

Alicja Kawka

Akademia Rolnicza w Poznaniu

Lipidy ziarna jęczmienia — zawartość, rozmieszczenie i skład frakcyjny

Słowa kluczowe: lipidy jęczmienia, lipidy niepolarne, lipidy polarne, kwasy tłuszczowe, lipidy skrobi

Lipidy, podobnie jak białka i sacharydy, są ważnym składnikiem ziarna zbóż. Mimo że występują one w stosunkowo niewielkiej ilości, to łącznie z węglowodanami stanowią główne składniki energetyczne ziarna roślin zbożowych. Duża różnorodność lipidów oraz łatwość ich przemian w roślinach powodują, że badając skład chemiczny lipidów w różnych okresach dojrzewania ziarniaków, uzyskuje się znaczne różnice w składzie chemicznym tych substancji. Przy zastosowaniu nowoczesnych metod chemii analitycznej, między innymi chromatograficznych, spektroskopowych itp., mamy możliwość głębszego i pełniejszego badania przemian lipidów zachodzących w organizmach roślinnych.

Z badań dotyczących lipidów ziarna jęczmienia wynika, że zarówno cechy dziedziczne, jak i warunki klimatyczne w czasie wegetacji rośliny mają istotny wpływ na ilość i skład frakcyjny lipidów występujących w różnych jego odmianach [15, 20, 21, 26, 29, 30, 31].

Ziarniaki zbóż, a zwłaszcza jęczmienia, żyta, pszenicy zawierają znacznie mniejsze ilości lipidów niż ziarniaki owsa, kukurydzy, sorga i prosa. Ziarniaki zbóż, w tym ziarniaki jęczmienia, zawierają głównie lipidy obejmujące grupy związków takich jak: acyloglicerole, kwasy tłuszczowe, glikolipidy, fosfolipidy oraz towarzyszące im w mniejszych ilościach sterole, karotenoidy, terpeny itp. W ziarniakach jęczmienia, podobnie jak w ziarniakach pszenicy czy kukurydzy, substancje lipidowe występują głównie w zarodku i warstwie aleuronowej w odróżnieniu od ziarna owsa, gdzie są one równomiernie rozmieszczone w całym ziarniaku.

Zawartość i rozmieszczenie lipidów

Z przeglądu piśmiennictwa światowego wynika, że dane dotyczące zawartości lipidów w ziarnie jęczmienia, ich składu frakcyjnego czy składu kwasów tłuszczowych pochodzą z badań prowadzonych na niewielkiej liczbie prób.

Zawartość lipidów w ziarniakach jęczmienia jest bardzo zróżnicowana i waha się w granicach od 1,9% do 4,6%. Dla form jęczmienia dwurzędowego i sześciorzędowego wartości te kształtują się odpowiednio w przedziale od 2,1 do 3,7% i 1,9 do 4,6% [2, 3, 5, 8, 17, 18, 23, 24, 25, 31]. Oscarsson i in. [22] podają, że w formach oplewionych i nagich jęczmienia zawartość lipidów jest zróżnicowana i waha się odpowiednio w granicach 2,1–3,1% i 2,1–3,7%. W genotypach jęczmienia o wysokiej zawartości amylozy zawartość lipidów jest wyższa niż w genotypach o wysokiej zawartości amylopektyny czy o normalnej ilości obu frakcji skrobiowych. Formy oplewione jęczmienia, o wysokiej zawartości frakcji amylozy, mają niższą zawartość lipidów niż formy nagie, o wysokiej zawartości frakcji amylozy.

Welch [30], badając odmiany ozime i jare jęczmienia, nie stwierdził pomiędzy nimi większego zróżnicowania w zawartości lipidów. Autor podaje, że zawartość lipidów kształtuje się w granicach 2,44–2,72% dla odmian ozimych i 2,55–2,87% dla odmian jarych.

Według danych Newman i Newman [18], spotyka się również odmiany jęczmienia, w których zawartość lipidów kształtuje się na poziomie 7%.

