

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-48-57>
УДК 547.953.2:665.372:66.063.61
© 2023



Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

Влияние особенностей химического состава модифицированных лецитинов на их поверхностно-активные и эмульгирующие свойства

Екатерина В. Лисовая*, Елена П. Викторова,
Анастасия В. Свердличенко, Мариет Р. Жане

*Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки
сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный
научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;
ул. Тополиная аллея, д. 2, г. Краснодар, 350072, Российская Федерация*

Аннотация. Известно, что лецитины, благодаря содержанию амфифильных фосфолипидов, являются природными эмульгаторами. Однако широко выпускаемые отечественными предприятиями жидкие лецитины имеют достаточно низкие эмульгирующие свойства. Модификация жидких лецитинов, заключающаяся в направленном изменении их химического состава, влияет на эффективность проявления тех или иных технологических свойств, а следовательно, и на направления их использования в технологиях эмульсионных продуктов питания. Целью работы являлось исследование влияния особенностей химического состава модифицированных лецитинов – ЛецФХ и ЛецФЭИ – на эффективность проявления поверхностно-активных и эмульгирующих свойств. Модифицированные лецитины ЛецФХ и ЛецФЭИ были получены из жидкого соевого лецитина по инновационной технологии, имеющей «ноу хау». В составе ЛецФХ преимущественно содержатся фосфатидилхолины – 85,5%, а в ЛецФЭИ в наибольшем количестве содержатся фосфатидилэтаноламины – 30,0% от общего содержания фосфолипидов. Показано различие в составе жирных кислот модифицированных лецитинов ЛецФХ и ЛецФЭИ. В результате исследования эффективности проявления поверхностно-активных свойств модифицированными лецитинами ЛецФХ и ЛецФЭИ выявлено, что эффективность проявления указанных свойств ЛецФХ выше, чем ЛецФЭИ. Установлено, что модифицированные лецитины ЛецФХ и ЛецФЭИ проявляют высокую эмульгирующую способность, при этом применение ЛецФХ в качестве эмульгатора обеспечивает получение стойких эмульсий прямого типа, а применение ЛецФЭИ – стойких эмульсий обратного типа, что обусловлено особенностями их химического состава. Это позволяет рекомендовать модифицированные лецитины ЛецФХ и ЛецФЭИ в качестве эмульгаторов в технологиях эмульсионных продуктов питания – майонезов, майонезных соусов, спредов и маргаринов.

Ключевые слова: модифицированные лецитины, химический состав, групповой состав фосфолипидов, состав жирных кислот фосфолипидов, поверхностно-активные свойства, эмульгирующая способность, стойкость эмульсий

Финансирование

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

Для цитирования: Лисовая Е.В., Викторова Е.П., Свердличенко А.В. и др. Влияние особенностей химического состава модифицированных лецитинов на их поверхностно-активные и эмульгирующие свойства. *Новые технологии / New technologies.* 2023;19(3): 48-57. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-48-57>

The influence of the chemical composition of modified lecithins on their surface-active and emulsifying properties

Ekaterina V. Lisovaya*, Elena P. Viktorova,
Anastasia V. Sverdlichenko, Mariet R. Zhane

*Krasnodar Research Institute of Storage and processing of agricultural products –
branch of the FGBNU «The North Caucasian Federal Research Center
for Horticulture, Viticulture, Winemaking»;
2 Topolinaya alley, Krasnodar, 350072, the Russian Federation*

Abstract. It is known that lecithins are known to be natural emulsifiers due to the content of amphiphilic phospholipids. However, liquid lecithins widely produced by domestic enterprises have rather low emulsifying properties. Modification of liquid lecithins, which consists in a targeted change in their chemical composition, affects the effectiveness of the manifestation of certain technological properties, and, consequently, the directions of their use in emulsion food technologies. The purpose of the research was to study the influence of the characteristics of the chemical composition of modified lecithins, namely LecPC and LecFEI, on the effectiveness of the manifestation of surface-active and emulsifying properties. The modified lecithins LecPC and LecFEI were obtained from liquid soy lecithin using innovative technology with know-how. LecPC predominantly contains phosphatidylcholines – 85.5%, and LecFEI contains phosphatidylethanolamines in the largest amount – 30.0% of the total phospholipid content. The difference in the fatty acid composition of the modified lecithins LecPC and LecFEI was shown. As a result of the study of the effectiveness of the manifestation of surface-active properties by modified lecithins LecPC and LecFEI, it was revealed that the efficiency of manifestation of these properties of LecPC was higher than that of LecFEI. It was established that the modified lecithins LecPC and LecFEI exhibited high emulsifying ability, while the use of LecPC as an emulsifier provided stable direct-type emulsions, and the use of LecFEI – stable reverse-type emulsions, which was due to the peculiarities of their chemical composition. This allows us to recommend the modified lecithins LetsPC and LetsFEI as emulsifiers in the technologies of emulsion food products – mayonnaise, mayonnaise sauces, spreads and margarines.

