

Екатерина Валериевна Лисовая^{1✉}, Елена Павловна Викторова²,
Анастасия Валериевна Свердличенко³, Мариет Руслановна Жане⁴

^{1,2,3,4}Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия, Краснодар, Россия

¹e.kabalina@mail.ru

²kornena@bk.ru

³a.v.chernenko@list.ru

⁴mariyet.zhane_87@bk.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ФОСФОЛИПИДОВ СОЕВОГО ЛЕЦИТИНА НА ИХ ПОЛЯРНОСТЬ

Цель исследования – изучение влияния особенностей химического состава индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине, на их полярность для обоснования выбора эффективного органического растворителя при фракционировании обезжиренного соевого лецитина. Задачи: изучить особенности состава и содержания жирных кислот и поливалентных металлов в индивидуальных группах фосфолипидов обезжиренного соевого лецитина; определить полярность индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине. Исследование проводилось на базе Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ. Объект исследования – обезжиренный соевый лецитин, характеризующийся массовой долей: влаги и летучих веществ – 0,15 %; веществ, нерастворимых в ацетоне, – 98,6 %; веществ, нерастворимых в толуоле, – 0,15 %; кислотным числом – 20,5 мг КОН/г и перекисным числом – 3,2 ммоль активного кислорода/кг. Установлено, что индивидуальные группы фосфолипидов по содержанию насыщенных жирных кислот образуют ряд (по возрастанию): фосфатидилхолины (23,01 %) → фосфатидиэтаноламины (24,90) → фосфатидные кислоты (31,10) → фосфатидилсерины (32,20) → фосфатидилинозитолы (33,40) → дифосфатидилглицерины (34,25 %). Поливалентные металлы содержатся только в составе фосфатидилсеринов и фосфатидных кислот, при этом в фосфатидилсеринах их содержание выше (в 2,0 раза), чем в фосфатидных кислотах. Индивидуальные группы фосфолипидов, содержащиеся в обезжиренном соевом лецитине, по относительной полярности располагаются в ряд по возрастанию: дифосфатидилглицерины → фосфатидилинозитолы → фосфатидилсерины → фосфатидные кислоты → фосфатидиэтаноламины → фосфатидилхолины. Таким образом, зная полярность индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине, появляется возможность фракционирования лецитина путем подбора органических растворителей различной полярности.

Ключевые слова: обезжиренный соевый лецитин, фосфолипиды, химический состав, полярность, фракционирование

Для цитирования: Исследование влияния особенностей химического состава фосфолипидов соевого лецитина на их полярность / Е.А. Лисовая [и др.] // Вестник КрасГАУ. 2023. № 5. С. 225–233. DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-225-233.

Благодарности: исследование выполнено за счет средств гранта Российского научного фонда и Кубанского научного фонда № 22-26-20122.

Ekaterina Valerievna Lisovaya^{1✉}, Elena Pavlovna Viktorova²,
Anastasia Valerievna Sverdlichenko³, Mariet Ruslanovna Zhane⁴

^{1,2,3,4}Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – branch of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking, Krasnodar, Russia

