

**Викторова Е.П., Лисовая Е.В., Агафонов О.С., Мартовщук В.И.**  
**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ПРОЦЕССА МИЦЕЛЛООБРАЗОВАНИЯ**  
**ФОСФОЛИПИДОВ РАПСОВЫХ И ПОДСОЛНЕЧНЫХ ЛЕЦИТИНОВ**  
**В НЕПОЛЯРНЫХ РАСТВОРИТЕЛЯХ**

Викторова Елена Павловна, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по науке<sup>1</sup>, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия»;  
Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Тополиная аллея, 2

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;  
Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 2

E-mail: kisp@kubannet.ru

Лисовая Екатерина Валериевна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела контроля качества и стандартизации

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

E-mail: e.kabalina@mail.ru

Агафонов Олег Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела физических методов исследований

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В.С. Пустовойта»

E-mail: sacred\_jktu@bk.ru

Мартовщук Валерий Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры технологии жиров, косметики, товароведения, процессов и аппаратов

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет»;  
350072, Россия, г. Краснодар, ул. Московская, 2

E-mail: ktgr11@mail.ru

*Известно, что способность фосфолипидов, содержащихся в растительных лецитинах, к мицеллообразованию в растворах неполярных растворителей зависит от особенностей их химического состава. Целью исследования являлось проведение сравнительной оценки процесса мицеллообразования фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов в неполярных растворителях для подтверждения эффективности применения в качестве неполярного растворителя четыреххлористого углерода, обеспечивающего снижение степени мицеллообразования фосфолипидов рапсовых лецитинов и позволяющего осуществить определение кислотного числа рапсовых лецитинов на основе импульсного метода ядерного магнитного резонанса.*

*Показано, что в модельном масле и четыреххлористом углероде фосфолипиды рапсовых лецитинов аналогично фосфолипидам подсолнечных лецитинов образуют мицеллярные растворы, а процесс мицеллообразования фосфолипидов характеризуется двумя значениями критической концентрации мицеллообразования –  $KKM_1$  и  $KKM_2$ , что свидетельствует об образовании молекулами фосфолипидов рапсовых масел в неполярных растворителях различных мицеллярных структур. В результате сопоставления значений  $KKM_1$  и  $KKM_2$  для фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов в неполярных растворителях с целью сравнения способности к мицеллообразованию молекул фосфолипидов указанных лецитинов, установлено, что молекулы фосфолипидов рапсовых лецитинов как в модельном масле, так и в четыреххлористом углероде в меньшей степени проявляют способность к мицеллообразованию по сравнению с молекулами фосфолипидов подсолнечных лецитинов. Показана эффективность применения в качестве неполярного растворителя четыреххлористого углерода, обеспечивающего снижение степени мицеллообразования фосфолипидов рапсовых лецитинов и позволяющего осуществить определение кислотного числа рапсовых лецитинов на основе импульсного метода ядерного магнитного резонанса.*

**Ключевые слова:** *фосфолипиды, рапсовые лецитины, подсолнечные лецитины, процесс мицеллообразования, неполярные растворители.*

**Для цитирования:** Викторова Е.П., Лисовая Е.В., Агафонов О.С., Мартовщук В.И. Сравнительная оценка процесса мицеллообразования фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов в неполярных растворителях // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 19-28. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10102

**Victorova E.P., Lisovaya E.V., Agafonov O.S., Martovshchuk V.I.  
COMPARATIVE EVALUATION OF THE MICELLE FORMATION PROCESS OF  
PHOSPOLIPIDS OF RAPESEED AND SUNFLOWER LECITHINES  
IN NONPOLAR SOLVENTS**

Victorova Elena Pavlova, Doctor of Technical Sciences, professor, Deputy Director for Science<sup>1</sup>, professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Commodity Science, Processes and Apparatus<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products – a branch of the FSBSI «The North Caucasus Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Wine-Making»,

Russia, 350072, Krasnodar, 2 Topolinaya alley

<sup>2</sup>FSBEI HE «Kuban State Technological University»;

Russia, 350072, Krasnodar, 2 Moscow Str.

