

## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МИСЦЕЛЛ ПОДСОЛНЕЧНЫХ МАСЕЛ РАЗЛИЧНОГО СОСТАВА

С. М. Волков<sup>1</sup>, И. С. Ковальский<sup>2</sup>, Г. Н. Лукьянов<sup>2</sup>, А. В. Федоров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Всероссийский научно-исследовательский институт жиров,  
191119, Санкт-Петербург, Россия*

<sup>2</sup>*Университет ИТМО, 197101, Санкт-Петербург, Россия  
E-mail: ilya.kovalskiy@hotmail.com*

Рассматривается одна из стадий производства растительного масла — дистилляция, которая является наиболее энергоемким процессом. Система оперативного сенсорного контроля концентрации мисцеллы совместно с системами контроля других параметров позволяет по принципу обратной связи более эффективно регулировать технологические потоки мисцеллы и теплоносителей при любых способах дистилляции. Предложен новый метод определения концентрации н-гексана в мисцелле подсолнечного масла и мисцелле высокоолеинового подсолнечного масла, основанный на исследовании электрофизических свойств мисцелл.

**Ключевые слова:** электрофизические характеристики, электромагнитное поле, частота, амплитуда, растительное масло, мисцелла, качество, технология

Технологический этап дистилляции в производстве пищевых растительных масел (ПРМ) является наиболее энергоемким процессом как за счет высокого расхода водяного пара, используемого в качестве теплоносителя для отгонки растворителя из мисцеллы — раствора растительного масла и легколетучего экстрагента, так и за счет высоких затрат электроэнергии на перекачку необходимых объемов мисцеллы.

Дистилляционная установка, работающая по классической схеме дистилляции, состоит из теплообменников для подогрева мисцеллы отработанными теплоносителями, а также трех или четырех изолированных аппаратов, в каждом из которых мисцелла с начальной концентрацией примерно 20 % (весовых по маслу) ступенчато упаривается до концентрации 99,9 % (весовых по маслу) при помощи теплоносителя — водяного пара. При этом в каждом из дистилляционных аппаратов осуществляется текущий контроль давления водяного пара и уровня слоя мисцеллы. Определение концентрации мисцеллы на входе и выходе каждого из аппаратов проводится в производственной лаборатории методом периодического отбора проб с минимальным интервалом около 1 ч. При таком методе контроля концентрации мисцеллы дальнейшая оптимизация расхода энергии в процессе дистилляции является практически не реализуемой задачей.

Как показано в работе [1], более перспективной технологией дистилляции с точки зрения энергоэффективности является использование теплообменников для подогрева мисцеллы отработанными теплоносителями совместно с дистиллятором колонного типа, в котором все этапы дистилляции реализуются внутри общего корпуса. При этом возможны как традиционная схема использования тепла отработанного теплоносителя и паров растворителя

в теплообменниках подогрева мисцеллы, так и принципиально новый способ вторичного использования тепла отработанного теплоносителя и паров растворителя внутри колонны. Экономия электрической и тепловой энергии в колонном дистилляторе составляет не менее 15 % по сравнению с классической „многокорпусной“ технологической схемой дистилляции.

Система оперативного сенсорного контроля концентрации мисцеллы совместно с системами контроля других параметров позволяет по принципу обратной связи более эффективно регулировать технологические потоки мисцеллы и теплоносителей при любых способах дистилляции.

Однако с учетом того, что в дистилляционной установке колонного типа по сравнению с многокорпусной установкой возможна организация более четырех индивидуальных зон дистилляции, оптимизация энергопотребления по такой инновационной совмещенной технологии при использовании системы сенсоров концентрации мисцеллы даст дополнительную экономию потребляемой энергии не менее 10 %.

Для контроля качества пищевых растительных масел разработаны эффективные аналитические методы на основе измерения вольтамперометрических или потенциометрических характеристик растворов анализируемых компонентов [2—4]; однако измерения их электромагнитных характеристик проводятся в водно-спиртовых растворах, что препятствует использованию такого рода методик для анализа качества мисцелл растительных масел в процессе дистилляции.

Изменение электромагнитных свойств жидкостей в переменном внешнем магнитном поле можно использовать для определения как химического состава исследуемых веществ, так и количественного содержания отдельных компонентов в смесях. Такого рода сенсорные свойства веществ используются в методах ЯМР, ЭПР и ИК-спектроскопии [5,6]. Однако особенности режимов работы приборов, которые применяются в этих методах, препятствуют их использованию в качестве средств непрерывного контроля качества мисцелл в условиях реального производства ПРМ.