¹e.kabalina@mail.ru

²kornena@bk.ru

³a.v.chernenko@list.ru

⁴mariyet.zhane_87@bk.ru

STUDYING THE INFLUENCE OF THE CHEMICAL COMPOSITION PECULIARITIES OF SOYBEAN LECITHIN PHOSPHOLIPIDS ON THEIR POLARITY

The purpose of research is to study the effect of the chemical composition of individual groups of phospholipids contained in defatted soy lecithin on their polarity in order to justify the choice of an effective organic solvent in the fractionation of defatted soy lecithin. Objectives: to study the composition and content of fatty acids and polyvalent metals in individual groups of phospholipids of defatted soy lecithin; determine the polarity of the individual groups of phospholipids contained in defatted soy lecithin. The study was conducted on the basis of the Krasnodar Research Institute for the Storage and Processing of Agricultural Products, a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution of the North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking. The object of study is defatted soy lecithin, characterized by a mass fraction of: moisture and volatile substances – 0.15 %; substances insoluble in acetone – 98.6 %; substances insoluble in toluene – 0.15 %; acid number – 20.5 mg KOH/g and peroxide number – 3.2 mmol active oxygen/kg. It has been established that the individual groups of phospholipids in terms of the content of saturated fatty acids form a series (in ascending order): phosphatidylcholines (23.01 %) → phosphatidylethanolamines (24.90) → phosphatidic acids (31.10) → phosphatidylserines (32.20) → phosphatidylinositols (33.40) → diphosphatidylglycerols (34.25 %). Polyvalent metals are contained only in the composition of phosphatidylserines and phosphatidic acids, while their content in phosphatidylserines is higher (2.0 times) than in phosphatidic acids. The individual groups of phospholipids contained in defatted soy lecithin are arranged in ascending order in relative polarity: diphosphatidylglycerols → phosphatidylinositols → phosphatidylserines → phosphatidic acids → phosphatidylethanolamines → phosphatidylcholines. Thus, knowing the polarity of the individual groups of phospholipids contained in defatted soy lecithin, it becomes possible to fractionate lecithin by selecting organic solvents of different polarity.

Keywords: defatted soy lecithin, phospholipids, chemical composition, polarity, fractionation

For citation: Studying the influence of the chemical composition peculiarities of soybean lecithin phospholipids on their polarity / E.V. Lisovaya [et al.] // Bulliten KrasSAU. 2023;(5): 225–233. (In Russ.). DOI: 10.36718/1819-4036-2023-5-225-233.

Acknowledgments: the study has been supported by the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation grant № 22-26-20122.

Введение. В настоящее время большая часть мирового рынка растительных лецитинов, широко применяемых в качестве эмульгаторов в технологиях продуктов питания, представлена жидкими лецитинами, полученными из соевого нерафинированного масла, что обусловлено значительными объемами его производства за рубежом [1–3].

Следует отметить, что жидкие лецитины, производимые на отечественных масложировых предприятиях, не содержат ГМО в отличие от

зарубежных аналогов и являются конкурентоспособными и востребованными пищевыми добавками как на отечественном, так и на европейском рынке пищевых эмульгаторов [4, 5].

Однако, учитывая, что жидкие лецитины представляют собой многокомпонентную смесь полярных (преимущественно собственно фосфолипидов) и неполярных веществ (триацилглицеринов и свободных жирных кислот) [6], при этом соотношение и состав индивидуальных групп фосфолипидов в указанной смеси, обуславливающих эф-

эффективность проявления эмульгирующих свойств лецитина, может варьироваться в широких пределах [7–9], для получения пищевых добавок, обладающих не только заданными технологическими свойствами, но и высоким биоактивным потенциалом, жидкие лецитины подвергают модификации, одним из вариантов которой является фракционирование [10].

Модифицированные лецитины, в частности в виде фракционированных форм, представлены на мировом рынке в ограниченных объемах, что обусловлено их высокой стоимостью в связи с отсутствием эффективных технологических и технических решений, позволяющих сократить материальные затраты и снизить потери целевого компонента – фосфолипидов при обеспечении их высокого качества и безопасности [3, 10].

Таким образом, разработка инновационных высокоэффективных технологий получения из жидких лецитинов модифицированных лецитинов путем фракционирования, характеризующихся не только технологическими свойствами, но и биоактивным потенциалом, является актуальной задачей.

Известно, что фракционирование лецитинов основано на способности содержащихся в лецитине индивидуальных групп фосфолипидов растворяться в различных органических растворителях, что позволяет получать фракции фосфолипидов, характеризующиеся заданными составом и свойствами [11, 12].

Следует отметить, что эффективность применения для фракционирования тех или иных органических растворителей зависит от полярности индивидуальных групп, содержащихся в лецитинах фосфолипидов, которая, в свою очередь, обусловлена особенностями их химического состава.

Цель исследования – изучение влияния особенностей химического состава индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине, на их полярность для обоснования выбора эффективного органического растворителя при фракционировании обезжиренного соевого лецитина.

Задачи: изучить особенности состава и содержания жирных кислот и поливалентных металлов в индивидуальных группах фосфолипидов обезжиренного соевого лецитина; определить полярность индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине.

Объекты и методы. Объектом исследования являлся обезжиренный соевый лецитин, характеризующийся массовой долей: влаги и летучих веществ – 0,15 %; веществ, нерастворимых в ацетоне, – 98,6 %; веществ, нерастворимых в толуоле, – 0,15 %; кислотным числом – 20,5 мг КОН/г и перекисным числом – 3,2 ммоль активного кислорода/кг.

