

УДК 664.3.014

ЛЕЦИТИН ИЗ СЕМЯН ЛЬНА – ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

© А.А. Лютиков^{1*}, В.Ю. Маркина², Е.С. Конопленко³

¹ Санкт-Петербургский филиал Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии, наб. Макарова, 26, Санкт-Петербург, 199053, Россия, tokto@mail.ru

² ООО «Протеин Плюс», 5-я линия, 54А, Санкт-Петербург, 199004, Россия

³ ООО «Белагротерминал», ул. Логистическая, 4/15, Сморгонь, 231042, Республика Беларусь

Приведены результаты исследования фракционного и жирнокислотного состава льняного лецитина как перспективной физиологически активной пищевой добавки в сравнении с соевым, рапсовым и подсолнечным лецитинами. Экспериментальная партия лецитина была выпущена на маслоэкстракционном предприятии ООО «Белагротерминал» (Беларусь). Фосфолипидный и жирнокислотный состав фосфолипидов лецитина определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Показано, что в льняном фосфолипиде доля фосфатидилхолина составляет 45.0%, что близко к фосфолипидом из сои – 47.1%, и ниже, чем в рапсе и подсолнечнике – в среднем 56%. По содержанию фосфатидилэтаноламина льняной фосфолипид занимает лидирующую позицию – 22.7%, в остальных образцах эта фракция находится в диапазоне 7.1–10.9%. Фосфатидилинозитол в фосфолипидах льна находится на близком уровне с соевым и подсолнечным фосфолипидами – 28.7–32.3%, что несколько выше, чем в фосфолипидах из рапса – 23.9%. Жирнокислотный состав фосфолипидов льна характеризуется высоким содержанием полиненасыщенных жирных кислот и низким содержанием насыщенных жирных кислот. Полиненасыщенные жирные кислоты в составе льняных фосфолипидов составляют 53.3%, что в разы больше, чем соевом, рапсовом и подсолнечном фосфолипидах, в которых на долю полиненасыщенных жирных кислот приходится 2–4%. Насыщенные жирные кислоты в льняных фосфолипидах не превышают 18%, в других растительных фосфолипидах находится в диапазоне 52–58%. Подобные особенности состава фосфолипидов льняного лецитина делают этот продукт перспективным в фармакологии, диетологии, косметологии, а также в животноводстве, в частности в аквакультуре.

Ключевые слова: льняной лецитин, фосфолипиды, фракционный состав, жирнокислотный состав.

Для цитирования: Лютиков А.А., Маркина В.Ю., Конопленко Е.С. Лецитин из семян льна – химический состав и перспективы использования // Химия растительного сырья. 2025. №2. С. 399–406. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250215685>.

Введение

Льняное семя (*Linum usitatissimum* L.) – важный источник масла для пищевого, промышленного и фармацевтического применения, содержащего до 65% α -линоленовой жирной кислоты – АЛК (18:3-n3), что делает лён лидером по этому показателю среди растительного сырья. АЛК является незаменимой для человека и выступает предшественником физиологически значимых полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега-3 с очень длинной цепью ≥ 20 атомов углерода [1]. В питании человека АЛК способна нормировать концентрацию в крови холестерина ЛПНП (липопротеинов низкой плотности) и аполипопротеина В, связанных с риском развития сердечно-сосудистых заболеваний [2]. Повышение воздействия АЛК коррелирует с умеренно более низким риском сердечно-сосудистых заболеваний, особенно смерти от ишемической болезни сердца [3]. АЛК по своему механизму действия и физиологическому эффекту (менее выраженному) сопоставима с эйкозапентаеновой (ЭПК) и докозагексаеновой (ДГК) ЖК в вопросах борьбы с аритмией [4, 5], тромбозами [6], улучшении функции эндотелия [7] и подавлении воспалительных факторов [8]. Кроме того, АЛК является одной из наиболее часто встречающихся ПНЖК в нейрональной ткани животных [9].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Усвоение омега-3 ПНЖК из триацилглицеридов (ТАГ), составляющих основу растительных масел (до 95–98%), существенно ниже, чем из фосфолипидов (ФЛ) [10, 11]. Также n-3 ПНЖК в форме ФЛ более стабильны и устойчивы к окислительному разрушению по сравнению с жирными кислотами в форме ТАГ и этиловых эфиров (ЭЭ) [12–14]. Но самое главное, что среди различных молекулярных форм только форма ФЛ может успешно преодолевать гематоэнцефалический барьер и способна обогащать мозг ПНЖК [15–17].