В работах [7—9] были получены данные об электрофизических свойствах растительных масел, помещенных в конденсатор, на который подается ток различной частоты с переменной амплитудой  $\pm 4 \dots 12$  В, устанавливаемой с целью поиска оптимального значения напряжения для снятия показаний. При этом измерялись характеристики переменного тока в конденсаторе, параметры роста и спада амплитуды при положительном и отрицательном направлении подаваемого тока, частота которого изменялась в интервале 0,5—3500 Гц. Затем для полученных сигналов, имеющих периодический характер, проводилась процедура преобразования Фурье. В ходе экспериментальных исследований было определено оптимальное напряжение, равное 4 В. Это позволило установить, что отношение амплитуд спектров Фурье при их определенных частотах для подсолнечных масел, имеющих различный жирнокислотный состав, прямо пропорционально зависело от содержания олеиновой кислоты в триглицеридах подсолнечных масел. Таким образом были обнаружены сенсорные свойства растительных масел, имеющие индивидуальные особенности для их различных видов. Эти свойства проявляются в переменном электромагнитном поле конденсатора в форме спектра амплитуд, имеющего периодический характер, который с помощью метода Фурье преобразовывался в спектр Фурье.

Цель настоящей статьи — исследование сенсорных свойств раствора *n*-гексана и подсолнечного масла, а также раствора *n*-гексана и высокоолеинового подсолнечного масла в переменном электромагнитном поле конденсатора. При этом параметры подаваемого переменного тока должны соответствовать условиям, обеспечивающим взрывопожаробезопасность в интервалах концентраций, приближенных к условиям многоступенчатой дистилляции, а также построение зависимостей численных значений амплитуд спектров Фурье от концентрации мисцелл.

Для исследования сенсорных свойств мисцелл подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла была использована представленная в работе [7] установка, дополнительно снабженная автоматизированной системой задания амплитуды и частоты подаваемого на конденсатор переменного тока, измерения амплитуды тока в конденсаторе, заполненном мисцеллой или растительным маслом, а также формирования базы экспериментальных данных и алгоритмов их математического моделирования: см. рис. 1, где АСУ — автоматизированная система управления (управляет ЦАП и АЦП); ЦАП — цифроаналоговый преобразователь (генерирует сигналы заданной формы); АЦП — аналого-цифровой преобразователь (записывает отклик ячейки в память); ДТ — датчик температуры (платиновый терморезистор);  $C$  — конденсатор;  $R$  — сопротивление (снижает ток зарядки конденсатора  $C$ ).

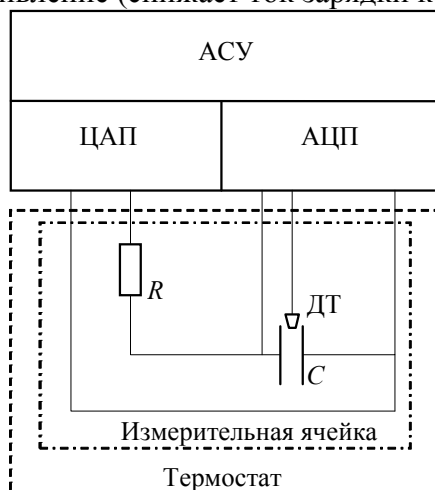


Рис. 1

Для приготовления калибровочных образцов мисцелл были использованы нерафинированные пищевые растительные масла — подсолнечное масло линолевого типа и высокоолеиновое подсолнечное масло, которые растворялись в *n*-гексане марки ХЧ с температурой кипения 68,8 °С.

Содержание компонентов в жирнокислотном составе нерафинированного подсолнечного масла следующее (относительная концентрация, %):

- пальмитиновая кислота (C16:0) — 5,6 %;
- пальмитолеиновая кислота (C16:1) — 0,2 %;
- стеариновая кислота (C18:0) — 4,3 %;
- олеиновая кислота (C18:1) — 40,9 %;
- линолевая кислота (C18:2) — 46,4 %;
- линоленовая кислота (C18:3) — 0,3 %;
- арахидиновая кислота (C20:0) — 0,5 %;
- гондоиновая кислота (C20:1) — 0,3 %;
- бегеновая кислота (C22:0) — 1,1 %;
- лигноцериновая кислота (C24:0) — 0,4 %.