Parsons i Price [24], analizując próby ze światowej kolekcji odmian jęczmienia, wykazali, że w trzech genotypach jęczmienia zawartość lipidów waha się w granicach 4,0–4,6%. Jeden z nich — genotyp CI 12116 (4,6%) — zawiera o 35% więcej lipidów niż rolnicza odmiana Prilar (3,4%).

W ziarniakach jęczmienia, podobnie jak w ziarniakach pszenicy, substancje lipidowe występują głównie w zarodku i warstwie aleuronowej [4, 19, 23]. Pomimo zróżnicowania zawartości lipidów w różnych odmianach jęczmienia ich rozmieszczenie w poszczególnych częściach składowych ziarniaka jest podobne. W tabeli 1 przedstawiono zawartość lipidów w ziarniakach jęczmienia i jego częściach składowych na przykładzie odmiany Prilar. Stwierdzono, iż najwięcej lipidów występuje w

Tabela 1. Zawartość lipidów w ziarniakach jęczmienia i jego częściach składowych na przykładzie odmiany Prilar [26]

Części składowe ziarniaka jęczmienia	Zawartość lipidów [%]	Całkowita zawartość lipidów w ziarnie [%]
Ziarniak jęczmienia	3,2	
Łuska	2,4	5,0
Części otrębiaste i bielmo	2,8	77,1
Zarodek	19,6	17,9

zarodku (19,6%), natomiast w łusce (ang. hull), jak również w częściach otrębiastych i bielmie (ang. bran-endosperm) zawartość lipidów nie przekracza 3%. Części otrębiaste i bielmo, stanowiące ok. 87% masy ziarniaka, są głównym źródłem lipidów w ziarnie.

Lipidom ziarna zbóż towarzyszą w niewielkich ilościach substancje stanowiące tzw. frakcję niezmydlającą się lipidów [4, 12, 13, 18, 33]. Ze składników niezmydlających się lipidów jęczmienia należy wymienić: tokoferole, tokotrienole — homologi witaminy E, karotenoidy i produkty izoprenoidowe o korzystnych właściwościach zdrowotnych.

Skład frakcyjny lipidów

Lipidy jęczmienia zawierają 67–78% lipidów niepolarnych, 8–13% glikolipidów i 14–21% fosfolipidów [5, 25, 26]. Wśród wielu prac dotyczących lipidów jęczmienia niewiele jest informacji na temat frakcji lipidów niepolarnych i polarnych ziarna jęczmienia. W jęczmieniu, podobnie jak w innych zbożach, lipidy niepolarne stanowią główną frakcję lipidów i wzrost całkowitej zawartości lipidów w ziarniakach jęczmienia może nastąpić tylko przez wzrost tej frakcji [5, 26, 27].

Morrison [21] podaje, że do lipidów niepolarnych zalicza się lipidy eluowane z kolumn wypełnionych żelem krzemionkowym za pomocą eteru dietylowego lub chloroformu oraz lipidy eluowane podobnymi rozpuszczalnikami przy zastosowaniu chromatografii cienkowarstwowej. Lipidy niepolarne zawierają triacyloglicerole, mono- lub diacyloglicerole, wolne kwasy tłuszczowe, estry steroli i niekiedy glikolipidy o niskiej polarności. Określenie lipidy polarne odnosi się do wszystkich glikolipidów i fosfolipidów.

Z lipidów niepolarnych, frakcja triacyloglicerolowa (ok. 62%), o wysokim udziale kwasów tłuszczowych nienasyconych, dominuje w ziarnie jęczmienia. W mniejszych ilościach występują takie frakcje, jak: mono- lub diacyloglicerole (ok. 7%), sterologlikozydy (ok. 4%), sterole (3%), wolne kwasy tłuszczowe (ok. 5%). Price i Parsons [27] podają, że *sn*-1,2-diacyloglicerole i *sn*-1,3-diacyloglicerole stanowią odpowiednio 8,3% i 7,3% całkowitej zawartości lipidów niepolarnych ziarna jęczmienia.