Групповой состав фосфолипидов определяли с применением метода ВЭЖХ. Индивидуальные группы фосфолипидов из обезжиренного соевого лецитина выделяли по разработанной нами методике с применением препаративной хроматографии в незакрепленном слое силикагеля.

Полярность молекул индивидуальных групп фосфолипидов оценивали по показателю относительной полярности, который определяли в процентах по формуле

$$ОП = \frac{\varepsilon_1 - \varepsilon_6}{\varepsilon_6} \cdot 100,$$

где ε_6 – диэлектрическая проницаемость бензола; ε_1 – диэлектрическая проницаемость 0,001 М раствора индивидуальной группы фосфолипидов в бензоле.

Качественный и количественный состав содержащихся в индивидуальной группе фосфолипидов жирных кислот определяли с применением метода ГЖХ [13, 14], а качественный и количественный состав поливалентных металлов – с применением метода ААС.

Результаты и их обсуждение. На первом этапе исследования определяли качественный и количественный состав фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине. Данные приведены на рисунке 1.

Анализ данных рисунка 1 показывает, что в составе фосфолипидов обезжиренного соевого лецитина присутствуют следующие группы фосфолипидов: фосфатидилхолины (ФХ), фосфатидилэтаноламины (ФЭА), фосфатидилинозитолы (ФИ), фосфатидные кислоты (ФК), дифосфатидилглицерины (ДФГ) и фосфатидилсерины (ФС), при этом из всех групп фосфолипидов отмечено наиболее высокое содержание ФХ (35,5 %) и низкое содержание ФС (5,7 %). Содержание ФЭА (22,3 %) в 1,6 раза ниже, чем содержание ФХ, а содержание таких групп, как ФИ, ФК и ДФГ, отличается незначительно и составляет 13,0 %; 12,0 и 11,5 % соответственно.

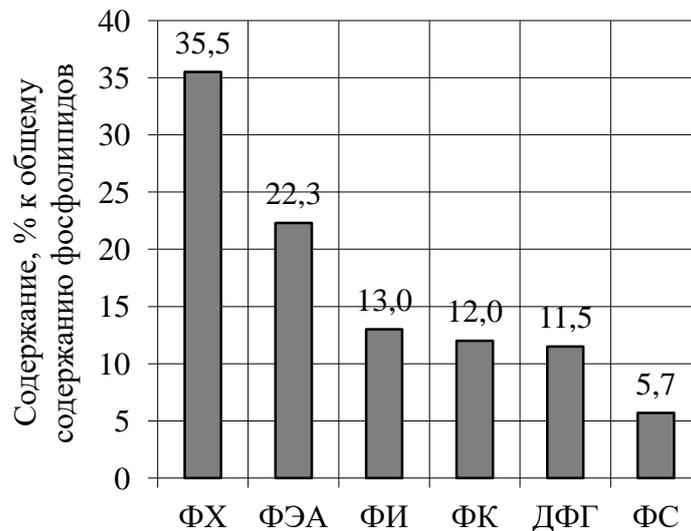


Рис.1. Качественный и количественный состав индивидуальных групп фосфолипидов в обезжиренном соевом лецитине

Известно, что свойства фосфолипидов и, в первую очередь, их полярность в значительной степени определяется природой и содержанием жирных кислот, входящих в состав фосфолипидов [15, 16]. Так, например, при повышении степени насыщенности жирных кислот увеличивается способность фосфолипидов образовать

сложные соединения с ионами поливалентных металлов.

Учитывая это, исследовали состав жирных кислот, содержащихся в индивидуальных группах фосфолипидов обезжиренного соевого лецитина (табл. 1).