E-mail: [kisp@kubannet.ru](mailto:kisp@kubannet.ru)

Lisovaya Ekaterina Valerievna, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Quality Control and Standardization

Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products - a branch FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, Wine-Making»,

Russia, 350072, Krasnodar, 2 Topolinaya alley

E-mail: [e.kabalina@mail.ru](mailto:e.kabalina@mail.ru);

Agafonov Oleg Sergeevich, Candidate of Technical Sciences, a senior Researcher of the Department of Physical Methods of Research

FSBSI «All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoi»

E-mail: [sacred\\_jktu@bk.ru](mailto:sacred_jktu@bk.ru);

Martovshchuk Valery Ivanovich, Doctor of Technical Sciences, professor, professor of the Department of Technology of Fats, Cosmetics, Merchandising, Processes and Apparatus

FSBEI HE «Kuban State Technological University»;

Russia, 350072, Krasnodar, 2 Moscow Str.

E-mail: [ktgr11@mail.ru](mailto:ktgr11@mail.ru)

*It is known that the ability of phospholipids in plant lecithins to micelle formation in solutions of non-polar solvents depends on their chemical composition. The aim of the study was to conduct a comparative assessment of the process of micelle formation of phospholipids of rapeseed and sunflower lecithins in non-polar solvents to confirm the effectiveness of using carbon tetrachloride as a non-polar solvent, which reduces the micelle formation of phospholipids of rapeseed lecithins and allows us to determine the acidic number of rapeseed lecithins based on the pulsed method of nuclear magnetic resonance.*

*It is shown that phospholipids of rapeseed lecithins in the model oil and carbon tetrachloride form micellar solutions, and micelle formation process of phospholipids is characterized by two values of the critical micelle concentration – CMC1 and CMC2, indicating the formation of rapeseed oil phospholipids in nonpolar solvents of different micellar structures by the molecules. As a result of comparing the values of CMC1 and CMC2 for phospholipids of rapeseed and sunflower lecithins in non-polar solvents in order to compare the ability for micelle formation of phospholipid molecules of these lecithins, it's been established that the molecules of phospholipids of rapeseed lecithins in both model oil and carbon tetrachloride show the ability to micelle formation in a lesser extent than phospholipid molecules of sunflower lecithins. The effectiveness of the use of carbon tetrachloride as a non-polar solvent, which reduces micellization of phospholipids of rapeseed lecithins and allows determination of the acid number of rapeseed lecithins based on the pulsed nuclear magnetic resonance method has been shown.*

**Key words:** *phospholipids, rapeseed lecithins, sunflower lecithins, micelle formation process, non-polar solvents.*

**For citation:** Victorova E.P., Lisovaya E.V., Agafonov O.S., Martovshchuk V.I. Comparative evaluation of the micelle formation process of phospholipids of rapeseed and sunflower lecithins in nonpolar solvents // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Iss. 1(47). P. 19-28. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10102)

Известно, что фосфолипиды, содержащиеся в лецитинах, получаемых из растительных масел, в растворах неполярных растворителей, к которым относится масло, способны образовывать мицеллы различных порядков, при этом способность фосфолипидов к мицеллообразованию зависит от особенностей их химического состава и количественно характеризуется двумя значениями критической концентрации мицеллообразования (ККМ<sub>1</sub> и ККМ<sub>2</sub>) [1, 2].

Следует отметить, что проявление фосфолипидами растительных лецитинов способности к мицеллообразованию также подтверждено результатами исследований

ядерно-магнитных релаксационных характеристик растительных лецитинов, на основании которых установлено, что лецитины представляют собой сложноструктурированные 4-компонентные системы, 3-я и 4-я компоненты которых – это молекулы фосфолипидов, ассоциированные в агрегаты (мицеллы) различных порядков [3-6].

Кроме этого, в работе [2] при изучении процесса мицеллообразования фосфолипидов подсолнечных лецитинов в неполярных растворителях, а именно, в модельном масле и в четыреххлористом углероде, была показана практическая значимость полученных данных для разработки способа определения кислотного числа подсолнечных лецитинов с применением импульсного метода ядерного магнитного резонанса.