Фосфолипиды в основном известны в качестве строительных блоков клеточных мембран почти у всех известных живых существ. Помимо своей роли в клеточной структуре, они играют важную роль в хранении ТАГ в маслах семян, участвуя в образовании масляных телец в ассоциации с белками олеозина [18, 19]. У животных ФЛ участвуют в образовании липопротеинов, которые транспортируют липиды к тканям через кровотоки. Некоторые метаболиты ФЛ служат важными молекулами в некоторых сигнальных системах. В последние годы все больше внимания уделяется благотворному влиянию ФЛ на здоровье человека и сельскохозяйственных животных, в т.ч. рыб.

Таким образом, фосфолипиды, выделенные из семян льна, могут выступать физиологически активным функциональным продуктом, содержащим в своем составе большое количество биодоступных ПНЖК.

В настоящей статье представлены результаты исследований фракционного и жирнокислотного состава продукта переработки льна под торговым названием «лецитин», в сравнении с другими коммерческими растительными лецитинами – рапсовым, соевым, подсолнечным, а также обсуждены потенциальные сферы использования нового экспериментального продукта.

Материал и методы исследования

В качестве объекта исследования был льняной лецитин, экспериментальная партия которого выпущена по ГОСТ 32052-2013 на маслоэкстракционном предприятии МЭЗ ООО «Белагротерминал» (Беларусь, г. Сморгонь), которое входит в холдинг ГК «Содружество» и является современным, специализированным предприятием для глубокой переработки масличных семян.

Схема получения льняного лецитина: водная гидратация экстракционного масла → центрифугирование влажного гидратационного осадка → вакуумная сушка влажного гидратационного осадка → охлаждение высушенной эмульсии (лецитин) → фасовка лецитина. Качество лецитина подтверждено протоколом лабораторных испытаний предприятия №48889 от 06.11.2023 г.

Химический анализ лецитина проводили в КубГТУ. Фосфолипидный состав лецитина определяли методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с УФ детектором (ВЭЖХ-УФ) – модифицированный AOCS Official Method Ja 7b-91, массовую долю жирных кислот определяли по ГОСТ 31663-2012 на хроматографе «Кристалл 2000» (Россия).

Результаты и обсуждение

Льняные фосфолипиды включают все основные классы, характерные для растительных масел. Их основным компонентом является фосфатидилхолин (ФХ) – 45.0% от суммы фракционного состава ФЛ, за которым следует фосфатидилинозитол (ФИ) – 28.7%; фосфатидилэтаноламин (ФЭ) – 22.7% и фосфатидные кислоты (ФК) – 3.6% (табл. 1).

Жирнокислотный состав льняных фосфолипидов характеризуется высоким содержанием ПНЖК – 53.3% от суммы ЖК, являющихся доминирующим классом ЖК, которые представлены АЛК – 26.7% и ЛК – 26.6%. На МНЖК, представленные олеиновой кислотой C18:1-n9, приходится 24.8%, на НЖК (пальмитиновую и стеариновую) 17.9% (табл. 2).

Анализ литературных источников указывает на значительную вариабельность фракционного состава ФЛ, полученных из семян льна. В работе Teneva et al. [21] доля ФХ в исследованных образцах ФЛ льна находилась в диапазоне 41–43%, ФИ – 19–27%, что сопоставимо с нашими данными, однако доля ФЭ в два раза ниже, чем в нашем исследовании – 8–13%. По данным Herchi et al. [22], содержание ФХ в льняных фосфолипидах находится на невысоком уровне – не более 18%, ФИ – 29–32%, ФЭ – 27–40%. По мнению автора, значительная вариабельность фракционного состава ФЛ льна может быть связана с процессом развития льняного семени. Другими очевидными причинами могут являться сорт семян, климатические условия выращивания и др.

Вероятно, эти же факторы влияют на вариабельность жирнокислотного состава ФЛ, который, по данным Teneva et al. [21], во всех классах ФЛ льна представлен в основном НЖК и МНЖК с преобладанием пальмитиновой (до 60%) и олеиновой (до 30%) ЖК соответственно. В нашем образце преобладающими являются ПНЖК, составляющие в сумме более 50%, что соответствует содержанию этих кислот в продуктах жировой переработки семян льна – 35–65% [23].