Keywords: modified lecithins, chemical composition, group composition of phospholipids, composition of phospholipid fatty acids, surfactant properties, emulsifying ability, emulsion stability

Financing

The research was supported by grant No 22-26-20122 of the Russian Science Foundation and the Kuban Science Foundation.

For citation: Lisovaya E.V., Viktorova E.P., Sverdlichenko A.V. [et al.] The influence of the chemical composition of modified lecithins on their surface-active and emulsifying properties. *Novye tehnologii / New technologies.* 2023; 19(3): 48-57. <https://doi.org/10.47370/2072-0920-2023-19-3-48-57>

Известно, что фосфолипиды, содержащиеся в лецитинах, являются природными поверхностно-активными веществами благодаря амфифильному строению их молекул [1, 2]. Это определяет направление использования лецитинов в качестве эмульгаторов, стабилизаторов, инкапсулирующих агентов и др. [2–4].

Однако применение жидких лецитинов, широко выпускаемых отечественными масложировыми предприятиями, в технологиях эмульсионных продуктов питания является неэффективным, т.к. жидкие лецитины представляют собой смесь целевого компонента – фосфолипидов и нейтральных липидов (триацилглицеринов и свободных жирных кислот) [5].

Для регулирования технологических свойств и расширения области применения в технологиях эмульсионных продуктов питания жидкие лецитины подвергают модификации [6, 7].

Способы модификации жидких лецитинов значительно влияют на свойства получаемых модифицированных лецитинов [6], что обусловлено направленным изменением их химического состава в процессе модификации.

В связи с тем, что модифицированные лецитины на отечественном рынке пищевых ингредиентов представлены только лецитинами зарубежного производства, разработка технологий получения модифицированных лецитинов с заданными свойствами с целью их импортозамещения, а также разработка рекомендаций по их применению в технологиях эмульсионных продуктов питания являются актуальными задачами в настоящее время.

Следует отметить, что для разработки рекомендаций по применению в технологиях продуктов питания модифицированных лецитинов необходимо исследовать влияние особенностей их химического состава на эффективность проявления технологических свойств.

Целью работы являлось исследование влияния особенностей химического состава модифицированных лецитинов – ЛецФХ и ЛецФЭИ на эффективность проявления поверхностно-активных и эмульгирующих свойств.

Модифицированные лецитины ЛецФХ и ЛецФЭИ были получены из жидкого соевого лецитина по инновационной технологии, имеющей «ноу хау», заключающейся в проведении предварительного обезжиривания жидкого соевого лецитина с получением так называемого фосфолипидного изолята с высоким содержанием собственно фосфолипидов (98,6%) [8] и дальнейшего селективного разделения фосфолипидного изолята с применением этилового спирта.

Качественный и количественный состав фосфолипидов, содержащихся в модифицированных лецитинах – ЛецФХ и ЛецФЭИ – отличается значительно.

В составе ЛецФХ преимущественно содержатся фосфатидилхолины (ФХ) – 85,5%, содержание фосфатидидэтанолламинов (ФЭА) соответствует 11,5%, а содержание фосфатидилинозитолов (ФИ) – 3,0%, при этом в ЛецФХ отсутствуют фосфатидилсерины (ФС), фосфатидные кислоты (ФК) и дифосфатидилглицерины (ДФГ). В отличие от ЛецФХ состав фосфолипидов ЛецФЭИ представлен ФЭА (30,0%), ФИ (19,0%), ФК (19,0%), ДФГ (18,0%), а также ФС (9,0%) и ФХ (5,0%) (рис. 1).