Таблица 1

Состав жирных кислот, содержащихся в индивидуальных группах фосфолипидов соевого обезжиренного лецитина

Жирная кислота	Содержание жирной кислоты, % к общей сумме жирных кислот					
	ФХ	ФЭА	ФК	ФС	ФИ	ДФГ
C _{14:0}	0,12	0,09	–	–	–	–
C _{16:0}	16,90	18,10	23,40	24,80	23,07	24,17
C _{18:0}	5,99	6,80	7,70	7,40	7,00	4,63
C _{20:0}	–	–	–	–	0,80	0,90
C _{22:0}	–	–	–	–	1,38	2,75
C _{24:0}	–	–	–	–	1,15	1,80
C _{16:1}	0,18	0,14	–	–	–	–
C _{18:1}	12,86	12,15	9,45	9,01	8,50	8,12
C _{20:1}	0,16	0,13	–	–	–	–
C _{18:2}	59,55	59,00	55,85	55,39	54,95	54,63
C _{18:3}	4,24	3,68	3,60	3,40	3,15	3,00

Анализ результатов, представленных в таблице 1, показывает, что качественный и количественный состав жирных кислот индивидуальных групп фосфолипидов значительно отличается. Так, в составе ФХ и ФЭА, в отличие от других групп фосфолипидов, из насыщенных жирных кислот присутствует миристиновая кислота (C_{14:0}), а в составе ФИ и ДФГ, в отличие от

других групп фосфолипидов, из насыщенных жирных кислот присутствуют арахидоновая (C_{20:0}), бегеновая (C_{22:0}) и лигноцереновая (C_{24:0}) кислоты, т. е. жирные кислоты с большим числом атомов углерода. При этом отмечено, что во всех группах фосфолипидов содержатся пальмитиновая (C_{16:0}) и стеариновая (C_{18:0}) кислоты.

Кроме этого, данные таблицы 1 показывают, что качественный состав мононенасыщенных жирных кислот, содержащихся в индивидуальных группах фосфолипидов, также отличается. Так, в составе ФХ и ФЭА наряду с олеиновой кислотой (C_{18:1}) содержатся, в отличие от других групп фосфолипидов, пальмитолеиновая (C_{16:1}) и эйкозеновая (C_{20:1}) жирные кислоты.

Следует отметить, что качественный состав полиненасыщенных жирных кислот, содержащихся во всех группах фосфолипидов, не отличается и представлен линолевой (C_{18:2}) и линоленовой (C_{18:3}) кислотами.

При анализе количественного состава насыщенных жирных кислот во всех индивидуальных группах фосфолипидов установлено преобладание пальмитиновой кислоты (C_{16:0}) и в незначительно меньшем количестве стеариновой (C_{18:0}), при этом наиболее высокое содержание указанных жирных кислот отмечено в ФК и ФС. Так, в ФК содержание пальмитиновой кислоты составляет 23,40 % и стеариновой кислоты – 7,70 %, а в ФС содержание пальмитиновой кислоты – 24,80 % и стеариновой кислоты – 7,40 %.

Кроме этого, при сравнении содержания высокомолекулярных насыщенных жирных кислот, таких как арахидовая (C_{20:0}), бегеновая (C_{22:0}) и

лигноцериновая (C_{24:0}), входящих только в состав ФИ и ДФГ, установлено, что содержание указанных жирных кислот в ДФГ выше, чем в ФИ, при этом из этих жирных кислот более высокое содержание отмечено для бегеновой (C_{22:0}) кислоты.

При анализе количественного состава мононенасыщенных жирных кислот, таких как пальмитолеиновая (C_{16:1}), олеиновая (C_{18:1}) и эйкозеновая (C_{20:1}), в ФХ и ФЭА отмечено, что из указанных жирных кислот в ФХ и ФЭА содержание олеиновой (C_{18:1}) кислоты значительно выше, чем содержание пальмитолеиновой и эйкозеновой кислот.

Кроме того, в результате анализа количественного состава полиненасыщенных жирных кислот, таких как линолевая (C_{18:2}) и линоленовая (C_{18:3}), входящих в состав всех индивидуальных групп фосфолипидов, установлено, что во всех группах фосфолипидов содержание линолевой кислоты (C_{18:2}) значительно выше, чем содержание линоленовой кислоты (C_{18:3}).

На рисунке 2 приведены данные по соотношению содержания в составе индивидуальных групп фосфолипидов жирных кислот, а именно насыщенных, мононенасыщенных и полиненасыщенных.