Сравнительный анализ льняного и других растительных лецитинов указывает на сопоставимое количество ФХ с соевым ФЛ – 45.0 и 47.1% соответственно, что несколько ниже, чем в рапсовом и подсолнечном ФЛ, в которых доля ФХ составляет в среднем 56% (табл. 1). По содержанию ФЭ льняной ФЛ занимает лидирующую позицию – 22.7%, в остальных образцах эта фракция находится в диапазоне 7.1–10.9%. ФИ в ФЛ льна находится на близком уровне с соевым и подсолнечным ФЛ – 28.7–32.3%, что несколько выше, чем в ФЛ из рапса – 23.9%. На долю ФК в льняном ФЛ приходится 3.6%, что значительно меньше, чем в остальных сравниваемых продуктах – 5.7–9.7%.

Жирнокислотный состав ФЛ из льна характеризуется высоким содержанием ПНЖК и низким содержанием НЖК (табл. 2). ПНЖК в составе льняного ФЛ составляет 53.3%, АЛК – 26.7%, что в разы больше, чем соевом, рапсовом и подсолнечном ФЛ, в которых на долю ПНЖК приходится 2–4%, АЛК – 2–3%. НЖК в льняном ФЛ не превышают 18%, в других растительных ФЛ находится в диапазоне 52–58%.

Оригинальный фракционный состав льняного ФЛ с преобладанием ФХ и относительно высоким содержанием ФЭ, а также большим количеством ПНЖК в структуре ФЛ, определяет высокий потенциал этого продукта как в фармакологии и диетологии, так и в животноводстве.

Льняной ФЛ может рассматриваться как диетическая добавка для поддержания здоровья головного мозга человека, в ФЛ которого преобладают фракции ФЭ и ФХ [24]. Кроме того, нервная ткань богата ПНЖК, составляющими по некоторым подсчетам от 15 до 30% от общего содержания ЖК, богатых в том числе АЛК и линолевой ЖК (ЛК) [25]. Соотношение этих ЖК, а также n3/n6 ПНЖК в льняных ФЛ составляет 1 : 1 (табл. 2), что соответствует современным представлениям о здоровом питании человека [26]. Считается, что люди эволюционировали на диете с указанным соотношением, что значительно отличается от диеты развивающихся и развитых стран, где соотношение n3/n6 варьирует от 1 : 5 до 1 : 50 соответственно [26].

Таблица 1. Концентрация компонентов ацетон нерастворимых веществ в образцах жидких лецитинов (%) и их фракционный состав (% от суммы фракций ФЛ)

Фосфолипиды и их фракции		Льняной	Соевый *	Рапсовый *	Подсолнечный *
ФЛ	Фосфолипиды	38.7	57.8	33.1	49.2
ФХ	Фосфатидилхолин	45.0	47.1	56.1	55.9
ФЭ	Фосфатидилэтаноламин	22.7	10.9	13.7	7.1
ФИ	Фосфатидилинозитол	28.7	32.3	23.9	31.3
ФК	Фосфатидные кислоты	3.6	9.7	6.4	5.7

Примечание: * – здесь и далее данные фракционного и жирнокислотного состава растительных фосфолипидов представлены по [20].

Таблица 2. Жирнокислотный состав различных растительных фосфолипидов, % от суммы жирных кислот (ЖК)

Жирные кислоты	Льняной	Соевый	Рапсовый	Подсолнечный
C16:0 Пальмитиновая	12.1	32	52	39
C18:0 Стеариновая	5.8	26	–	14
C18:1-n9 Олеиновая	24.8	40	44	44
C18:2-n6 Линолевая	26.6	2	2	–
C18:3-n3 α-линоленовая	26.7	–	2	3
НЖК	17.9	58	52	53
МНЖК	24.8	40	44	44
ПНЖК	53.3	2	4	3
ω3	26.7	–	2	3
ω6	26.6	2	2	–
ω3:ω6	1.0	–	1.0	–

Примечание: НЖК, МНЖК и ПНЖК – насыщенные, мононенасыщенные и полиненасыщенные жирные кислоты соответственно; «–» – не обнаружено.

АЛК и ЛК характеризуются средней длиной цепи и относительно легко усваиваются [27], однако более высокую физиологическую активность проявляют производные этих кислот – длинноцепочные (ДЦ) ПНЖК – ЭПК, ДГК и арахидоновая ЖК (АРК). Эндогенное превращение АЛК в организме человека посредством серии реакций десатурации и элонгации ограничено и составляет 8–10% для ЭПК и около 1% для ДГК [28–30], что необходимо учитывать в рациональном питании.

В отличие от большинства теплокровных животных рыбы, особенно пресноводные, не утратили способность к «превращению» ЭПК и ДГК из АЛК, и АРК из ЛК соответственно [31]. Такая способность рыб рассматривается некоторыми авторами как перспектива для получения ДЦ-ПНЖК в аквакультуре [32]. В этом отношении льняные ФЛ могут выступать перспективными компонентами в кормах для рыб, значительно повышая питательную ценность рыбоводной продукции [33].