При исследовании качественного и количественного состава жирных кислот, содержащихся в ЛецФХ и ЛецФЭИ, установлено, что в составе ЛецФХ, в отличие от ЛецФЭИ, присутствует в незначительном количестве миристиновая кислота ($C_{14:0}$) и отсутствуют насыщенные жирные кислоты с большим числом углеродных атомов – арахидоновая ($C_{20:0}$), бегеновая ($C_{22:0}$) и лигноцеридиновая ($C_{24:0}$).

Кроме этого, в отличие от ЛецФЭИ, в составе мононенасыщенных жирных кислот ЛецФХ присутствуют в

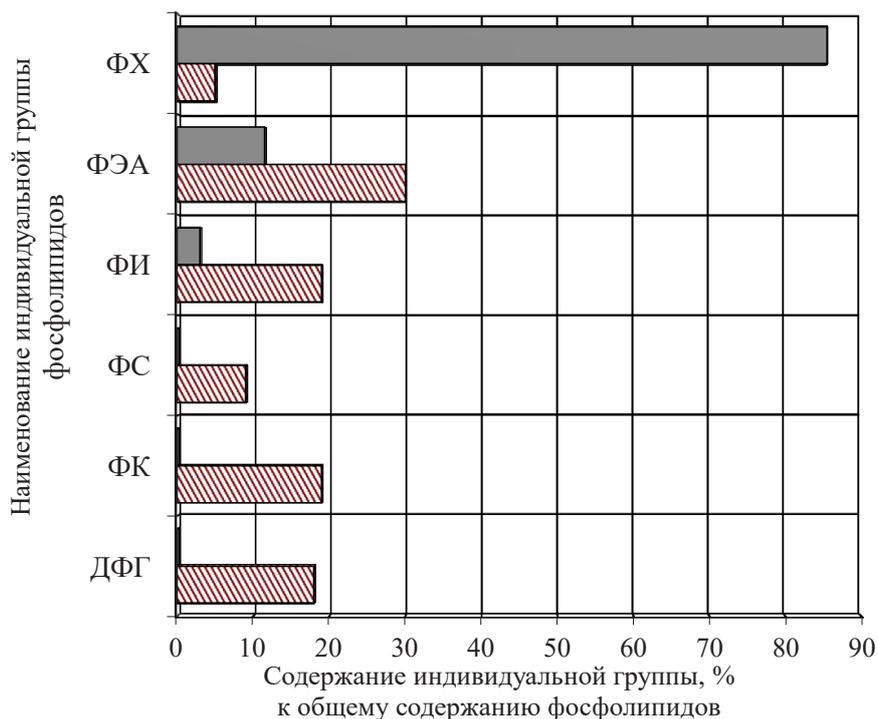


Рис. 1. Качественный и количественный состав фосфолипидов, содержащихся в модифицированных лецитинах ЛецФХ (■) и ЛецФЭИ (▨)

Fig. 1. Qualitative and quantitative composition of phospholipids contained in modified lecithins LecPC (■) and LecFEI (▨)

незначительных количествах пальмитолиновая ($C_{16:1}$) и эйкозеновая ($C_{20:1}$) жирные кислоты.

Качественный состав полиненасыщенных жирных кислот ЛецФХ и ЛецФЭИ не отличается и представлен линолевой ($C_{18:2}$) и линоленовой ($C_{18:3}$) жирными кислотами.

Анализ количественного состава насыщенных жирных кислот (НЖК) ЛецФХ и ЛецФЭИ показал, что в них преобладает пальмитиновая кислота ($C_{16:0}$) и в меньшем количестве стеариновая кислота ($C_{18:0}$), причем суммарное содержание НЖК в ЛецФЭИ на 5,64% выше, чем в ЛецФХ (рис. 2).

Кроме этого, установлено, что в ЛецФХ суммарное содержание мононенасыщенных жирных кислот (МНЖК) на 3,22% выше, чем в ЛецФЭИ, а суммарное содержание полиненасыщенных жирных

кислот (ПНЖК) в ЛецФХ на 2,42% выше, чем в ЛецФЭИ.

Таким образом, на основании исследования особенностей химического состава модифицированных лецитинов установлено, что качественный и количественный состав содержащихся в модифицированных лецитинах ЛецФХ и ЛецФЭИ фосфолипидов и жирных кислот, от которых в значительной степени зависят их технологические свойства (поверхностно-активные и эмульгирующие), отличаются, а следовательно, модифицированные лецитины – ЛецФХ и ЛецФЭИ – будут характеризоваться различной эффективностью проявления указанных свойств.