Основываясь на вышеизложенном, представляет интерес провести сравнительную оценку процесса мицеллообразования фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов в неполярных растворителях для подтверждения эффективности применения в качестве неполярного растворителя четыреххлористого углерода, обеспечивающего снижение степени мицеллообразования фосфолипидов рапсовых лецитинов и позволяющего осуществить определение кислотного числа рапсовых лецитинов на основе импульсного метода ядерного магнитного резонанса.

Процесс мицеллообразования фосфолипидов рапсовых лецитинов изучали на основании построения изотерм межфазного натяжения (на границе с дистиллированной водой) растворов фосфолипидов, выделенных путем обезжиривания лецитинов по методике [7], в модельном масле (рафинированное дезодорированное вымороженное) и в четыреххлористом углероде в зависимости от концентрации указанных растворов, при этом межфазное натяжение определяли в соответствии с методикой, приведенной в работе [8].

Изотермы межфазного натяжения ( $\sigma$ ) растворов фосфолипидов рапсовых лецитинов в модельном масле представлены на рисунке 1, а на рисунке 2 – изотермы межфазного натяжения ( $\sigma$ ) растворов фосфолипидов в четыреххлористом углероде в зависимости от концентрации растворов ( $\lg c$ ).

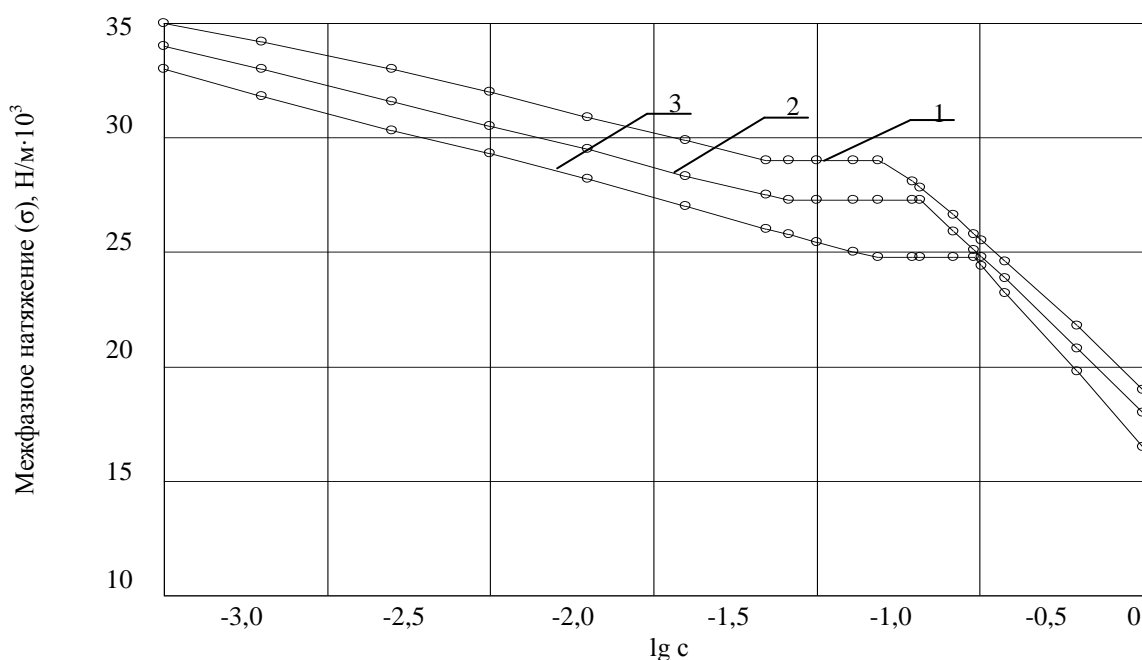
Анализ графических зависимостей, показанных на рисунках 1 и 2, позволяет заключить, что в неполярных растворителях фосфолипиды рапсовых лецитинов аналогично фосфолипидам подсолнечных лецитинов образуют мицеллярные растворы, а изломы изотерм характеризуют структурные превращения мицеллярной фазы. В этом случае, процесс мицеллообразования характеризуется двумя значениями критической концентрации мицеллообразования –  $ККМ_1$  и  $ККМ_2$ .