Кроме того, в аквакультуре фосфолипиды являются незаменимым фактором раннего личиночного питания, т.е. в период наиболее интенсивного роста рыб [34, 35]. Естественная пища личинок рыб – зоопланктон – богата фосфолипидами с преобладанием ФХ и большого количества п3 ПНЖК, что при искусственном кормлении отчасти может быть удовлетворено за счет введения в рецептуру фосфолипида из льна. Отсутствие в ФЛ льна ЭПК, ДГК и АРК может компенсироваться способностью самой молоди синтезировать их из диетических предшественников – АЛК и ЛК, что, в том числе, было экспериментально подтверждено на сиговых рыбах [36].

Таким образом, обеспечение личинок рыб в аквакультуре диетическими ФЛ, содержащими в составе ПНЖК, позволит решить серьезную проблему доставки в организм биодоступного физиологически активного питательного компонента. В настоящее время для этих целей применяются так называемые «морские» ФЛ, получаемые из масла криля, которые являются дефицитным и дорогостоящим продуктом.

Заключение

Исследование некоторых химических показателей льняного лецитина указывает на оригинальность его состава, выгодно отличающих экспериментальный образец от других растительных лецитинов – рапсового, соевого и льняного, за счет высокого содержания ФХ, ФЭ и ПНЖК. Подобные особенности состава ФЛ из льна делают этот продукт перспективным в фармакологии, диетологии, косметологии, а также в животноводстве, в частности в аквакультуре.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Санкт-Петербургского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, Протеин Плюс и Белагротерминал. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Das U.N. Essential fatty acids – a review // Current Pharmaceutical Biotechnology. 2006. Vol. 7. Pp. 467–482. <https://doi.org/10.2174/138920106779116856>.
2. Goyens P.L., Mensink R.P. Effects of alpha-linolenic acid versus those of EPA/DHA on cardiovascular risk markers in healthy elderly subjects // European Journal of Clinical Nutrition. 2006. Vol. 60(8). Pp. 978–984. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602408>.
3. Pan A., Chen M., Chowdhury R. et al. α -linolenic acid and risk of cardiovascular disease: a systematic review and metaanalysis // The American Journal of Clinical Nutrition. 2012. Vol. 96. Pp. 1262–1273. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.044040>.
4. McLennan P.L., Dallimore J.A. Dietary canola oil modifies myocardial fatty acids and inhibits cardiac arrhythmias in rats // J. Nutr. 1995. Vol. 125 (4). Pp. 1003–1009. <https://doi.org/10.1093/jn/125.4.1003>.
5. Billman G.E., Kang J.X., Leaf A. Prevention of sudden cardiac death by dietary pure v-3 polyunsaturated fatty acids in dogs // Circulation. 1999. Vol. 99. Pp. 2452–2457. <https://doi.org/10.1161/01.cir.99.18.2452>.