W lipidach polarnych, monogalaktozylodiacylloglicerole i digalaktozylodiacylloglicerole jako frakcje glikolipidów stanowią odpowiednio 27–34% i 22–39% całkowitej zawartości lipidów polarnych występujących w ziarnie jęczmienia. W fosfolipidach dominującymi frakcjami są: fosfatydylocholina (ok. 52%), fosfatydyloinozytol (ok. 3%) i fosfatydyloetanoloamina (ok. 10%) [11, 26].

De Man i Vervenne [11] sugerują, że mniej lipidów polarnych, a więcej glikolipidów występuje w małych ziarniakach niż w dużych.

Zawartość lipidów niepolarnych i polarnych (glikolipidów i fosfolipidów) w ziarniakach jęczmienia i jego częściach składowych przedstawiono w tabeli 2. Z tabeli

Tabela 2. Zawartość lipidów w ziarniakach jęczmienia i jego częściach składowych [6, 26]

Części składowe ziarniaka jęczmienia	Lipidy niepolarne [%]	Glikolipidy [%]	Fosfolipidy [%]	Pozycja literatury
Ziarniak jęczmienia	74,9; 65,2 ^a	7,3; 25,6 ^a	17,8; 9,2 ^a	6
Łuska	75,9	18,2	5,9	26
Części otrębiaste i bielmo	64,4	12,5	23,1	26
Zarodek	75,8	6,4	17,8	26

^a Pierwsza wartość — odmiana Risø; druga wartość — odmiana Hiproly.

też wynika, iż frakcja lipidów niepolarnych dominuje we wszystkich elementach ziarniaka. Glikolipidy i fosfolipidy występują w mniejszych ilościach, a ich zawartość jest różna w poszczególnych częściach składowych ziarniaka. O ile zawartość glikolipidów w zarodku kształtuje się na poziomie ok. 6%, to ich zawartość wzrasta 2–3-krotnie odpowiednio w częściach otrębiastych i bielmie oraz łusce. Udział fosfolipidów w zarodku, w częściach otrębiastych i bielmie oraz łusce wynosi odpowiednio 17,8%, 23,1% i 5,9% całkowitej zawartości lipidów w ziarnie jęczmienia.

Skład kwasów tłuszczowych

W lipidach jęczmienia, podobnie jak w lipidach owsa, występują cenne z punktu żywieniowego kwasy tłuszczowe [13, 18, 33]. Według danych różnych autorów [6, 7, 9, 10, 18, 22, 25, 27, 30, 31], w lipidach ziarna jęczmienia zawartość kwasu mirystynowego (14 : 0) jest poniżej 1%; kwasu palmitynowego (16 : 0) waha się w granicach 17–28%; kwasu stearynowego (18 : 0) 0,6–2%; kwasu oleinowego (18 : 1, n-9) 10–23%; kwasu linolowego (18 : 2, n-6) 52–59%; kwasu linolenowego (18 : 3, n-3) 4–8%. Z wymienionych wyżej kwasów tłuszczowych w lipidach jęczmienia występują w największych ilościach: kwas linolowy (18 : 2, n-6), kwas palmitynowy (16 : 0) i kwas oleinowy (18 : 1, n-9). Nieznaczne różnicowania w całkowitej zawartości kwasów tłuszczowych występują w odmianach jarych i ozimych jęczmienia, a także są związane z wielkością ziarniaka [10, 11, 30].

Welch [30] podaje, że w odmianach ozimych jęczmienia występuje wyższa zawartość kwasu palmitynowego (16 : 0), kwasu stearynowego (18 : 0) i kwasu linolenowego (18 : 3, n-3), a niższa zawartość kwasu oleinowego (18 : 1, n-9) w porównaniu z ich zawartością w odmianach jarych. Natomiast zawartość kwasu linolowego (18 : 2, n-6) nie zmienia się zarówno w odniesieniu do odmian ozimych, jak i jarych.

