

JAKOŚĆ TŁUSZCZU W EKSTRUDATACH ŁUBINOWYCH W ZALEŻNOŚCI OD WARUNKÓW EKSTRUZJI

Bożena Kiczorowska, Antoni Lipiec

Streszczenie: Badano wpływ stopnia nawilgocenia nasion łubinów białego i żółtego (15, 20 i 25%) oraz trzech profili temperatur (80/100/120/100/100°C; 100/130/160/150/120°C; 110/160/200/180/140°C) na zmiany zawartości kwasów tłuszczowych w tłuszczu surowym podczas ekstruzji w ekstruderze dwuślimakowym.

Ekstruzja nie miała wpływu na zawartość niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (C 18:2 i C 18:3) oraz sumę nienasyconych kwasów tłuszczowych (NKT). Stwierdzono jednak zmiany w składzie jakościowym NKT. Największe straty we wszystkich ekstrudatach odnotowano w zawartości C 20:1 (30-70%) oraz C 16:1 (około 50%) w ekstrudatach z łubinu żółtego. W ekstrudatach z łubinu żółtego oznaczono również mniej nasyconych kwasów tłuszczowych (NasKT) niż w śrucie surowej. Najbardziej wrażliwe na warunki ekstruzji były kwasy: C16, C18 i C22. W ekstrudatach z łubinu białego zawartość NasKT była porównywalna z zawartością w nasionach surowych.

Słowa kluczowe: łubiny, ekstruzja, kwasy tłuszczowe

WSTĘP

Ilościowe i jakościowe zmiany w składzie tłuszczu produktów ekstrudowanych są przedmiotem licznych badań [Artz i in. 1992, Bhatnagar i Hanna 1994 a, b, Rzedzicki 1996]. Na ogół uważa się, że część frakcji tłuszczowej tworzy podczas ekstruzji trwałe kompleksy z innymi składnikami pokarmowymi, co powoduje pozorne zmniejszenie zawartości tłuszczu surowego, oznaczanego metodą ekstrakcji rozpuszczalnikami niepolarnymi. Natomiast wpływ ekstruzji na skład jakościowy tłuszczu jest kontrowersyjny. Krótki czas oddziaływania czynnika termicznego nie powinien mieć – zdaniem części autorów – zasadniczego wpływu na zmianę profilu kwasów tłuszczowych [Rzedzicki 1996, Wicklund i Magnus 1997].

Ze względu na to, że jakość tłuszczu ma duże znaczenie dietetyczne i wpływa na trwałość produktów, wytworzone w różnych warunkach termiczno-wilgotnościowych ekstrudaty łubinowe [Kiczorowska i Lipiec 2002] poddano badaniom pod kątem zmian w profilu kwasów tłuszczowych.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Szczegółowe warunki techniczne wytwarzania ekstrudatów z łubinów białego (odmiana 'Iryd') oraz żółtego (odmiana 'Bardo') podano w części I pracy [Kiczorowska i Lipiec 2002]. Czynnikiem różnicującym skład jakościowy ekstrudatów łubinowych były: początkowa wilgotność nasion (15, 20 i 25%) oraz temperatura procesu (80/100/120/100/100°C; 100/130/160/150/120°C; 110/160/200/180/140°C).

Zawartość kwasów tłuszczowych w tłuszczu surowym oznaczano metodą chromatografii gazowej w następujących warunkach oznaczania:

– aparat: GLC – Perkin-Elmer (1975), kolumna kapilarna – dł. 6f; Ø 0,25'', wypełnienie – 10% EGSS-X, GAS-CHROM Q (100/120 mesh), detektor FID, gaz – azot, przepływ 40ml/min,

– temperatury: kolumna – 180, iniektor – 240, detektor – 270°C.

WYNIKI

Nasiona łubinu białego, w porównaniu z żółtym, charakteryzowały się nie tylko wyższą zawartością tłuszczu surowego [Kiczorowska i Lipiec 2002], ale także odmiennym profilem kwasów tłuszczowych (tab. 1-2). W tłuszczu łubinu białego oznaczono o 12% więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych. Wprawdzie stosunek nienasyconych kwasów tłuszczowych (NKT) do nasyconych (NasKT) w nasionach łubinu białego wynosił 9:1, a w łubinie żółtym tylko 4:1, to jednak suma niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (linolowy+linolenowy – NNKT) w tłuszczu łubinu żółtego była ponad dwukrotnie większa. Podkreślić przy tym należy, że we wszystkich wytworzonych ekstrudatach, niezależnie od stosowanych warunków ekstruzji, zawartość NNKT nie ulegała istotnym zmianom.