Для исследования эффективности проявления поверхностно-активных свойств модифицированными лецитинами ЛецФХ и ЛецФЭИ определяли

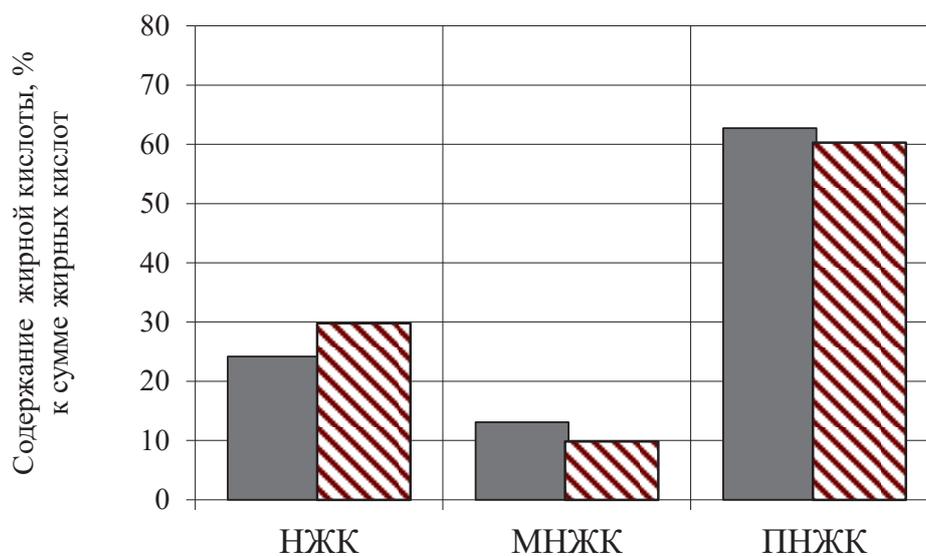


Рис. 2. Суммарное содержание жирных кислот в модифицированных лецитинах ЛецФХ (■) и ЛецФЭИ (▨)

Fig. 2. Total fatty acid content in modified lecithins LetsFH (■) and LetsFEI (▨)

межфазное натяжение на границе раздела полярной и неполярной фаз в зависимости от концентрации модифицированных лецитинов в неполярной фазе. При этом полярной фазой являлась бидистиллированная вода, а неполярной фазой – модельное масло, а именно, рафинированное дезодорированное вымороженное подсолнечное масло, не содержащее поверхностно-активных веществ. Для интерпретации полученных экспериментальных данных использовали уравнение Шишковского [9]:

$$\sigma_0 - \sigma_i = R \cdot T \cdot \Gamma_{max} \cdot \ln \left(1 + \frac{C_i}{A} \right) \quad (1)$$

где σ_0 – межфазное натяжение на границе раздела фаз «вода – модельное масло», Н/м;

σ_i – межфазное натяжение на границе раздела фаз «вода – раствор модифицированного лецитина в модельном масле с концентрацией c_i », Н/м;

R – универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/(моль·К);

T – температура, К;

Γ_{max} – максимальная адсорбция Гиббса, моль/м²;

c_i – концентрация модифицированного лецитина в модельном масле, моль/л;

A – константа, моль/л.

Константы R , T , Γ_{max} , σ_0 и A рассчитывали по трем экспериментальным точкам, решая систему уравнений (1).

Поверхностную активность рассчитывали по формуле [9]:

$$-\left(\frac{d\sigma}{dc}\right)_{c \rightarrow 0} = \frac{R \cdot T \cdot \Gamma_{max}}{A} \quad (2)$$

В связи с тем, что оценку поверхностной активности модифицированных лецитинов необходимо проводить при очень низкой концентрации лецитинов в модельном масле, т.е. при $c \rightarrow 0$ были приготовлены растворы модифицированных лецитинов в модельном масле с концентрацией: $c_1=0,1 \cdot 10^{-4}$ моль/л; $c_2=0,2 \cdot 10^{-4}$ моль/л и $c_3=0,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л.

Для приготовления указанных растворов среднюю молекулярную массу модифицированных лецитинов – ЛецФХ и ЛецФЭИ – рассчитывали с учетом состава и содержания индивидуальных групп фосфолипидов в лецитинах, а также с учетом состава и содержания жирных кислот в индивидуальных группах фосфолипидов.