De Man i Bruynell [10] sugerują, że wyższe wartości dla kwasu palmitynowego (16 : 0) i niższe dla kwasów: linolowego (18 : 2, n-6), linolenowego (18 : 3, n-3) mogą występować w większych ziarniakach jęczmienia.

Tabela 3. Skład kwasów tłuszczowych w lipidach niepolarnych i polarnych ziarna jęczmienia [25]

Fracje lipidów	Kwasy tłuszczowe [%]					
	14 : 0	16 : 0	18 : 0	18 : 1, n-9	18 : 2, n-6	18 : 3, n-3
Lipidy niepolarne	0,3–0,5	23,4–29,3	0,8–1,3	14,8–20,0	48,2–52,0	3,0–5,8
Lipidy polarne:						
glikolipidy	0,5–1,4	20,8–24,4	0,9–1,6	4,6–7,9	58,5–65,8	4,7–6,9
fosfolipidy	0,8–1,4	31,0–36,7	0,6–1,5	10,6–15,8	44,9–51,9	1,7–3,9

Skład kwasów tłuszczowych we frakcji lipidów niepolarnych i polarnych ziarna jęczmienia przedstawiono w tabeli 3. Z tabeli tej wynika, że w lipidach niepolarnych i polarnych występuje zróżnicowanie zawartości kwasu palmitynowego (16 : 0), kwasu oleinowego (18 : 1, n-9) i kwasu linolowego (18 : 2, n-6). W lipidach niepolarnych występuje niższa zawartość kwasu palmitynowego (16 : 0) i wyższa zawartość kwasu oleinowego (18 : 1, n-9) w porównaniu z ich zawartością w lipidach polarnych. We frakcji fosfolipidów udział kwasu palmitynowego (16 : 0) i kwasu oleinowego (18 : 1, n-9) jest wyższy niż we frakcji glikolipidów. O ile w lipidach niepolarnych i fosfolipidach zawartość kwasu linolowego (18 : 2, n-6) jest zbliżona, to jednak jest ona zdecydowanie wyższa we frakcji glikolipidów.

W lipidach jęczmienia znajduje się więcej nienasyconych kwasów tłuszczowych, takich jak: linolowy i linolenowy, niż w lipidach owsa [12, 16, 32].

Lipidy skrobi jęczmiennej

Lipidy skrobi jęczmiennej, podobnie jak lipidy innych skrobi zbożowych, stanowią ok. 1% masy skrobi zbożowej [4, 14, 21, 28]. W lipidach skrobi jęczmiennej występują lipidy niepolarne i lipidy polarne, jednak zawartość lipidów niepolarnych jest zdecydowanie niższa. W lipidach skrobi jęczmiennej zawartość lipidów niepolarnych i lipidów polarnych wynosi odpowiednio 0,09% i 1,0% w przeliczeniu na suchą substancję.

Acker i Becker [1] podają, że lipidy skrobi jęczmiennej są bogate w lizofosfatydylocholinę (62,5%), w mniejszych ilościach występują: lizofosfatydyloetanolamina (6,0%), wolne kwasy tłuszczowe (4,4%). W lipidach skrobi jęczmiennej występują następujące kwasy tłuszczowe: mirystynowy (14 : 0) — 1,7%; palmitynowy (16 : 0) — 45%; stearynowy (18 : 0) — 3,0%; oleinowy (18 : 1, n-9) — 9,0%; linolowy (18 : 2, n-6) — 33,6%; linolenowy (18 : 3, n-3) — 4,5%. Lizofosfatydylocholina, jako frakcja fosfolipidów, dominuje w lipidach skrobiowych jęczmienia i zawiera znaczne ilości kwasu palmitynowego (44,3%) i kwasu linolowego (45,6%). Pozostałe kwasy tłuszczowe, takie jak: mirystynowy, oleinowy, linolenowy, występują odpowiednio w ilościach: 0,5%, 3,8%, 4,1% w powyższej frakcji.