Ekstruzja nie miała również znaczącego wpływu na sumaryczny udział NKT w tłuszczu, ale ich profil – szczególnie w ekstrudatach z łubinu żółtego – ulegał zmianom. Dotyczyło to w szczególności kwasów oleopalmitynowego i gadoleinowego. Straty kwasu oleopalmitynowego w tłuszczu ekstrudatów z łubinu żółtego wynosiły średnio ponad 50%, podczas gdy w ekstrudatach z łubinu białego jego zawartość nie zmieniła się. Zawartość kwasu gadoleinowego uległa zmniejszeniu we wszystkich bez wyjątku ekstrudatach, chociaż i wtedy straty w produktach z łubinu żółtego były największe – od 30 do 70%.

Tłuszcz ekstrudatów z łubinu żółtego charakteryzował się również mniejszą, w porównaniu ze śrutą surową, ilością nasyconych kwasów tłuszczowych, szczególnie w produktach uzyskanych z nasion o wyższej wilgotności. Najbardziej wrażliwy na warunki ekstruzji był kwas palmitynowy, w mniejszym zaś stopniu stearynowy i behenowy. Wydaje się, że w ekstrudatach dochodziło także do strat kwasu laurynowego, jednak ze względu na niewielką ilość tego kwasu (w granicach czułości użytego do oznaczeń chromatografu) wyniki nie są pewne, mimo wykazania statystycznie istotnych różnic.

Produkty z łubinu białego charakteryzowały się natomiast porównywalną lub wyższą w stosunku do śruty ilością NasKT. Na zwiększenie zawartości tej grupy kwasów miał wpływ głównie kwas behenowy, którego zawartość w tłuszczu śruty surowej wynosiła około 0,14%, a w ekstrudatach osiągnęła poziom powyżej 1,5%. Warto przy tym zaznaczyć, że najmniejszą zawartość NasKT stwierdzono, podobnie jak w ekstrudatach z łubinu żółtego, w produktach wytworzonych z nasion o najwyższej wilgotności.

Tabela 1. Zawartość kwasów tłuszczowych w ekstraktach z łubinu żółtego, % tłuszczu surowego
Table 1. The fatty acids content in yellow lupine extrudates, % of ether extract

Czynnik doświadczalny Experimental factor	C 12	C 14	C 16	C 16:1	C 18	C 18:1	C 18:2	C 18:3	C 20:1	C 20:2	C 22	NKT	NNKT*	NasKT	
															Wilgotność, % Moisture, %
15	0,05 ^a	0,37	8,85 ^a	0,24 ^b	2,02	23,65	46,80	5,49	0,79 ^b	0,56	4,92	77,53	52,29	16,21 ^a	
	±0,02	±0,13	±2,15	±0,07	±0,68	±0,98	±2,98	±1,67	±0,95	±0,18	±1,02	±2,42	±2,11	±2,19	
20	0,04 ^{ab}	0,34	6,15 ^b	0,18 ^b	1,90	24,56	48,77	5,52	0,82 ^b	0,51	4,22	80,36	54,29	12,65 ^b	
	±0,01	±0,17	±0,61	±0,07	±0,67	±1,11	±2,98	±1,11	±0,36	±0,18	±0,47	±2,76	±2,38	±0,77	
25	0,02 ^b	0,26	6,68 ^b	0,20 ^b	2,04	24,35	48,78	6,29	0,71 ^b	0,58	4,22	80,31	55,07	13,22 ^b	
	±0,01	±0,15	±0,73	±0,09	±0,59	±0,85	±2,29	±1,42	±0,37	±0,23	±0,59	±1,75	±1,99	±1,52	
Sruta surowa Raw seeds	0,04 ^{ab}	0,25	9,76 ^a	0,43 ^a	2,06	22,49	46,47	6,83	2,00 ^a	0,71	4,35	78,83	53,30	16,56 ^a	
	±0,01	±0,04	±0,20	±0,06	±0,04	±0,08	±0,78	±0,03	±0,10	±0,05	±1,07	±0,69	±0,68	±0,93	
	Temperatura, °C Temperature, °C														
80/100/120/100/100	0,04 ^a	0,28	6,76	0,27 ^b	1,74	24,26 ^b	48,68	5,70	1,38 ^a	0,55	3,89 ^a	80,84	54,38	12,71 ^b	
	±0,01	±0,19	±1,14	±0,05	±0,54	±1,22	±3,81	±1,53	±0,54	±0,20	±0,28	±2,93	±2,45	±2,12	
100/130/160/150/120	0,04 ^a	0,34	7,80	0,20 ^{bc}	2,36	23,42 ^a	46,69	6,15	0,63 ^b	0,58	4,22 ^a	77,67	52,84	14,76 ^b	
	±0,01	±0,16	±2,84	±0,06	±0,51	±0,81	±1,85	±1,29	±0,43	±0,19	±0,58	±2,76	±2,00	±3,10	
110/160/200/180/140	0,02 ^b	0,36	7,12	0,15 ^c	1,85	24,87 ^b	48,97	5,44	0,30 ^b	0,56	5,24 ^b	80,29	54,41	14,59 ^b	
	±0,02	±0,09	±0,44	±0,07	±0,70	±0,29	±2,15	±1,49	±0,09	±0,22	±0,68	±1,04	±2,01	±0,97	
Sruta surowa Raw seeds	0,04 ^a	0,25	9,76	0,43 ^a	2,06	22,49 ^a	46,47	6,83	2,00 ^a	0,71	4,35 ^{ab}	78,83	53,30	16,56 ^a	
	±0,01	±0,04	±0,20	±0,06	±0,04	±0,08	±0,78	±0,03	±0,10	±0,05	±1,07	±0,69	±0,68	±0,93	