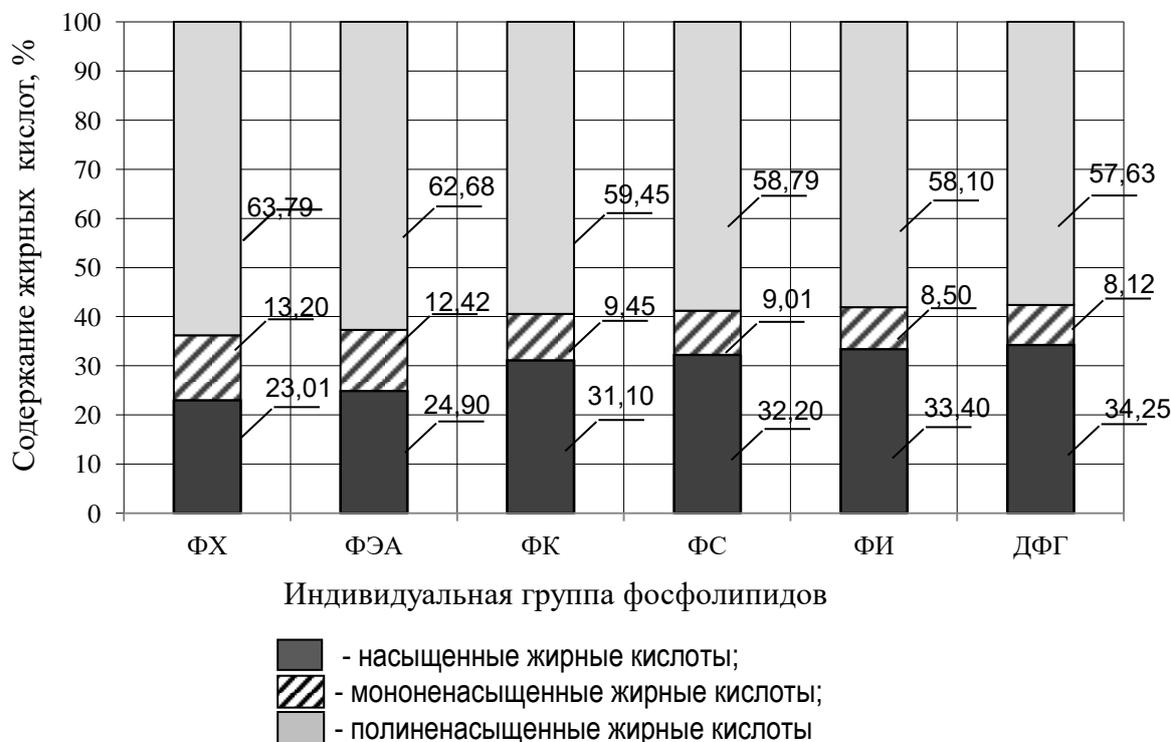


Рис. 2. Соотношение содержания в составе индивидуальных групп фосфолипидов жирных кислот

На основании анализа данных, приведенных на рисунке 2, можно сделать вывод, что по общему содержанию насыщенных жирных кислот индивидуальные группы фосфолипидов располагаются в ряд (по возрастанию): ФХ (23,01 %) → ФЭА (24,90 %) → ФК (31,10 %) → ФС (32,20 %) → ФИ (33,40 %) → ДФГ (34,25 %), а по общему содержанию ненасыщенных жирных кислот, в т. ч. мононенасыщенных и полиненасыщенных, индивидуальные группы фосфолипидов образуют следующий ряд (по возрастанию): ДФГ (65,75 %) → ФИ (66,60 %) → ФС (67,80 %) → ФК (68,90 %) → ФЭА (75,10 %) → ФХ (76,99 %).

Таким образом, установлено, что по степени насыщенности жирных кислот, входящих в сос-

тав индивидуальных групп, фосфолипиды образуют ряд (по возрастанию): ФХ → ФЭА → ФК → ФС → ФИ → ДФГ.

Известно, что в составе некоторых групп фосфолипидов могут содержаться поливалентные металлы [15, 16].

Учитывая это, изучали качественный и количественный состав поливалентных металлов, содержащихся в индивидуальных группах фосфолипидов.

При исследовании присутствия поливалентных металлов в индивидуальных группах фосфолипидов установлено, что указанные металлы содержатся только в ФК и ФС (табл. 2).