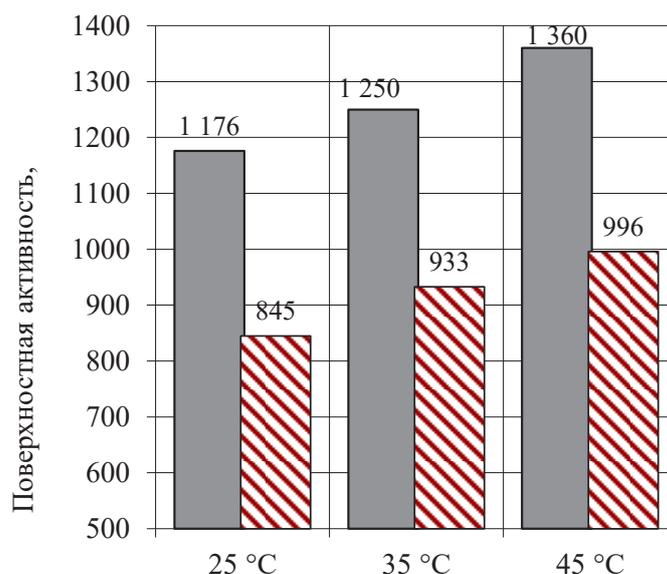


Рис. 3. Поверхностная активность модифицированных лецитинов:
ЛецФХ (■) и ЛецФЭИ (▨)

Fig. 3. Surface activity of modified lecithins:
LetsFH (■) and LetsFEI (▨)

На рис. 3 приведены результаты, характеризующие поверхностную активность модифицированных лецитинов при температурах 25 °С, 35 °С и 45 °С. Следует отметить, что выбор указанных температур обусловлен традиционными режимами применения ПАВ в технологиях продуктов питания.

Из данных рис. 3 видно, что поверхностная активность модифицированного лецитина ЛецФХ выше, чем поверхностная активность модифицированного лецитина ЛецФЭИ, что объясняется более высоким содержанием в ЛецФХ фосфатидилхолинов, проявляющих в большей степени, по сравнению с другими фосфолипидами, поверхностную активность [9].

Следует отметить, что поверхностная активность ЛецФХ и ЛецФЭИ с повышением температуры увеличивается.

Таким образом, в результате анализа экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что модифицированные лецитины, полученные по разработанной инновационной технологии, проявляют

поверхностно-активные свойства, при этом эффективность проявления указанных свойств модифицированным лецитином ЛецФХ выше, чем модифицированным лецитином ЛецФЭИ.

На следующем этапе изучали эмульгирующие свойства модифицированных лецитинов, которые характеризуются эмульгирующей способностью, т.е. способностью повышать устойчивость эмульсионных систем.

Известно, что на устойчивость эмульсионных систем, в том числе макро-, микро- и наноэмульсий, оказывает влияние протекание процессов седиментации, коагуляции и коалесценции [10–12].

Протекание указанных процессов обусловлено многими факторами и, прежде всего, типом эмульгатора, способом получения эмульсии, соотношением эмульгируемых фаз (масляной и водной), количеством эмульгатора и некоторых других.

Для сравнительной оценки эмульгирующих свойств и определения способности модифицированных

лецитинов ЛецФХ и ЛецФЭИ стабилизировать эмульсии прямого (масло в воде) или обратного (вода в масле) типов были созданы условия, исключая влияние таких факторов, как соотношение эмульгируемых фаз (масляной и водной), способ получения эмульсии, а также количество вводимого в эмульгируемую систему модифицированного лецитина (ЛецФХ или ЛецФЭИ).

Учитывая это, соотношение эмульгируемых фаз, т.е. соотношение масляной и водной фаз, составляло 50:50, модифицированные лецитины вводили в эмульгируемую систему, предварительно растворив их в водной фазе, в количестве 2% к массе водной фазы. Эмульсию получали при температуре 35 °С путем интенсивного перемешивания масляной и водной фаз в гомогенизаторе при 200 с⁻¹ в течение 5 минут.