a, b, c – P ≤ 0,05.

*NNKT = (C 18:2 + C 18:3).

NKT – nienasycone kwasy tłuszczowe.

NasKT – nasycone kwasy tłuszczowe.

NKT – unsaturated fatty acids.

NasKT – saturated fatty acids.

Tabela 2. Zawartość kwasów tłuszczowych w ekstraktach z łubinu białego, % tłuszczu surowego
 Table 2. The fatty acids content in white lupine extrudates, % of ether extract

Czynnik doświadczalny Experimental factor	C 12	C 14	C 16	C 16:1	C 18	C 18:1	C 18:2	C 18:3	C 20:1	C 20:2	C 22	NKT	NNKT*	NasKT
15	0,01	0,12	7,47	0,34	1,91	55,82 ^b	16,28	6,19	4,26 ^b	0,38 ^{ab}	1,29 ^b	86,15 ^{ab}	22,47	10,79 ^{ab}
	±0,01	±0,02	±0,16	±0,02	±0,11	±1,85	±0,48	±0,10	±1,98	±0,06	±0,92	±0,91	±0,61	±0,91
	0,02	0,09	7,59	0,32	1,82	56,97 ^{ab}	16,59	4,72	4,47 ^b	0,28 ^b	1,63 ^b	85,87 ^b	21,31	11,15 ^b
25	±0,01	±0,17	±0,13	±0,09	±0,16	±1,68	±0,73	±2,30	±1,87	±0,02	±1,13	±1,15	±1,12	±1,16
	0,01	0,11	7,25	0,34	1,74	55,09 ^b	15,85	6,34	5,92 ^{ab}	0,35 ^b	0,85 ^{ab}	87,02 ^{ab}	22,19	9,97 ^a
	±0,01	±0,03	±0,19	±0,04	±0,04	±0,78	±0,19	±0,08	±0,28	±0,06	±0,90	±1,01	±0,21	±1,00
Śruta surowa Raw seeds	0,01 ±0,01	0,12 ±0,00	7,35 ±0,00	0,33 ±0,00	1,84 ±0,01	57,54 ^a ±0,07	16,20 ±0,06	6,84 ±0,04	6,17 ^a ±0,01	0,47 ^a ±0,01	0,14 ^a ±0,01	87,55 ^a ±0,02	23,04 ±0,09	9,45 ^a ±0,02
80/100/120/100/100	0,01	0,08	7,37	0,33	1,90	56,58 ^a	16,32	4,81	4,70 ^{ab}	0,40 ^a	0,88 ^{ab}	86,74	21,13	10,23
	±0,01	±0,01	±0,30	±0,01	±0,15	±1,97	±0,67	±2,34	±2,05	±0,03	±1,27	±1,55	±1,56	±1,56
	0,01	0,11	7,57	0,37	1,74	56,64 ^a	16,66	6,34	4,30 ^b	0,23 ^b	1,55 ^b	86,01	23,00	10,97
100/130/160/150/120	±0,01	±0,03	±0,10	±0,04	±0,10	±1,15	±0,41	±0,24	1,99	±0,02	±0,76	±0,81	±0,43	±0,80
	0,02	0,13	7,37	0,32	1,83	54,66 ^b	15,75	6,10	5,65 ^{ab}	0,38 ^a	1,34 ^b	86,28	21,85	10,68
	±0,01	±0,01	±0,11	±0,08	±0,1	±0,90	±0,16	±0,19	±0,29	±0,02	±0,90	±0,78	±0,20	±0,76
Śruta surowa Raw seeds	0,01 ±0,01	0,12 ±0,00	7,35 ±0,00	0,33 ±0,00	1,84 ±0,01	57,54 ^a ±0,07	16,20 ±0,06	6,84 ±0,04	6,17 ^a ±0,01	0,47 ^a ±0,01	0,14 ^a ±0,01	87,55 ±0,02	23,04 ±0,09	9,45 ±0,02

a, b, c - P ≤ 0,05.