6. Holy E.W., Forestier M., Richter E.K., Akhmedov A., Leiber F., Camici G.G., Mocharla P., Luscher T.F., Beer J.H., Tanner F.C. Dietary alpha-linolenic acid inhibits arterial thrombus formation, tissue factor expression, and platelet activation // *Arterioscler Thromb Vasc Biol.* 2011. Vol. 31. Pp. 1772–1780. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.111.226118>.
7. Thies F., Miles E.A., Nebe-von-Caron G., Powell J.R., Hurst T.L., Newsholme E.A., Calder P.C. Influence of dietary supplementation with longchain n-3 or n-6 polyunsaturated fatty acids on blood inflammatory cell populations and functions and on plasma soluble adhesion molecules in healthy adults // *Lipids.* 2001. Vol. 36. Pp. 1183–1193. <https://doi.org/10.1007/s11745-001-0831-4>.
8. Rallidis L.S., Paschos G., Liakos G.K., Velissaridou A.H., Anastasiadis G., Zampelas A. Dietary alpha-linolenic acid decreases c-reactive protein, serum amyloid a and interleukin-6 in dyslipidaemic patients // *Atherosclerosis.* 2003. Vol. 167. Pp. 237–242. [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(02\)00427-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(02)00427-6).
9. Галкина О.В., Путилина Ф.Е., Ещенко Н.Д. Изменение липидного состава мозга на ранних этапах онтогенеза // *Нейрохимия.* 2014. Т. 31, №2. С. 99–105. <https://doi.org/10.7868/S1027813314020046>.
10. Maki K.C., Reeves M.S., Farmer M. et al. Krill oil supplementation increases plasma concentrations of eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids in overweight and obese men and women // *Nutr. Res.* 2009. Vol. 29. Pp. 609–615. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.09.004>.
11. Ulven S.M., Kirkhus B., Lamglait A. et al. Metabolic effects of krill oil are essentially similar to those of fish oil but at lower dose of EPA and DHA, in healthy volunteers // *Lipids.* 2011. Vol. 46. Pp. 37–46. <https://doi.org/10.1007/s11745-010-3490-4>.
12. Song J.H., Inoue Y., Miyazawa T. Oxidative stability of docosahexaenoic acid-containing oils in the form of phospholipids, triacylglycerols, and ethyl esters // *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry.* 1997. Vol. 61(12). Pp. 2085–2088. <https://doi.org/10.1271/bbb.61.2085>.
13. Schuchardt J.P., Schneider I., Meyer H., Neubronner J., von Schacky C., Hahn A. Incorporation of EPA and DHA into plasma phospholipids in response to different n-3 fatty acid formulations-a comparative bioavailability study of fish oil vs. krill oil // *Lipids in Health and Disease.* 2011. Vol. 10(1). 145. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-145>.
14. Ahn S.H., Lim S.J., Ryu Y.M., Park H.R., Suh H.J., Han S.H. Absorption rate of krill oil and fish oil in blood and brain of rats // *Lipids Health Disease.* 2018. Vol. 17(1). 162. <https://doi.org/10.1186/s12944-018-0812-7>.
15. Lagarde M., Bernoud N., Brossard N., Lemaitre-Delaunay D., Thies F., Croset M., Lecerf J. Lysophosphatidylcholine as a preferred carrier form of docosahexaenoic acid to the brain // *Journal of Molecular Neuroscience.* 2001. Vol. 16(2-3). Pp. 201–204. <https://doi.org/10.1385/JMN:16:2-3:201>.
16. Sugasini D., Thomas R., Yalagala P.C.R., Tai L.M., Subbaiah P.V. Dietary Docosahexaenoic Acid (DHA) as lysophosphatidylcholine, but not as free acid, enriches brain DHA and improves memory in adult mice // *Scientific Reports.* 2017. Vol. 7(1). 11263. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11766-0>.
17. Chouinard-Watkins R., Lacombe R.S., Metherel A.H., Masoodi M., Bazinet R.P. DHA esterified to phosphatidylserine or phosphatidylcholine is more efficient at targeting the brain than DHA esterified to triacylglycerol // *Molecular Nutrition & Food Research.* 2019. Vol. 63. 1801224. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801224>.
18. Wang L., Wang T., Fehr W.R. Effect of seed development stage on sphingolipid and phospholipid contents in soybean seeds // *J. Agric. Food Chem.* 2006. Vol. 54. Pp. 7812–7816. <https://doi.org/10.1021/jf0616255>.
19. Salas J.J., Martínez F.E., Garcés R. Phospholipid molecular profiles in the seed kernel from different sunflower (*Helianthus annuus*) mutants // *Lipids.* 2006. Vol. 41(8). Pp. 805–811. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-5034-5>.
20. Phenomenon of Lecithin. Science / Technology / Applications. Hamburg: ROBERT WENZEL, 2021. 556 p.
21. Teneva O., Zlatanov M., Antova G., Angelova-Romova M., Dimitrova R., Marcheva M. Composition of Biologically Active Substances of Flaxseed // *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences.* 2014. Vol. 2(2). Pp. 59–69.
22. Herchi W., Sakouhi F., Khaled S., Xiong Y., Boukhchina S., Kallel H., Curtis J.M. Characterisation of the glycerophospholipid fraction in flaxseed oil using liquid chromatography–mass spectrometry // *Food Chemistry.* 2011. Vol. 129. Pp. 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.096>.
23. Гамаюрова В.С., Ржечицкая Л.Э. Мифы и реальность в пищевой промышленности. Сравнение пищевой и биологической ценности растительных масел // *Вестник Казанского технологического университета.* 2011. №18. С. 146–156.
24. Neuringer M., Anderson G., Connor W. The essentiality of n-3 fatty acids for the development and function of the retina and brain // *Annu. Rev. Nutr.* 1988. Vol. 8. Pp. 517–541. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.002505>.
25. Farooqui A.A. Beneficial Effects of Fish Oil on Human Brain // *Beneficial Effects of Fish Oil on Human Brain.* New York: Springer, 2009. Pp. 151–187. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0543-7_5.
26. Simopoulos A.P. Human requirement for n-3 polyunsaturated fatty acids // *Poultry Sci.* 2000. Vol. 79. Pp. 961–970. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.961>.
27. Ramirez M., Amate L., Gil A. Absorption and distribution of dietary fatty acids from different sources // *Early Human Development.* 2001. Vol. 65 (2). Pp. S95–S101. [https://doi.org/10.1016/s0378-3782\(01\)00211-0](https://doi.org/10.1016/s0378-3782(01)00211-0).
28. Burdge G. Alpha-linolenic acid metabolism in men and women: nutritional and biological implications // *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care.* 2004. Vol. 7. Pp. 137–144. <https://doi.org/10.1097/00075197-200403000-00006>.
29. Decsi T., Kennedy K. Sex-specific differences in essential fatty acid metabolism // *Am. J. Clin. Nutr.* 2011. Vol. 94. Pp. 1914S–1919S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.000893>.
30. Laye S. Polyunsaturated fatty acids, neuroinflammation and well being // *Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids.* 2010. Vol. 82(4-6). Pp. 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2010.02.006>.