Так, при  $c > ККМ_1$ , где  $c$  – это концентрация фосфолипидов в растворе, образуются мицеллы низких порядков, преимущественно сферической формы, а при  $c > ККМ_2$  – мицеллы высоких порядков (ассиметричные несферические).

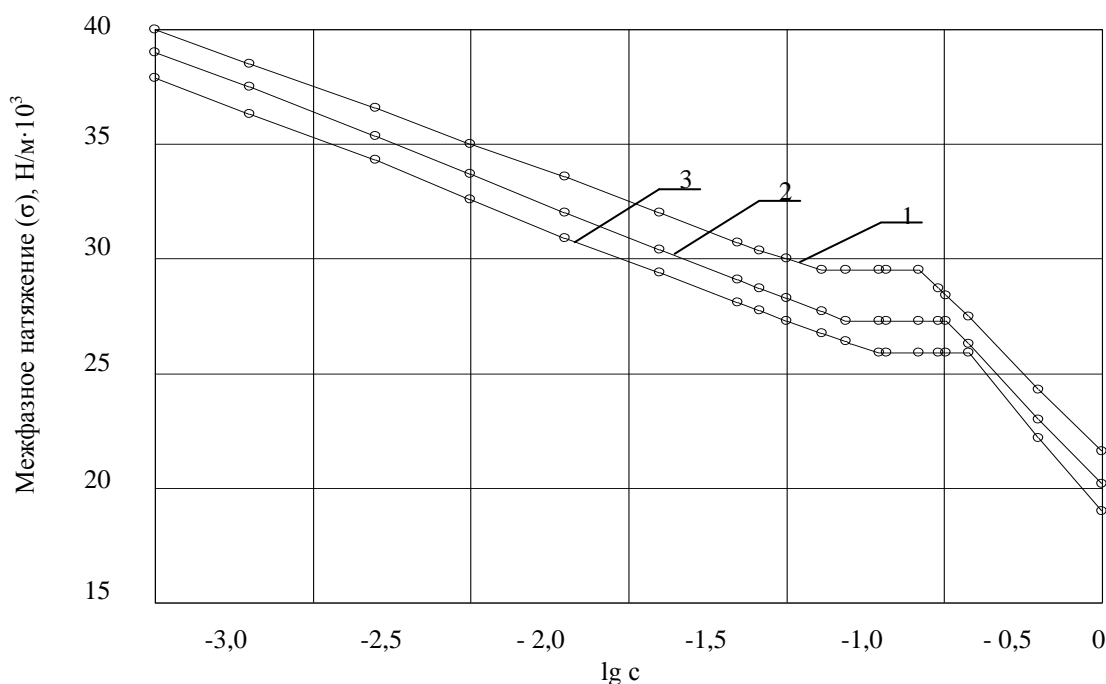
Стоит заметить, что при одних и тех же температурах и концентрациях межфазное натяжение растворов фосфолипидов в модельном масле ниже, чем в четыреххлористом углероде, что связано с химическим составом среды, а именно, большим сходством молекул фосфолипидов и масла по сравнению с молекулами фосфолипидов и четыреххлористого углерода.

Учитывая, что значения ККМ характеризуют способность фосфолипидов к мицеллообразованию, на основании изотерм межфазного натяжения растворов фосфолипидов (рис. 1 и 2) определены указанные характеристики.

На рисунке 3 приведены диаграммы сравнения значений  $ККМ_1$  и  $ККМ_2$  для фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов в модельном масле, позволяющие сопоставить способность молекул фосфолипидов указанных лецитинов к мицеллообразованию и сравнить степень мицеллообразования фосфолипидов рапсовых и подсолнечных лецитинов [2].