*NNKT = (C 18:2 + C 18:3).

NKT – nienasycone kwasy tłuszczowe.

NasKT – nasycone kwasy tłuszczowe.

NKT – unsaturated fatty acids.

NasKT – saturated fatty acids.

DYSKUSJA

Typowym zjawiskiem podczas ekstruzji jest pozorne zmniejszanie się zawartości tłuszczu surowego w ekstrudowanych surowcach roślinnych. Zjawisko to, opisywane w licznych badaniach [Bhatnagar i Hanna 1994 a, b, 1996, Gonzales i Perez 2002, Rajawat i in. 2000, Sang i Seung-Taik 1998, Rzedzicki 1996], wystąpiło szczególnie wyraźnie w ekstrudatach z łubinu żółtego. Z żywieniowego punktu widzenia proces ten jest ważny, gdyż związany w kompleksy tłuszcz jest mniej podatny na trawienie w przewodzie pokarmowym, a więc zmniejsza się przez to wartość energetyczna produktu końcowego.

Ze względów dietetycznych daleko większe znaczenie mają zmiany w składzie jakościowym tłuszczu. Znamienne jest, że w prezentowanych badaniach największe różnice w profilu kwasów tłuszczowych stwierdzono także w ekstrudatach z łubinu żółtego. Wydaje się, że zmiany te nie były wynikiem, jak podają niektórzy autorzy [Artz i in. 1992], saturacji nienasyconych kwasów tłuszczowych – katalizowanej przez metale z obudowy cylindra ekstrudera, chociaż nie można tego jednoznacznie wykluczyć. Wskazuje to raczej na wpływ wspomnianego już, częściowego kompleksowania tłuszczu surowego.

Porównując skład tłuszczu ekstrudatów z obu odmian łubinów można przyjąć, że zakres zmian w profilu kwasów tłuszczowych zależy przede wszystkim od właściwości fizykochemicznych ekstrudowanego surowca, w tym głównie od bezwzględnej zawartości tłuszczu, a w dalszej kolejności od zastosowanych warunków ekstruzji. Addytywne oddziaływanie tych czynników może powodować zatem różne, w zależności od surowca, skutki. Tym też należy tłumaczyć często przeciwstawne poglądy [Bhatnagar i Hanna 1994 a, b, 1996, Kim i in. 2001] na temat zmian w zawartości kwasów tłuszczowych w wyniku ekstruzji.

Wśród czynników technologicznych, największy wpływ na zmiany w profilu kwasów tłuszczowych miała wilgotność surowca. Wysoka, powyżej 20%, wilgotność nasion łubinów sprzyjała nie tylko procesowi kompleksowania tłuszczu, ale także prowadziła do ograniczenia zawartości nasyconych kwasów tłuszczowych. Największą podatność na zmiany składu tłuszczów stwierdzono w ekstrudatach z łubinu żółtego, charakteryzujące się najmniejszą zawartością frakcji tłuszczowej. Wyniki te potwierdzają pogląd [Rzedzicki 1996, Wicklund i Magnus, 1997], że surowce o niskiej zawartości tłuszczu są narażone w znacznie większym stopniu na zmiany w składzie chemicznym pod wpływem ekstruzji. Łączyć to należy zarówno z wydłużeniem czasu tranzytu masy roślinnej przez ekstruder, jak również relatywnie zwiększonymi procesami kompleksowania tłuszczów z białkami i cukrowcami.

Z prac prowadzonych z zastosowaniem różnych surowców roślinnych wynika, że podczas ekstruzji najczęściej dochodzi do zmian w zawartości kwasów mirystynowego, palmitynowego, stearynowego oraz oleinowego i linolowego [Bhatnagar i Hanna 1994 a, Kim i in. 2001]. W badaniach własnych największe zmiany obserwowano w zawartości kwasu palmitynowego w łubinie żółtym. Natomiast warto w tym miejscu podkreślić, że wbrew oczekiwaniom ekstruzja nie spowodowała strat w zawartości kwasów linolowego i linolenowego.