31. Turchini G.M., Francis D.S., Keast R.S.J., Sinclair A.J. Transforming salmonid aquaculture from a consumer to a producer of long chain omega-3 fatty acids // *Food Chem.* 2011. Vol. 124. Pp. 609–614. <https://doi.org/10.1016/j.cbd.2010.04.002>.
32. Гладышев М.И. Наземные источники полиненасыщенных жирных кислот для аквакультуры // *Вопросы ихтиологии.* 2021. Т. 61, №4. С. 471–485. <https://doi.org/10.31857/S0042875221030048>.
33. Лютиков А.А., Остроумова И.Н., Баскакова Ю.А. О возможности получения качественной рыболовной продукции с использованием льняного и рыжикового масел в качестве заменителя рыбьего жира в кормах для рыб // *II Лавёровские чтения. Арктика: актуальные проблемы и вызовы: сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием.* Архангельск, 2023. С. 915–919.
34. Kanazawa A. Essential phospholipids of fish and crustaceans // *Fish Nutrition in Practice, IV Intern. Sympos. on Fish Nutrition and Feeding.* Paris, 1993. Pp. 519–530.
35. Ostroumova I.N., Lyutikov A.A., Shumilina A.K. Phospholipid in aquaculture // *Phenomenon of Lecithin. Science / Technology / Applications.* Hamburg: ROBERT WENZEL, 2021. Pp. 449–459.
36. Лютиков А.А., Шумилина А.К., Вылка М.М. Опыт замены рыбной муки и рыбьего жира на растительные протеин и масло в стартовых кормах для сиговых рыб // *Известия КГТУ.* 2021. №60. С. 32–43. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2021-60-32-43>.

Поступила в редакцию 9 августа 2024 г.

После переработки 26 сентября 2024 г.

Принята к публикации 30 сентября 2024 г.

Lyutikov A.A.^{1}, Markina V.Yu.², Konoplenko E.S.³ FLAX SEED LECITHIN – CHEMICAL COMPOSITION AND PROSPECTS FOR USE*

¹ *St. Petersburg branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography", Makarova Embankment, 26, St. Petersburg, 199053, Russia, tokmo@mail.ru*

² *Protein Plus LLC, 5th Line, 54A, St. Petersburg, 199004, Russia*

³ *Belagroterminal LLC, Logisticheskaya st., 4/15, Smorgon, 231042, Republic of Belarus*

The results of a study of the fractional and fatty acid composition of flax lecithin, as a promising physiologically active food additive, in comparison with soy, rapeseed and sunflower lecithins are presented. An experimental batch of lecithin was produced at the oil extraction enterprise Belagroterminal LLC (Belarus). The phospholipid and fatty acid composition of lecithin phospholipids was determined by high-performance liquid chromatography. It was shown that in flax phospholipid the proportion of phosphatidylcholine is 45.0%, which is close to the phospholipid from soybean – 47.1%, and lower than in rapeseed and sunflower – on average 56%. In terms of phosphatidylethanolamine content, flax phospholipid occupies a leading position – 22.7%; in other samples this fraction is in the range of 7.1–10.9%. Phosphatidylinositol in flax phospholipids is at a similar level to soybean and sunflower phospholipids – 28.7–32.3%, which is slightly higher than in phospholipids from rapeseed – 23.9%. The fatty acid composition of flax phospholipids is characterized by a high content of polyunsaturated fatty acids and a low content of saturated fatty acids. Polyunsaturated fatty acids in the composition of flaxseed phospholipids account for 53.3%, which is several times more than in soybean, rapeseed and sunflower phospholipids, in which the share of polyunsaturated fatty acids accounts for 2–4%. Saturated fatty acids in flax phospholipids do not exceed 18%, in other plant phospholipids it is in the range of 52–58%. Similar features of the composition of flax lecithin phospholipids make this product promising in pharmacology, dietetics, cosmetology, as well as in animal husbandry, in particular in aquaculture.

