	23,01	20,91	3,83	17,08	2,10
Średnio	22,78	20,50	2,56	17,94	2,28
C1	25,13	22,70	4,55	18,15	2,43
C2	24,63	21,55	3,84	17,71	3,08
C3	23,95	19,54	2,98	16,56	4,41
Średnio	24,57	21,26	3,79	17,47	3,31
Kontrola	25,73	21,24	1,50	19,74	4,49

We wszystkich badanych kombinacjach stwierdzono zmiany w zawartości NDF. Najmniejsze wartości w stosunku do kontroli (25,73% s.m.) zanotowano w wariantach B (B1 - 22,58; B2 - 22,74; B3 - 23,01% s.m.).

Uwagę zwracają również odwrotnie proporcjonalne do temperatury ekstruzji zmiany koncentracji ADF. Najmniejszą zawartość ADF odnotowano w ekstruderatach A.

We wszystkich wariantach B oraz C1 i C2 oznaczono o około 50% mniej hemiceluloz w porównaniu z kontrolą. W wariantach A natomiast odnotowano wzrost zawartości tej frakcji i to aż o 80% (A3) w porównaniu ze śrutą nie przetworzoną. Guzman i wsp. (1) podają, że wysoka temperatura powoduje rozpad pektyn i protopektyn, w wyniku czego oznaczane są one we frakcji cukrów łatwo hydrolizujących, tj. związków bezazotowych wyciągowych (1, 5, 7).

O ile przyczyny mniejszej zawartości hemiceluloz w wariantach B i C wydają się oczywiste, to wyjaśnienie wzrostu zawartości tej frakcji włókna w wariantach A nastręcza pewne problemy. Zjawisko to miało prawdopodobnie związek z procesem żelowania

skrobi, chociaż jej ilość w łubinie żółtym jest niewielka i nie przekracza 6–8% suchej masy. W określonych warunkach baro-termicznych otrzymuje się skrobię odporną na hydrolizę, tzw. *resistant starch* (13). Tak zmodyfikowana skrobia jest oporna również na działanie termostabilnej alfa-amylazy i z tego względu należałoby ją zaliczyć do frakcji włókna pokarmowego. Nie można zatem wykluczyć, że część skrobi poddanej procesowi żelowania w wariantach A mogła być oporna na działanie roztworu neutralnego detergentu i tym samym została oznaczona we frakcji hemiceluloz. Świadczyłoby to również o gorszej podatności tej frakcji na rozkład enzymatyczny w środowisku przewodu pokarmowego zwierząt. Zmiany w zawartości hemiceluloz wskazują na możliwość regulowania zawartości tej frakcji włókna pokarmowego przez dobór warunków ekstruzji.

Stwierdzono wzrost zawartości frakcji lignin w ekstruderatach, zwłaszcza wytworzonych w wysokiej temperaturze. Największe ilości lignin oznaczono w ekstruderatach C3, C2 i C1 (o 98, 156 i 200% większe niż w śrucie nieekstrudowanej). Jednocześnie zanotowano w wariantach A2, A3 i B1 zmniejszenie ilości ADL w porównaniu ze śrutą (odpowiednio o 40, 28 i 6%).

Wzrost zawartości lignin należy łączyć z powstawaniem produktów Maillarda (4, 5). Między grupami fenylowymi w ligninie, aminokwasami i związkami amidowymi tworzą się trwałe połączenia, odporne nie tylko na działanie enzymów, ale również silnych utleniaczy, jak np. 72% H_2SO_4 — stosowany do utleniania celulozy podczas oznaczania lignin kwaśno-detergentowej.

Odnotowane zmiany w zawartości frakcji włókna pokarmowego miały zauważalny wpływ na ilość pozostałych węglowodanów łatwo hydrolizujących, określanych w analizie weendeńskiej jako związki bezazotowe wyciągowe (BAW). Na ogół proces ekstruzji wpływał dodatnio na zawartość tej grupy cukrów.

Wielu badaczy donosi także o zmianach w strukturze białek w surowcach poddawanych ekstruzji przy nieomal nie zmienionej zawartości białka ogólnego (8, 9, 12). Największe straty w wyniku procesów termicznych występowały w zawartości lizyny, aczkolwiek odnotowano także niewielkie ubytki histydyny, treoniny, fenyloalaniny i tryptofanu. Przy dużej zawartości białka i w określonych warunkach termicznych i wilgotnościowych tych, destrukcyjnych z żywieniowego punktu widzenia, procesów trudno uniknąć. Mogą one prowadzić do znacznego zmniejszenia wartości odżywczej białka. Zatem zmiany zawartości frakcji ADL w ekstruderatach w stosunku do materiału wyjściowego mogłyby być wykorzystywane w ocenie wartości biologicznej białka w ekstruderatach (5).