WNIOSKI

1. Zakres zmian w profilu kwasów tłuszczowych w ekstrudatach łubinowych zależy przede wszystkim od zawartości tłuszczu surowego w suchej masie surowca, w mniejszym zaś stopniu od zastosowanych warunków technologicznych procesu.

2. Przy niskiej zawartości tłuszczu (łubin żółty) zmniejsza się istotnie zawartość kwasów nasyconych oraz niektórych kwasów nienasyconych, głównie C 16:1 i C 20:1.

3. Ekstruzja nasion łubinów żółtego i białego nie ma wpływu na zmiany zawartości niezbędnych nienasyconych kwasów tłuszczowych (linolowego i linolenowego).

4. Wśród zastosowanych czynników technologicznych procesu jedynie podwyższenie zawartości wody w nasionach powyżej 15% prowadziło do zmniejszenia zawartości kwasów nasyconych w ekstrudatach.

PIŚMIENNICTWO

- Artz W.E., Rao S.K., Saver R.M., 1992. Lipid Oxidation in Extruded Products During Storage as affected by Extrusion Temperature and Selected Antioxidants. *Food Sci. Technol.*, 449.
- Bhatnagar S., Hanna M.A., 1994 a. Amylose-lipid complex formation during single-screw extrusion of various corn starches. *Cereal Chem.*, 71, 582-587.
- Bhatnagar S., Hanna M.A., 1994 b. Extrusion processing conditions for amylose-lipid complexing. *Cereal Chem.*, 71, 587-593.
- Bhatnagar S., Hanna M.A., 1996. Starch-stearic acid complex development within single and twin screw extruders. *J. Food Sci.*, 61 (4), 774-782.
- Gonzalez Z., Perez E., 2002. Evaluation of lentil starch modified by microwave irradiation and extrusion cooking. *Food Res. Int.*, 35, 415-420.
- Kiczorowska B., Lipiec A., 2002. Jakość białka w ekstrudatach łubinowych w zależności od warunków ekstruzji. Część I. *Acta Sci. Pol. Technologia Alimentaria* 1 (2).
- Kim W., Kim H.J., Lee S.H., Chang M.B., Maeng W.J., 2001. Study of caola seeds processing on nutrient disappearance and fermentation characteristics in the rumen. *J. Anim. Sci. Tech.*, 43 (6), 841-858.
- Rajawat, Prakrati, Kushwah, Ameeta, Kushwah H.S., 2000. Effect of extrusion cooking variables on biochemical composition of faba bean (*Vicia faba* L.). *J. Food Sci. Technol.*, 37 (4), 373-379.
- Rzedzicki Z., 1996. Studia nad procesem ekstruzji roślinnych surowców białkowych. *Ropr. Nauk. Kat. Inż. Proces. AR Lublin*, 187.
- Sang O.B., Seung-Taik L., 1998: Physical Properties of extruded strands of hydroxypropylated normal and high-amylose corn starch. *Cereal Chem.*, 75 (4), 449-454.
- Wicklund T., Magnus E.M., 1997. Effect of extrusion cooking on extractable lipids and fatty acid composition in sifted oat flour. *Cereal Chem.*, 74 (3), 326-329.

THE QUALITY OF FAT IN LUPINE EXTRUDATES ACCORDING TO THE PARAMETERS OF EXTRUSION-COOKING

Abstract: Effects of yellow and white lupine seeds conditioning (15, 20, 25%) and 3 temperature profiles (80/100/120/100/100°C; 100/130/160/150/120°C; 110/160/200/180/140°C) on the changes in fatty acids content in ether extract during extrusion-cooking in twin-screw unit were examined.

Extrusion-cooking had no effect on either essential fatty acids (C 18:2 and C 18:3) or the sum of UFA. On the other hand, some changes in qualitative content of FA were observed. The highest losses were noted with respect to C 20:1 (30-70%) and C 16:1 (about 50% compared to control) in yellow lupine extrudates. In the yellow lupine extrudates smaller amount SFA was established, compared to the rough ground. Specially susceptible to the extrusion-cooking conditions were C16, C18 and C22. In the white lupine extrudates the content of SFA was comparable to these of untreated seeds.

Key words: lupine, extrusion-cooking, fatty acids

*B. Kiczorowska, Instytut Żywienia Zwierząt, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin, tel. 081 445-69-15
e-mail: Zdunek@ursus.ar.lublin.pl
A. Lipiec, Instytut Żywienia Zwierząt, Akademia Rolnicza w Lublinie, ul. Akademicka 13, 20-033 Lublin, tel. 081 445-67-29*