Keywords: flax seed lecithin, phospholipids, fractional composition, fatty acid composition.

For citing: Lyutikov A.A., Markina V.Yu., Konoplenko E.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 2, pp. 399–406. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250215685>.

* Corresponding author.

References

1. Das U.N. *Current Pharmaceutical Biotechnology*, 2006, vol. 7, pp. 467–482. <https://doi.org/10.2174/138920106779116856>.
2. Goyens P.L., Mensink R.P. *European Journal of Clinical Nutrition*, 2006, vol. 60(8), pp. 978–984. <https://doi.org/10.1038/sj.ejcn.1602408>.
3. Pan A., Chen M., Chowdhury R. et al. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2012, vol. 96, pp. 1262–1273. <https://doi.org/10.3945/ajcn.112.044040>.
4. McLennan P.L., Dallimore J.A. *J. Nutr.*, 1995, vol. 125 (4), pp. 1003–1009. <https://doi.org/10.1093/jn/125.4.1003>.
5. Billman G.E., Kang J.X., Leaf A. *Circulation*, 1999, vol. 99, pp. 2452–2457. <https://doi.org/10.1161/01.cir.99.18.2452>.
6. Holy E.W., Forestier M., Richter E.K., Akhmedov A., Leiber F., Camici G.G., Mocharla P., Luscher T.F., Beer J.H., Tanner F.C. *Arterioscler Thromb Vasc Biol.*, 2011, vol. 31, pp. 1772–1780. <https://doi.org/10.1161/ATVBAHA.111.226118>.
7. Thies F., Miles E.A., Nebe-von-Caron G., Powell J.R., Hurst T.L., Newsholme E.A., Calder P.C. *Lipids*, 2001, vol. 36, pp. 1183–1193. <https://doi.org/10.1007/s11745-001-0831-4>.
8. Rallidis L.S., Paschos G., Liakos G.K., Velissaridou A.H., Anastasiadis G., Zampelas A. *Atherosclerosis*, 2003, vol. 167, pp. 237–242. [https://doi.org/10.1016/s0021-9150\(02\)00427-6](https://doi.org/10.1016/s0021-9150(02)00427-6).
9. Galkina O.V., Putilina F.Ye., Yeshchenko N.D. *Neyrokhimiya*, 2014, vol. 31, no. 2, pp. 99–105. <https://doi.org/10.7868/S1027813314020046>. (in Russ.).
10. Maki K.C., Reeves M.S., Farmer M. et al. *Nutr. Res.*, 2009, vol. 29, pp. 609–615. <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2009.09.004>.
11. Ulven S.M., Kirkhus B., Lamglait A. et al. *Lipids*, 2011, vol. 46, pp. 37–46. <https://doi.org/10.1007/s11745-010-3490-4>.
12. Song J.H., Inoue Y., Miyazawa T. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 1997, vol. 61(12), pp. 2085–2088. <https://doi.org/10.1271/bbb.61.2085>.
13. Schuchardt J.P., Schneider I., Meyer H., Neubronner J., von Schacky C., Hahn A. *Lipids in Health and Disease*, 2011, vol. 10(1), 145. <https://doi.org/10.1186/1476-511X-10-145>.
14. Ahn S.H., Lim S.J., Ryu Y.M., Park H.R., Suh H.J., Han S.H. *Lipids Health Disease*, 2018, vol. 17(1), 162. <https://doi.org/10.1186/s12944-018-0812-7>.
15. Lagarde M., Bernoud N., Brossard N., Lemaitre-Delaunay D., Thies F., Croset M., Lecerf J. *Journal of Molecular Neuroscience*, 2001, vol. 16(2-3), pp. 201–204. <https://doi.org/10.1385/JMN:16:2-3:201>.
16. Sugasini D., Thomas R., Yalagala P.C.R., Tai L.M., Subbaiah P.V. *Scientific Reports*, 2017, vol. 7(1), 11263. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-11766-0>.
17. Chouinard-Watkins R., Lacombe R.S., Metherel A.H., Masoodi M., Bazinet R.P. *Molecular Nutrition & Food Research*, 2019, vol. 63, 1801224. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201801224>.
18. Wang L., Wang T., Fehr W.R. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, vol. 54, pp. 7812–7816. <https://doi.org/10.1021/jf0616255>.
19. Salas J.J., Martínez F.E., Garcés R. *Lipids*, 2006, vol. 41(8), pp. 805–811. <https://doi.org/10.1007/s11745-006-5034-5>.
20. *Phenomenon of Lecithin. Science / Technology / Applications*. Hamburg: ROBERT WENZEL, 2021, 556 p.
21. Teneva O., Zlatanov M., Antova G., Angelova-Romova M., Dimitrova R., Marcheva M. *Discourse Journal of Agriculture and Food Sciences*, 2014, vol. 2(2), pp. 59–69.
22. Herchi W., Sakouhi F., Khaled S., Xiong Y., Boukhchina S., Kallel H., Curtis J.M. *Food Chemistry*, 2011, vol. 129, pp. 437–442. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.04.096>.
23. Gamayurova V.S., Rzhechitskaya L.E. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2011, no. 18, pp. 146–156. (in Russ.).
24. Neuringer M., Anderson G., Connor W. *Annu. Rev. Nutr.*, 1988, vol. 8, pp. 517–541. <https://doi.org/10.1146/annurev.nu.08.070188.002505>.
25. Farooqui A.A. *Beneficial Effects of Fish Oil on Human Brain*. New York: Springer, 2009, pp. 151–187. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0543-7_5.
26. Simopoulos A.P. *Poultry Sci.*, 2000, vol. 79, pp. 961–970. <https://doi.org/10.1093/ps/79.7.961>.
27. Ramirez M., Amate L., Gil A. *Early Human Development*, 2001, vol. 65 (2), pp. S95–S101. [https://doi.org/10.1016/s0378-3782\(01\)00211-0](https://doi.org/10.1016/s0378-3782(01)00211-0).
28. Burdge G. *Curr. Opin. Clin. Nutr. Metab. Care*, 2004, vol. 7, pp. 137–144. <https://doi.org/10.1097/00075197-200403000-00006>.
29. Decsi T., Kennedy K. *Am. J. Clin. Nutr.*, 2011, vol. 94, pp. 1914S–1919S. <https://doi.org/10.3945/ajcn.110.000893>.
30. Laye S. *Prostaglandins, Leukotrienes, and Essential Fatty Acids*, 2010, vol. 82(4-6), pp. 295–303. <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2010.02.006>.
31. Turchini G.M., Francis D.S., Keast R.S.J., Sinclair A.J. *Food Chem.*, 2011, vol. 124, pp. 609–614. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.04.002>.
32. Gladyshev M.I. *Voprosy ikhtiologii*, 2021, vol. 61, no. 4, pp. 471–485. <https://doi.org/10.31857/S0042875221030048>. (in Russ.).
33. Lyutikov A.A., Ostroumova I.N., Baskakova Yu.A. *II Lavorovskiye chteniya. Arktika: aktual'nyye problemy i vyzovy: sbornik nauchnykh materialov Vserossiyskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem. [II Laverovsky Readings. The Arctic: Current Problems and Challenges: Collection of Scientific Materials of the All-Russian Conference with International Participation]*. Arkhangel'sk, 2023, pp. 915–919. (in Russ.).