Podsumowanie

Zawartość lipidów w ziarniakach jęczmienia waha się w granicach 1,9–4,6%. W ziarniakach jęczmienia, podobnie jak w ziarniakach pszenicy, substancje lipidowe występują głównie w zarodku i warstwie aleuronowej. Pomimo zróżnicowania zawartości lipidów w różnych odmianach jęczmienia ich rozmieszczenie w poszczególnych częściach składowych ziarniaka jest podobne. Lipidy jęczmienia zawierają średnio 67–78% lipidów niepolarnych, 8–13% glikolipidów i 14–21% fosfolipidów. Z lipidów niepolarnych, frakcja triacylogliceroli dominuje w ziarnie jęczmienia. W lipidach ziarna jęczmienia występują w największych ilościach kwasy: palmitynowy (16 : 0) — około 20%, oleinowy (18 : 1, n-9) — około 16% i linolowy (18 : 2, n-6) — ponad 50%. Lizofosfatydylocholina stanowi 62,5% lipidów skrobiowych jęczmienia.

Literatura

- [1] Acker L., Becker G. 1971. Neuere Untersuchungen über die Lipide der Getreidestärken. Teil II. Die Lipide verschiedener Stärkearten und ihre Bindung an die Amylose. *Stärke* 23, 419–424.
- [2] Åman P., Hesselman K., Tilly A.C. 1985. Variation in the chemical composition of Swedish barleys. *J. Cereal Sci.* 4: 73–77.
- [3] Åman P., Newman C. W. 1986. Chemical composition of some different types of barley grown in Montana, USA. *J. Cereal Sci.* 4: 133–141.
- [4] Barnes P.J. 1983. Non-saponifiable lipids in cereals. W: *Lipids in Cereal Technology*. P.J. Barnes (red.), Academic Press, London: 33–55.
- [5] Bhatta R.S., Rosnagel B.G. 1979. Oil content of Risø 1508 barley. *Cereal Chem.* 56, 586.
- [6] Bhatta R.S., Rosnagel B.G. 1980. Lipids and fatty acid composition of Risø 1508 and normal barley. *Cereal Chem.* 57: 382–386.
- [7] Bhatta R.S. 1979. Distribution of lipids in embryo and bran-endosperm fractions of Risø1508 and Hiproly barley grains. *Cereal Chem.* 59: 154–155.
- [8] Bhatta R.S. 1992. Barley as human food. ICC/SCF International Symposium „Barley for food and malt”, September 7–10, Uppsala, Sweden: 88–92.
- [9] Bhatta R.S. 1993. Nonmalting uses of barley. W: *Barley: Chemistry and Technology*. A.W. MacGregor, R.S. Bhatta (red.), AACCC, St. Paul, MN, USA: 355–417.
- [10] De Man W., Bruynell P. 1987. Fatty acid content and composition in relation to grain size in barley. *Phytochemistry* 26: 1307–1310.
- [11] De Man W., Vervenne B. 1988. Lipid composition of barley in relation to grain size. *Phytochemistry* 27: 2037–2039.
- [12] Demčenko A.I., Olifson L. E., Nečaev A.P. 1969. Chimičeskij sostav masla vydelennovo iz jačmenja. *Maslo-Žirovaja Promyšlennost* 6: 11–13.
- [13] Drozdowski B. 1994. Lipidy. W: *Chemiczne i funkcjonalne właściwości składników żywności*. Z.E. Sikorski (red.), PWNT, Warszawa: 167–233.