Таблица 2

Состав поливалентных металлов, содержащихся в ФС и ФК обезжиренного соевого лецитина

Поливалентный металл	Содержание поливалентного металла, мг/100 г	
	ФС	ФК
Кальций (Ca^{2+})	63,05	31,65
Магний (Mg^{2+})	36,32	17,80
Медь (Cu^{2+})	1,59	0,75
Железо (Fe^{3+})	1,48	0,25
Сумма Me^{n+}	102,44	50,45

Анализ данных таблицы 2 показывает, что в составе ФС и ФК присутствуют такие поливалентные металлы, как кальций, магний, медь и железо. Следует отметить, что как в ФС, так и в ФК из всех поливалентных металлов отмечено более высокое содержание кальция, при этом по уровню содержания в ФС и ФК поливалентные металлы можно расположить в ряд (по убыванию): Ca^{2+} → Mg^{2+} → Cu^{2+} → Fe^{3+} .

С учетом этого установлено, что содержание указанных поливалентных металлов в ФС значительно выше (в 2,0 раза), чем содержание поливалентных металлов в ФК.

Следует отметить, что более высокое содержание поливалентных металлов в ФС, по

сравнению с ФК, объясняется более высоким содержанием в составе ФС насыщенных жирных кислот, а, следовательно, и более высокой способностью ФС образовывать с поливалентными металлами комплексные соединения.

Учитывая это, сделан вывод, что ФС и ФК в составе обезжиренного соевого лецитина находятся в виде комплексных соединений с ионами поливалентных металлов.

На следующем этапе исследования определяли полярность молекул индивидуальных групп фосфолипидов по показателю относительная полярность (рис. 3).

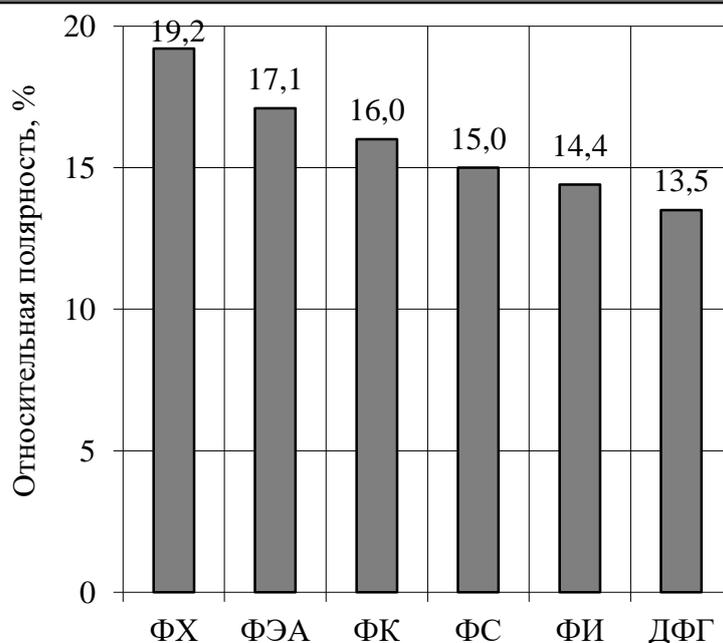


Рис. 3. Относительная полярность молекул индивидуальных групп фосфолипидов

Анализ данных, приведенных на рисунке 3, позволяет сделать вывод, что полярность индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине, отличается, при этом индивидуальные группы фосфолипидов по полярности располагаются в ряд (по убыванию): ФХ → ФЭА → ФК → ФС → ФИ → ДФГ.

Следует отметить, что более высокая полярность ФХ, по сравнению с другими группами фосфолипидов, объясняется более высоким содержанием в их составе ненасыщенных жирных кислот, в т. ч. моно- и полиненасыщенных, а именно мононенасыщенных – на 0,78–5,08 % и полиненасыщенных – на 1,11–6,16 %.

Кроме этого, полярность ФЭА по сравнению с ФХ ниже на 1,9 %, так как содержание ненасыщенных жирных кислот в ФЭА на 1,89 % ниже, чем в ФХ, в т. ч. мононенасыщенных – на 0,78 % ниже, а полиненасыщенных – на 1,11 %.