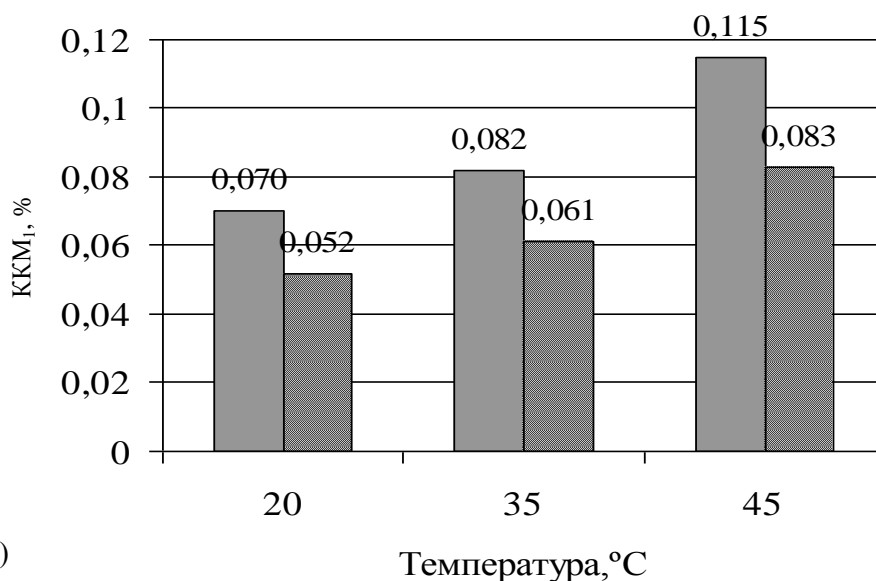


**Рис. 1.** Изотермы межфазного натяжения растворов фосфолипидов, содержащихся в рапсовых лецитинах, в модельном масле при температурах: 1 – 20°C; 2 – 35°C; 3 – 45°C

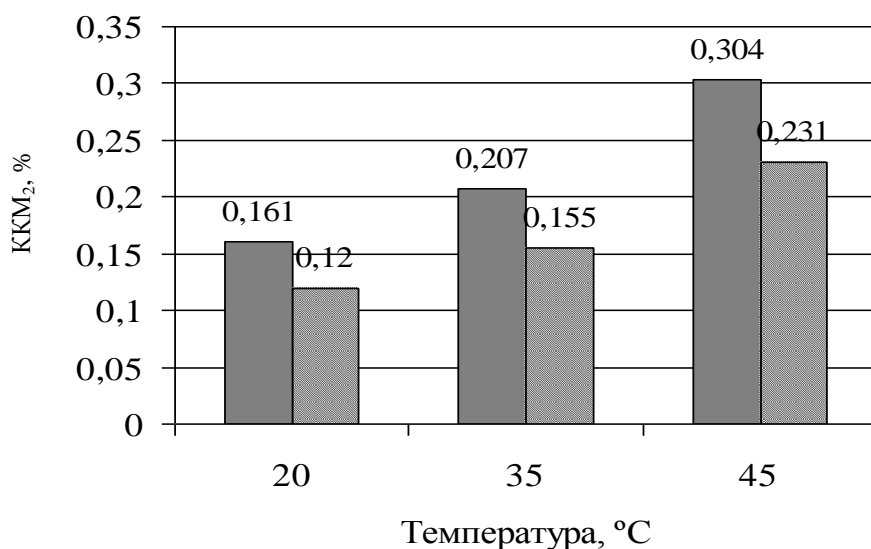


**Рис. 2.** Изотермы межфазного натяжения растворов фосфолипидов, содержащихся

в рапсовых лецитинах, в четыреххлористом углероде при температурах:  
1 – 20°C; 2 – 35°C; 3 – 45°C



а)



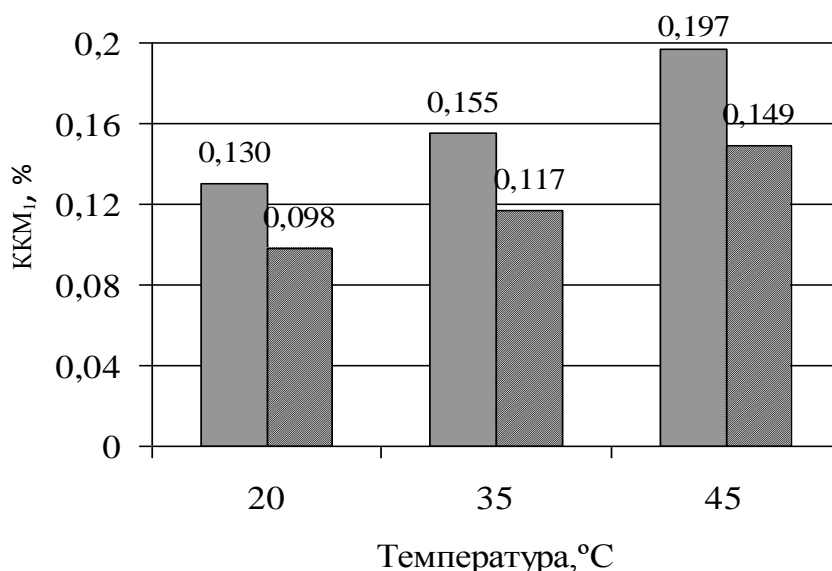
б)