Z analizy wszystkich uzyskanych danych wynika, że proces ekstruzji ma wyraźny i wielokierunkowy wpływ na skład chemiczny nasion łubinu. Negatywnym skutkiem ekstruzji tej paszy jest powstawanie stosunkowo trwałych kompleksów tłuszczu, białka i węglowodanów. Kompleksy te mogą w praktyce ograniczyć użyteczność pokarmową pasz (6, 10). Sugestię tę zdają się potwierdzać wcześniejsze badania autorów pracy, przeprowadzone na kurczętach brojlerach (11). Kurczęta żywione ekstruderatem łubinowym uzyskiwały gorsze wyniki produkcyjne w porównaniu z grupami kontrolnymi.

PIŚMIENNICTWO

1. 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.
2. Goering H. K., Van Soest P. J.: Forage Fiber Analysis. USDA Agricultural Handbook, nr 379, 1970.
3. 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.
4. Jamroz J., Rogalski J.: Determinanty wartości żywieniowej ekstrudatów. Post. Nauk Rol., 61–76, 1, 1994.
5. Lipiec A., Pisarski R. K., Rzedzicki Z.: Wpływ ekstruzji nasion łubinu i bobiku oraz ziarna owsa i jęczmienia na zmiany podstawowego składu chemicznego ze szczególnym uwzględnieniem zmian w składzie włókna pokarmowego. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio EE, vol. XIII, Lublin 1995.
6. Lipiec A., Pisarski R., Kondzielska L., Adamski K.: Zastosowanie ekstruderatu z łubinu żółtego w mieszankach dla kurcząt brojlerów. Mat. III Ogólnopol. Sesja Łubinowa, Poznań 1995.
7. Lipiec A., Pisarski R.: Substancje antyżywieniowe w paszach. Med. Wet., 50, 4, 1994.
8. Lempka A., Kasperek M.: Związki chemiczne produktów spożywczych. PWN, Warszawa 1977.
9. Mościcki L.: Zmiany w surowcach roślinnych poddawanych procesowi ekstruzji. Post. Nauk Rol., 91–104, 5, 1982.
10. Mościcki L., Wójcik S., Pisarski R., Rzedzicki Z.: Ekstrudowane nasiona łubinu i bobiku w żywieniu kurcząt rzeźnych. Biul Inf. Przem. Pasz., 21, 4, 1986.
11. Pisarski R. K., Wójcik S.: Użyteczność nasion łubinu żółtego i bobiku w żywieniu kurcząt rzeźnych. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio EE, vol. VI, Lublin 1988.
12. Roszkowski W.: Optymalizacja wartości odżywczej i ocena przydatności żywieniowej nowych preparatów białkowych przeznaczonych do stosowania w żywieniu człowieka. Wyd. SGGW-AR, Warszawa 1990.
13. Siljestrom M., Westerlund E., Bjorck I., Holm J., Asp N. G., Theander O.: The Effects of Various Thermal Processes on Dietary Fibre and Starch Content of Whole Grain and White Flour. J. Cereal Sci., 315, 4, 1986.

SUMMARY

Extrusion-cooking was performed in the twin-screw extrusion-cooker 2S-9/5. Three profiles of barrel temperature were applied: A - 80/100/120/100/100; B - 100/130/160/150/120; C - 110/160/200/180/140°C. Within each profile of temperature the moisture of yellow lupine seeds was altered as follows: A1/B1/C1 = 15%; A2/B2C2 = 19,5%; A3/B3/C3 = 25% of dry matter.

The established parameters of extrusion-cooking did not affect crude protein and crude ash content significantly. On the other hand, ether extract was influenced by the feedstuff moisture; with the moisture decreasing the fat content was lowering, probably because of creating persistent complexes with proteins and carbohydrates.

The content of crude fibre was lower in every variant examined. It was noted that extruderates A and B contained less hemicellulose, whereas A variant extruderate contained more of this fibre fraction. Besides, the content of lignin was also higher, probable due to the creation of non-soluble Maillard products.