Установлено, что при вводе в эмульгируемую систему модифицированного

лецитина ЛецФХ формируется эмульсия прямого типа «масло в воде» (м/в), что обусловлено высоким содержанием фосфатидилхолинов, образующих в воде ламеллярные структуры, а при вводе модифицированного лецитина ЛецФЭИ – эмульсия обратного типа «вода в масле» (в/м), что обусловлено высоким содержанием фосфатидилэтанолламинов, образующих в воде обратные гексагональные структуры, обуславливающие изменение типа эмульсии [7].

Для оценки стойкости полученных эмульсий их выдерживали при температуре 60 °С в течение 72 часов, при этом через каждые 12 часов определяли процент неразрушенной эмульсии.

В таблице приведены полученные экспериментальные данные.

Из данных таблицы видно, что стойкость эмульсии прямого типа, полученной с применением модифицированного

Таблица

Влияние модифицированных лецитинов на тип эмульсии и ее стойкость

Table

The influence of modified lecithins on the type of emulsion and its stability

Показатели	Характеристика и значение показателя для	
	ЛецФХ	ЛецФЭИ
Тип эмульсии	м/в (прямая)	в/м (обратная)
Стойкость эмульсии, % неразрушенной эмульсии: свежеприготовленной после выдерживания при температуре 60 °С в течение:	100	100
12 ч	100	100
24 ч	100	100
36 ч	100	100
48 ч	100	100
60 ч	100	100
72 ч	100	98

лецитина ЛецФХ, высокая и составляет 100%, а стойкость эмульсии обратного типа, полученной с применением модифицированного лецитина ЛецФЭИ, также высокая и составляет 98% после

выдерживания эмульсий в течение 72 часов при температуре 60 °С.

Таким образом, на основании проведенных исследований установлено, что эффективность проявления

поверхностно-активных и эмульгирующих свойств модифицированных лецитинов ЛецФХ и ЛецФЭИ, полученных по разработанной инновационной технологии, в значительной степени зависит от особенностей их химического состава.

Установлено, что модифицированные лецитины ЛецФХ и ЛецФЭИ проявляют поверхностно-активные свойства и высокую эмульгирующую способность, при этом применение

модифицированного лецитина ЛецФХ в качестве эмульгатора обеспечивает получение стойких эмульсий прямого типа, а применение модифицированного лецитина ЛецФЭИ в качестве эмульгатора – стойких эмульсий обратного типа. Это позволяет рекомендовать модифицированные лецитины в качестве эмульгаторов в технологиях эмульсионных продуктов питания – майонезов, майонезных соусов, спредов и маргаринов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Bot F., Cossuta D., O'Mahony J.A. Inter-relationships between composition, physicochemical properties and functionality of lecithin ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 111: 261–270.
2. Лисовая Е.В., Викторова Е.П., Шахрай Т.А. и др. Фосфолипиды жидких растительных лецитинов и способы их модификации. *Вестник ЮУрГУ. Серия: Пищевые и биотехнологии*. 2023; 11(1): 5–18.
3. Komaiko J., Sastrosubroto A., McClements D.J. Formation of Oil-in-Water Emulsions from Natural Emulsifiers Using Spontaneous Emulsification: Sunflower Phospholipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63: 10078–10088.
4. Arepally D., Reddy R.S., Goswami T.K. [et al.] Biscuit baking: A review. *LWT – Food Science and Technology*. 2020; 131: 109726.
5. Lisovaya E. [et al.] Research of the chemical composition peculiarities of food additives – vegetable lecithins for the development of methods for assessing their quality. *BIO Web of Conferences*. 2021; 34: 06009.
6. Cabezas D.M., Madoery R., Diehl B.W.K. [et al.] Emulsifying properties of different modified sunflower lecithins. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 2012; 89(2): 355–361.
7. Nieuwenhuyzen W., Tomás M.C. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008; 110(5): 472–486.
8. Лисовая Е.В., Викторова Е.П., Свердличенко А.В., Жане М.Р. Влияние ультразвукового воздействия на эффективность процесса обезжиривания жидких лецитинов. *Техника и технология пищевых производств*. 2023; 53(3): 445–454.
9. Арутюнян Н.С., Корнена Е.П. Фосфолипиды растительных масел. М.: Агропромиздат, 1986.
10. МакКена Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы. СПб: Профессия, 2008.
11. Малкин А.Я., Куличихин В.Г. Структура и реологические свойства высококонцентрированных эмульсий. *Современный взгляд. Успехи химии*. 2015; 85: 803–825.
12. Tadros T., Izquierdo P., Esquena J. [et al.] Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2004; 108/109: 303–318.