**Рис. 3.** Критические концентрации мицеллообразования  $KKM_1$  (а) и  $KKM_2$  (б) в модельном масле фосфолипидов:

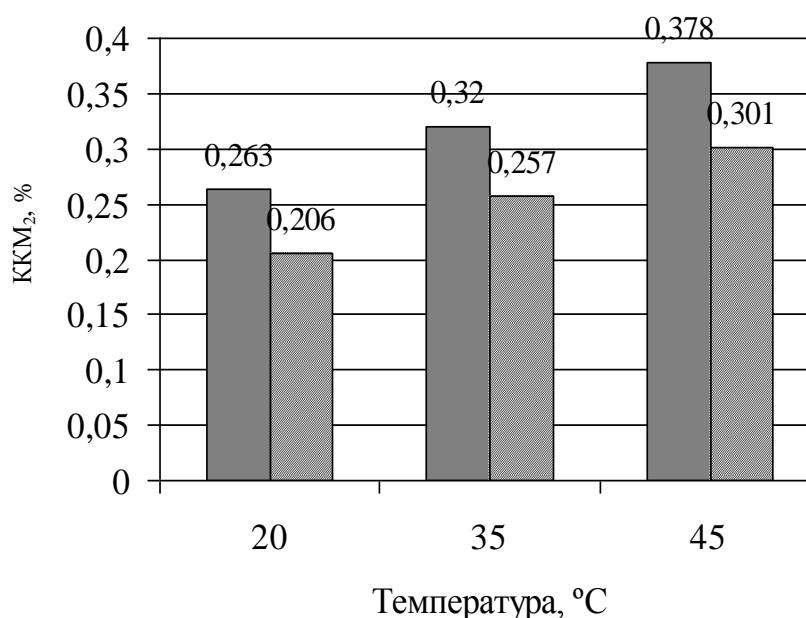
■ - рапсовых лецитинов; ▨ - подсолнечных лецитинов

Из приведенных на гистограммах данных видно, что значения  $KKM_1$  (рис. 3, а) и  $KKM_2$  (рис. 3, б) для фосфолипидов рапсовых лецитинов в модельном масле выше по сравнению со значениями указанных критических концентраций мицеллообразования для фосфолипидов подсолнечных лецитинов в том же растворителе, что свидетельствует о меньшей способности к мицеллообразованию фосфолипидов рапсовых лецитинов, потому как, чем способность к мицеллообразованию ниже, тем выше значения ККМ.

Представленные на рисунке 4 данные, позволяют заключить, что фосфолипиды рапсовых лецитинов в четыреххлористом углероде так же в меньшей степени проявляют способность к мицеллообразованию по сравнению с фосфолипидами подсолнечных лецитинов.



а)



б)

**Рис. 4.** Критические концентрации мицеллообразования  $KKM_1$  (а) и  $KKM_2$  (б) в четыреххлористом углероде фосфолипидов:

■ - рапсовых лецитинов; ▨ - подсолнечных лецитинов

Диаграммы сравнения значений  $KKM_1$  и  $KKM_2$  для фосфолипидов рапсовых лецитинов и фосфолипидов подсолнечных лецитинов [2] в четыреххлористом углероде приведены на рисунке 4.

Указанный факт, возможно, объяснить количественным различием отдельных групп фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных и рапсовых лецитинах.

В частности, суммарное содержание групп фосфолипидов, в наибольшей степени способных к мицеллообразованию из всех групп фосфолипидов, а именно, фосфатидилхолинов, фосфатидилэтаноламинов и фосфатидилинозитолов, как показали наши исследования, ниже, по сравнению с содержанием данных групп в фосфолипидах

подсолнечных лецитинов, из чего следует, что фосфолипиды рапсовых лецитинов характеризуются более низкой способностью к мицеллообразованию.