Жирнокислотный состав нерафинированного высокоолеинового подсолнечного масла:

- пальмитиновая кислота (C16:0) — 3,9 %;
- стеариновая кислота (C18:0) — 3,7 %;
- олеиновая кислота (C18:1) — 80,5 %;
- линолевая кислота (C18:2) — 10,9 %;
- арахидиновая кислота (C20:0) — 0,2 %;
- бегеновая кислота (C22:0) — 0,8 %.

Данные по жирнокислотному составу нерафинированного подсолнечного масла были получены в соответствии с ГОСТ 31663-2012, ГОСТ Р 51486 -99 и ГОСТ Р 51483-99

на газожидкостном хроматографе „Bruker-Scion 436 GS“. При этом использовалась капиллярная колонка BR-Swax (catal. № BR 89377) длиной 30 м, диаметром 0,25 мм и с активной фазой на основе полиэтиленгликоля.

Для определения сенсорных свойств мисцелл подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла, а также для проведения в дальнейшем сравнительного анализа результатов исследований обоих масел были приготовлены их растворы в н-гексане с одинаковой объемной концентрацией, которая затем пересчитывалась в весовую концентрацию относительно содержания растительного масла в растворе. Средняя температура в климатической камере — 21,5 °С, плотность н-гексана при 21,5 °С, рассчитанная согласно [10], — 0,658. Плотность подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла практически одинакова [11] и равна приблизительно 0,915. Состав приготовленных для исследований образцов растворов обоих типов растительных масел в н-гексане представлен в таблице.

Номер образца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Объемное содержание масла, %	15,0	25,0	35,0	45,0	55,0	65,0	75,0	85,0	95,0	97,5	100,0
Весовое содержание масла, %	19,7	31,7	42,8	53,2	63,0	72,1	80,7	88,7	96,4	98,2	100,0

Сначала для каждого из образцов подсолнечного масла были получены спектры амплитуд тока в конденсаторе при амплитуде тока, подающегося в конденсатор,  $\pm 4$  В и частоте тока, изменяющейся в интервале 100—3000 Гц. Затем спектры амплитуд для различных частот подвергались преобразованию Фурье. Характерные фурье-спектры мисцелл подсолнечного масла (образцы № 1—10) представлены на рис. 2, а, фурье-спектр чистого подсолнечного масла (образец № 11) — на рис. 2, б.