- [14] Home S. 1992. Requirements of barley for malting. ICC/SCF International Symposium „Barley for food and malt”, September 7–10, 1992, Uppsala, Sweden: 106–110.
- [15] Grzesiuk S., Kulka K. 1988. *Biologia ziarniaków*. PWN, Warszawa.
- [16] Kawka A. 1995. Lipidy owsa. W: *Owies — chemia i technologia*. H. Gašiorowski (red.), PWRiL, Poznań: 77–85.
- [17] Nečaev A.P., Sandler Z.A. 1975. *Lipidy zerna*. Kołos, Moskva.
- [18] Newman C.W., Newman R.K. 1992. Nutritional aspects of barley as a food grain. ICC/SCF International Symposium „Barley for food and malt”, September 7–10, 1992, Uppsala, Sweden: 134–138.
- [19] Morrison W.R. 1978. Cereal lipids. W: *Advances in Cereal Science and Technology*. Vol.2. Y. Pomeranz, (red.) AACC, St. Paul, MN., USA: 221–348.
- [20] Morrison W.R., Gadan A.M. 1987. The amylose and lipid contents of starch granules in developing wheat endosperm. *J. Cereal Sci.* 5: 263–275.
- [21] Morrison W.R. 1993. Barley lipids. W: *Barley: Chemistry and Technology*. A.W. MacGregor R.S. Bhaty (red.), AACC, St. Paul, MN, USA: 199–246.
- [22] Oscarsson M., Andersson R., Salomonsson A.C., Åman P. 1996. Chemical composition of barley samples focusing on dietary fibre components. *J. Cereal Sci.* 24: 161–170.
- [23] Pomeranz Y. 1987. *Modern Cereal Science and Technology*. VCH Pub., Inc.
- [24] Parsons J.G., Price P.B. 1974. Search for barley (*Hordeum vulgare* L.) with higher lipid contents. *Lipids* 9: 804–808.
- [25] Price P.B., Parsons J.G. 1974. Lipids of six cultivated barley (*Hordeum vulgare* L.) varieties. *Lipids* 9: 560–566.
- [26] Price P.B., Parsons J.G. 1979. Distribution of lipids in embryonic axis, bran-endosperm and hull fractions of hullless barley and hullless oat grain. *J. Agric. Fd Chem.* 27: 813–814.
- [27] Price P.B., Parsons J.G. 1980. Neutral lipids of barley grain. *J. Agric. Fd Chem.* 28: 875–877.
- [28] Tester R.F., Morrison W.R. 1993. Swelling and gelatinization of cereals starches. VI. Starches from Waxy Hector and Hector barleys at four stages of grain development. *J. Cereal Sci.* 17: 11–18.
- [29] Tester R.F., South J.B., Morrison W.R., Ellis R.P. 1991. The effects of ambient temperature during grain-filling period on the composition and properties of starch from four barley genotypes. *J. Cereal Sci.* 12: 131–127.
- [30] Welch R.W. 1975. Fatty acid composition of grain from winter and spring sown oats, barley and wheat. *J. Sci. Fd Agric.* 26: 429–435.
- [31] Welch R.W. 1978. Genotypic variation in oil and protein in barley grain. *J. Sci. Fd Agric.* 29: 953–958.
- [32] Youngs V.L. 1986. Oat lipids and lipid related enzymes. W: *Oats: Chemistry and Technology*. F.H. Webster (red.), AACC, St. Paul, MN, USA: 205–226.
- [33] Ziemiański S., Budzyńska-Topolowska J. 1991. *Tłuszcze żywienia i lipidy ustrojowe*. PWN Warszawa.

Lipids of barley grain — content, distribution and fraction composition

Key words: barley lipids, non-polar lipids, polar lipids, fatty acids, starch lipids

Summary

Lipid contents in barley range from 1.9 to 4.6%. Lipids of barley kernel, similar to wheat kernel, are present in the embryo and the aleurone. Barley total lipids are comprised of 67–78% non-polar lipids (NL), 8–13% glycolipids (GL) and 14–21% phospholipids (PL). The principal lipid is triacylglycerol as the main component of the NL in barley kernel. Mono- and digalactosyldiglycerides are the major glycolipid components and phosphatidylcholine is the major phospholipid component. About 20% total fatty acids in barley kernel makes the palmitic acid; about 16%, oleic and more than 50%, linoleic acid. Lysophosphatidylcholine comprises 62.5% of barley starch lipids.

*Adres do korespondencji:
dr Alicja Kawka
Instytut Technologii Żywności Pochodzenia Roślinnego
Akademia Rolnicza
ul. Wojska Polskiego 31
60-624 Poznań*