REFERENCES:

1. Bot F., Cossuta D., O'Mahony J.A. Inter-relationships between composition, physicochemical properties and functionality of lecithin ingredients. *Trends in Food Science & Technology*. 2021; 111: 261–270.
2. Lisovaya E.V., Viktorova E.P., Shakhrai T.A. [et al.] Phospholipids of liquid plant lecithins and methods of their modification. *Bulletin of SUSU. Series: Food and biotechnology*. 2023; 11(1): 5–18.
3. Komaiko J., Sastrosubroto A., McClements D.J. Formation of Oil-in-Water Emulsions from Natural Emulsifiers Using Spontaneous Emulsification: Sunflower Phospholipids. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015; 63: 10078–10088.

4. Arepally D., Reddy R.S., Goswami T.K. [et al.] Biscuit baking: A review. *LWT – Food Science and Technology*. 2020; 131:109726.
5. Lisovaya E. [et al.] Research of the chemical composition peculiarities of food additives – vegetable lecithins for the development of methods for assessing their quality. *BIO Web of Conferences*. 2021; 34:06009.
6. Cabezas D.M., Madoery R., Diehl B.W.K. [et al.] Emulsifying properties of different modified sunflower lecithins. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 2012; 89(2): 355–361.
7. Nieuwenhuyzen W., Tomás M.C. Update on vegetable lecithin and phospholipid technologies. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 2008; 110(5): 472–486.
8. Lisovaya E.V., Viktorova E.P., Sverdlichenko A.V., Zhane M.R. The influence of ultrasonic exposure on the efficiency of the degreasing process of liquid lecithins. *Equipment and technology of food production*. 2023; 53(3): 445–454.
9. Arutyunyan N.S., Kornena E.P. *Phospholipids of vegetable oils*. M.: Agropromizdat, 1986.
10. McKenna B.M. *Structure and texture of food products. Products of emulsion nature*. SPb: Profession; 2008.
11. Malkin A.Ya., Kulichikhin V.G. Structure and rheological properties of highly concentrated emulsions. *Modern look. Advances in chemistry*. 2015; 85: 803–825.
12. Tadros T., Izquierdo P., Esquena J. [et al.] Formation and stability of nano-emulsions. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2004; 108/109: 303–318.

Информация об авторах / Information about the authors

Екатерина Валериевна Лисовая, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
e-mail: e.kabalina@mail.ru
тел.: +7 (961) 504-21-27

Елена Павловна Викторова, доктор технических наук, профессор главный научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»
e-mail: kornena@bk.ru
тел.: +7 (918) 078-65-78

Ekaterina V. Lisovaya, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food technology, Quality control and Standardization, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasian Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»
e-mail: e.kabalina@mail.ru
tel.: +7 (961)504-21-27

Elena P. Viktorova, Dr. Sci. (Eng.), Professor, Chief Researcher, Department of Food technology, Quality control and Standardization of Krasnodar Research Institute of Storage and processing of agricultural products – a branch of FSBSI «The North Caucasian Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»
e-mail: kornena@bk.ru
tel.: +7 (918) 078-65-78

Анастасия Валериевна Свердличенко, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

e-mail: a.v.chernenko@list.ru

тел.: +7 (960) 475-51-70

Мариет Руслановна Жане, младший научный сотрудник отдела пищевых технологий, контроля качества и стандартизации Краснодарского научно-исследовательского института хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиала ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»

e-mail: mariyet.zhane_87@bk.ru

тел.: +7 (929) 840-70-09

Anastasia V. Sverdlichenko, PhD (Eng.), Senior Researcher, Department of Food technology, Quality control and Standardization, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of FSBSI «The North Caucasian Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»

e-mail: a.v.chernenko@list.ru

tel.: +7 (960) 475-51-70

Mariet R. Zhane, Junior Researcher, Department of Food technology, Quality control and Standardization, Krasnodar Research Institute of Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasian Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking»

e-mail: mariyet.zhane_87@bk.ru

tel.: +7 (929) 840-70-09

Поступила в редакцию 02.08.2023; поступила после доработки 15.09.2023; принята к публикации 19.09.2023

Received 02.08.2023; Revised 15.09.2023; Accepted 19.09.2023