Полярность ФК и ФС по сравнению с полярностью ФХ и ФЭА ниже, так как, кроме того, что в ФК и ФС содержание ненасыщенных жирных кислот ниже, а насыщенных жирных кислот выше по сравнению с ФХ и ФЭА, в ФК и ФС присутствуют поливалентные металлы. Следует отметить, что полярность ФС по сравнению с ФК ниже, так как в составе ФС содержание поливалентных металлов выше, чем в составе ФК.

Более низкая полярность ФИ и ДФГ по сравнению с полярностью других групп фосфолипи-

дов обусловлена более высоким содержанием в их составе насыщенных жирных кислот, в т. ч. насыщенных жирных кислот с числом атомов углерода: С₂₀, С₂₂ и С₂₄, при этом полярность ДФГ несколько ниже по сравнению с полярностью ФИ, что обусловлено более высоким содержанием в составе ДФГ насыщенных жирных кислот с числом атомов углерода: С₂₀, С₂₂ и С₂₄.

Таким образом, зная полярность индивидуальных групп фосфолипидов, содержащихся в обезжиренном соевом лецитине, появляется возможность его фракционирования путем подбора органических растворителей различной полярности.

Заключение. На основании исследования особенностей химического состава индивидуальных групп фосфолипидов обезжиренного соевого лецитина установлено, что полярность фосфолипидов зависит от состава и содержания жирных кислот, а также от присутствия и содержания в фосфолипидах поливалентных металлов.

Список источников

1. *Alhaji M.J., Montero N., Yarce C.J. Lecithins from Vegetable, Land, and Marine Animal Sources and Their Potential Applications for Cosmetic, Food, and Pharmaceutical Sectors // Cosmetics. 2020. № 7 (4) P. 87.*

2. Soybean lecithin: Food, industrial uses, and other applications / In book by edition G.R. List: Polar Lipids. 2015. Chapter 7. P. 1–33.
3. *Nieuwenhuyzen W. Van., Tomas M.T.* Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008. № 110 (5). P. 472–486.
4. Анализ факторов, определяющих вязкость жидких лецитинов / *Е.О. Герасименко [и др.]* // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2020. № 5-6. С. 64–68.
5. Современное состояние и перспективы развития производства продуктов питания и пищевых добавок в Российской Федерации / *Е.А. Егоров [и др.]* // *Новые технологии*. 2022. № 2. С. 53–61.
6. Research of the chemical composition peculiarities of food additives – vegetable lecithins for the development of methods for assessing their quality / *E.V. Lisovaya [et al.]* // *Biologization*. 2021. Vol. 34. P. 1–7.
7. *Bot F., Cossuta D., O'Mahony J.A.* Interrelationships between composition, physico-chemical properties and functionality of lecithin ingredients // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 111. P. 261–270.
8. *Miyasaki E.K., Luccas V., Kieckbusch T.G.* Modified soybean lecithins as inducers of the acceleration of cocoa butter crystallization // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2016. Vol. 118, P. 1539–1549.
9. Characterization and emulsifying properties of different sunflower phosphatidylcholine enriched fractions / *E.N. Guiotto [et al.]* // *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 2013. Vol. 115. P. 865–873.
10. Комплексная переработка фосфолипидных фракций нерафинированных растительных масел: анализ инновационных технических подходов / *И.А. Глотова [и др.]* // *Пищевая промышленность*. 2019. № 1. С. 32–36.
11. *Joshi A., Paratkar S.G., Thorat B.N.* Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2006. Vol. 108 (4). P. 363–373.
12. *Patil V.V., Galge R.V., Thorat B.N.* Extraction and purification of phosphatidylcholine from soyabean lecithin // *Separation and Purification Technology*. 2010. V. 75. P. 138–144.
13. ГОСТ 31665-2012. Масла растительные и жиры животные. Получение метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
14. ГОСТ 31663-2012. Масла растительные и жиры животные. Определение методом газовой хроматографии массовой доли метиловых эфиров жирных кислот. М.: Стандартинформ, 2019. 11 с.
15. *Арутюнян Н.С., Корнена Е.П.* Фосфолипиды растительных масел. М.: Агропромиздат, 1986. 256 с.
16. Lecithins / *H.G. Bueschelberger [et al.]* // In book by edition V. Norn: Emulsifiers in food Technology. 2014. Chapter 2. P. 21–60.