Необходимо отметить, что проявление способности к мицеллообразованию фосфолипидами рапсовых лецитинов, как и фосфолипидами подсолнечных лецитинов в четыреххлористом углероде ниже, чем в модельном масле.

Таким образом, полученные данные позволили сделать заключение об эффективности применения четыреххлористого углерода в качестве неполярного растворителя, позволяющего снизить степень мицеллообразования фосфолипидов рапсовых лецитинов, что обеспечит повышение содержания в растворе реакционноспособных индивидуальных молекул фосфолипидов, в том числе фосфатидилсеринов и фосфатидных кислот, которые проявляют кислотные свойства, а значит, даст возможность осуществить определение кислотного числа рапсовых лецитинов с применением метода ядерного магнитного резонанса.

#### *Литература:*

1. Арутюнян Н.С., Корнена Е.П. Фосфолипиды растительных масел. Москва: Агропромиздат, 1986. 256 с.
2. Влияние природы растворителя на процесс мицеллообразования фосфолипидов, содержащихся в подсолнечных лецитинах / Е.П. Викторова [и др.] // Известия ВУЗов. Пищевая технология. 2018. №2/3. С. 35-37.
3. Исследование ядерно-магнитных релаксационных характеристик рапсовых лецитинов / О.С. Агафонов [и др.] // Новые технологии. 2015. Вып. 3. С. 9-14.
4. Совершенствование экспресс-способа оценки качества подсолнечных лецитинов с применением метода ядерно-магнитной релаксации / Е.П. Викторова [и др.] // Известия Вузов. Пищевая Технология. 2016. №4. С. 87-91.
5. Экологически безопасный экспресс-способ оценки качества рапсовых лецитинов с применением метода ядерно-магнитной релаксации / О.С. Агафонов [и др.] // Новые технологии. 2016. Вып. 3. С. 11-15.
6. Разработка экологически безопасного экспресс-способа оценки качества соевых лецитинов / Е.П. Викторова [и др.] // Научный журнал КубГАУ. 2016. №07(121). С. 698-707.
7. ГОСТ 32052-2013. Добавки пищевые. Лецитины E322. Общие технические условия. Введ. 2014-01-01. Москва: Стандартинформ, 2013. 28 с.
8. Мартовщук В.И., Мгебришвили Т.В., Мартовщук Е.В. Ускоренный метод определения гидрофильных фосфолипидов // Масложировая промышленность. 1986. №7. С. 10-12.

#### **Literature:**

1. Arutyunyan N.S., Kornena E.P. Phospholipids of vegetable oils. Moscow: Agropromizdat, 1986. 256 p.
2. The influence of the nature of the solvent on the process of micelle formation of phospholipids contained in sunflower lecithins / E.P. Viktorova [et al.] // Proceedings of Universities. Food technology. 2018. №2/3. P. 35-37.



3. Study of nuclear magnetic relaxation characteristics of rape lecithins / O.S. Agafonov [et al.] // New technologies. 2015. Vol. 3. P. 9-14.
4. Improving the express method of assessing the quality of sunflower lecithins using the method of nuclear magnetic relaxation / E.P. Viktorova [et al.] // Proceedings of Universities. Food Technology. 2016. No. 4. P. 87-91.
5. Environmentally safe express method for assessing the quality of rapeseed lecithins using the method of nuclear magnetic relaxation / O.S. Agafonov [et al.] // New technologies. 2016. Vol. 3. P. 11-15.
6. Development of an environmentally safe express method for assessing the quality of soybean lecithins / E.P. Viktorova [et al.] // Scientific journal of KubSAU. 2016. No. 07 (121). P. 698-707.
7. GOST 32052-2013. Food supplements. E322 Lecithins. General technical conditions. Introd. 2014-01-01. Moscow: Standardinform, 2013. 28 p.
8. Martovshchuk V.I., Mgebrishvili T.V., Martovshchuk E.V. Accelerated method for the determination of hydrophilic phospholipids // Oil and fat industry. 1986. №7. P. 10-12.