34. Kanazawa A. *Fish Nutrition in Practice, IV Intern. Sympos. on Fish Nutrition and Feeding*. Paris, 1993, pp. 519–530.
35. Ostroumova I.N., Lyutikov A.A., Shumilina A.K. Phenomenon of Lecithin. *Science / Technology / Applications*. Hamburg: ROBERT WENZEL, 2021, pp. 449–459.
36. Lyutikov A.A., Shumilina A.K., Vylka M.M. *Izvestiya KGTU*, 2021, no. 60, pp. 32–43. <https://doi.org/10.46845/1997-3071-2021-60-32-43>. (in Russ.).

Received August 9, 2024

Revised September 26, 2024

Accepted September 30, 2024

Сведения об авторах

Лютиков Анатолий Анатольевич – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, tokmo@mail.ru

Маркина Виктория Юрьевна – кандидат технических наук, ведущий специалист, viktoriyamarkina@lecithin.ru

Конопленко Елена Славомировна – главный технолог, e.konoplenko@sodrugestvo.by

Information about authors

Lyutikov Anatoly Anatolyevich – candidate of biological sciences, senior researcher, tokmo@mail.ru

Markina Victoria Yuryevna – candidate of technical sciences, leading specialist, viktoriyamarkina@lecithin.ru

Konoplenko Elena Slavomirovna – chief technologist, e.konoplenko@sodrugestvo.by