References

1. *Alhaji M.J., Montero N., Yarce C.J.* Lecithins from Vegetable, Land, and Marine Animal Sources and Their Potential Applications for Cosmetic, Food, and Pharmaceutical Sectors // *Cosmetics*. 2020. № 7 (4) P. 87.
2. Soybean lecithin: Food, industrial uses, and other applications / In book by edition G.R. List: Polar Lipids. 2015. Chapter 7. P. 1–33.
3. *Nieuwenhuyzen W. Van., Tomas M.T.* Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies // *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008. № 110 (5). P. 472–486.
4. Анализ факторов, определяющих вязкость жидких лецитинов / *Е.О. Герасименко [и др.]* // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2020. № 5-6. С. 64–68.
5. Современное состояние и перспективы развития производства продуктов питания и пищевых добавок в Российской Федерации / *Е.А. Егоров [и др.]* // *Новые технологии*. 2022. № 2. С. 53–61.
6. Research of the chemical composition peculiarities of food additives – vegetable lecithins for the development of methods for assessing their quality / *E.V. Lisovaya [et al.]* // *Biologization*. 2021. Vol. 34. P. 1–7.
7. *Bot F., Cossuta D., O'Mahony J.A.* Interrelationships between composition, physico-chemical properties and functionality of lecithin ingredients // *Trends in Food Science & Technology*. 2021. Vol. 111. P. 261–270.

8. Miyasaki E.K., Luccas V., Kieckbusch T.G. Modified soybean lecithins as inducers of the acceleration of cocoa butter crystallization // European Journal of Lipid Science and Technology. 2016. Vol. 118, P. 1539–1549.
9. Characterization and emulsifying properties of different sunflower phosphatidylcholine enriched fractions / E.N. Guiotto [et al.] // Eur. J. Lipid Sci. Technol. 2013. Vol. 115. P. 865–873.
10. Kompleksnaya pererabotka fosfolipidnyh frakcij nerafinirovannyh rastitel'nyh masel: analiz innovacionnyh tehnicheskikh podhodov / I.A. Glotova [i dr.] // Pischevaya promyshlennost'. 2019. № 1. S. 32–36.
11. Joshi A., Paratkar S.G., Thorat B.N. Modification of lecithin by physical, chemical and enzymatic methods // European Journal of Lipid Science and Technology. 2006. Vol. 108 (4). P. 363–373.
12. Patil V.V., Galge R.V., Thorat B.N. Extraction and purification of phosphatidylcholine from soyabean lecithin // Separation and Purification Technology. 2010. V. 75. P. 138–144.
13. GOST 31665-2012. Masla rastitel'nye i zhiry zhiivotnye. Poluchenie metilovyh `efirov zhirnyh kislot. M.: Standartinform, 2019. 11 s.
14. GOST 31663-2012. Masla rastitel'nye i zhiry zhiivotnye. Opredelenie metodom gazovoj hromatografii massovoj doli metilovyh `efirov zhirnyh kislot. M.: Standartinform, 2019. 11 s.
15. Arutyunyan N.S., Kornena E.P. Fosfolipidy rastitel'nyh masel. M.: Agropromizdat, 1986. 256 s.
16. Lecithins / H.G. Bueschelberger [et al.] // In book by edition V. Norn: Emulsifiers in food Technology. 2014. Chapter 2. P. 21–60.

Статья принята к публикации 15.03.2023 / The article accepted for publication 15.03.2023.

Информация об авторах:

Екатерина Валериевна Лисовая¹, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, кандидат технических наук

Елена Павловна Викторова², главный научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, доктор технических наук, профессор

Анастасия Валериевна Свердличенко³, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации, кандидат технических наук

Мариет Руслановна Жане⁴, младший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации

Information about the authors:

Ekaterina Valerievna Lisovaya¹, Senior Researcher at the Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Candidate of Technical Sciences

Elena Pavlovna Viktorova², Chief Researcher at the Department of Food Technology, Quality Control and Standardization, Doctor of Technical Sciences, Professor

Anastasia Valerievna Sverdlichenko³, Senior Researcher at the Department of Food Technologies, Quality Control and Standardization, Candidate of Technical Sciences

Mariet Ruslanovna Zhane⁴, Junior Researcher at the Department of Food Technology, Quality Control and Standardization