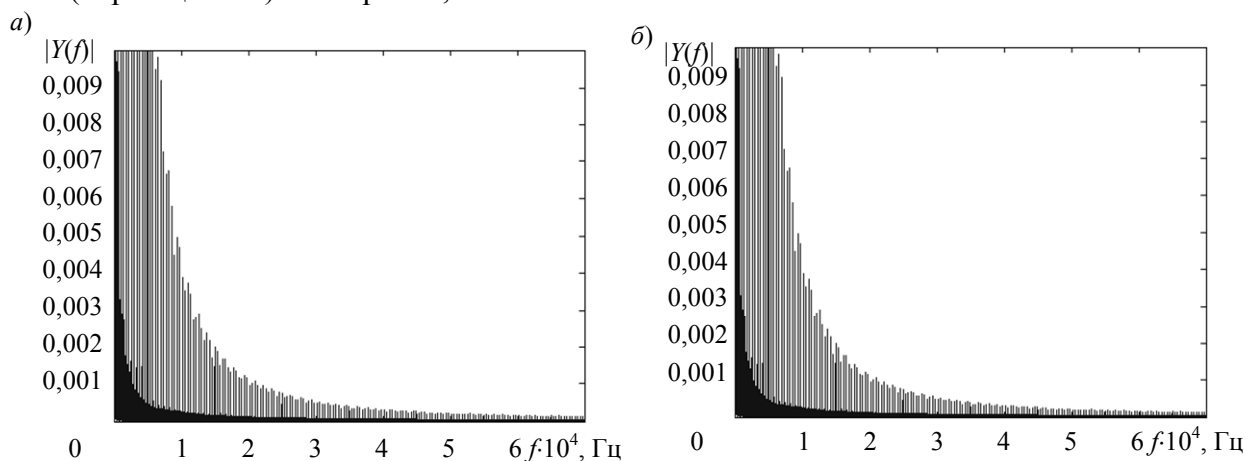


Рис. 2

После того как был сформирован массив данных из спектров Фурье для каждого образца мисцеллы на основе подсолнечного масла и образца чистого подсолнечного масла, эти данные подвергались математической обработке с использованием оригинальной программы. Эта программа позволяет осуществить поиск частот в фурье-спектрах, при которых соотношение относительных амплитуд компонентов фурье-спектров мисцелл соответствующих образцов аналогично соотношению их весовых концентраций, вычисленных относительно содержания подсолнечного масла в мисцелле. Расчетные данные для частот 545, 2119, 1253, 10509 и 8051 Гц (прямая калибровка) представлены на рис. 3, здесь (как и далее на рис. 6) по оси ординат отложена экспериментально определенная концентрация подсолнечного масла в мисцелле, а по оси абсцисс — заданная.

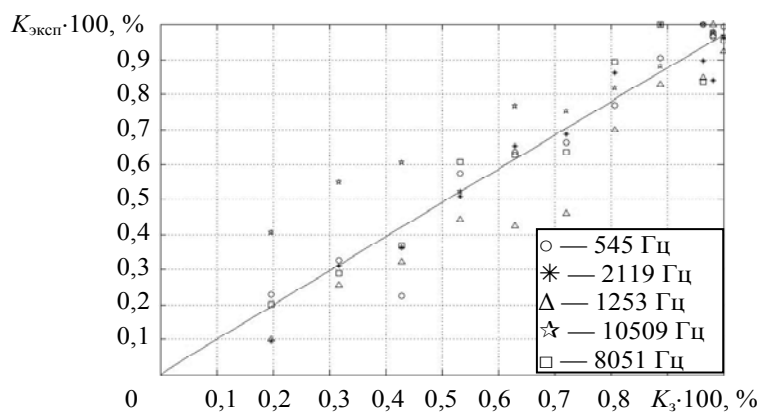


Рис. 3

Были определены также частоты в фурье-спектрах, при которых соотношение их амплитуд обратно пропорционально весовым концентрациям образцов, вычисленным относительно процентного содержания подсолнечного масла. Расчеты экспериментальных данных велись с использованием методов регрессионного анализа [12]. Полученные данные для частот 2947, 2936, 3009, 3390 и 4467 Гц (обратная калибровка) представлены на рис. 4, здесь (а также на рис. 7) по оси ординат отложена экспериментально определенная концентрация гексана в мисцелле, а по оси абсцисс — заданная концентрация масла.

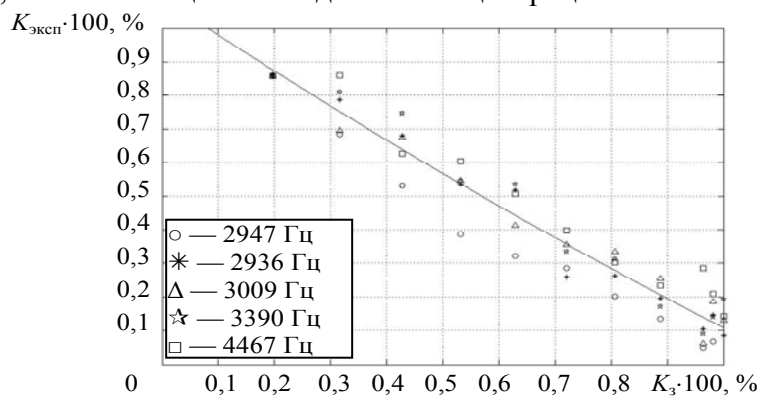


Рис. 4

Аналогичные исследования и расчеты были проведены для образцов мисцелл, приготовленных на основе высокоолеинового подсолнечного масла. Экспериментальные и расчетные данные представлены на рис. 5—7: рис. 5, а — характерный фурье-спектр для образцов № 1—10, рис. 5, б — фурье-спектр для образца № 11; рис. 6 — относительные амплитуды компонентов фурье-спектров мисцелл с заданной концентрацией по маслу для частот 32067, 4550, 4151, 5728 и 5277 Гц (прямая калибровка); рис. 7 — то же, с заданной концентрацией по н-гексану для частот 2788, 1685, 1684, 1535 и 1668 Гц (обратная калибровка).

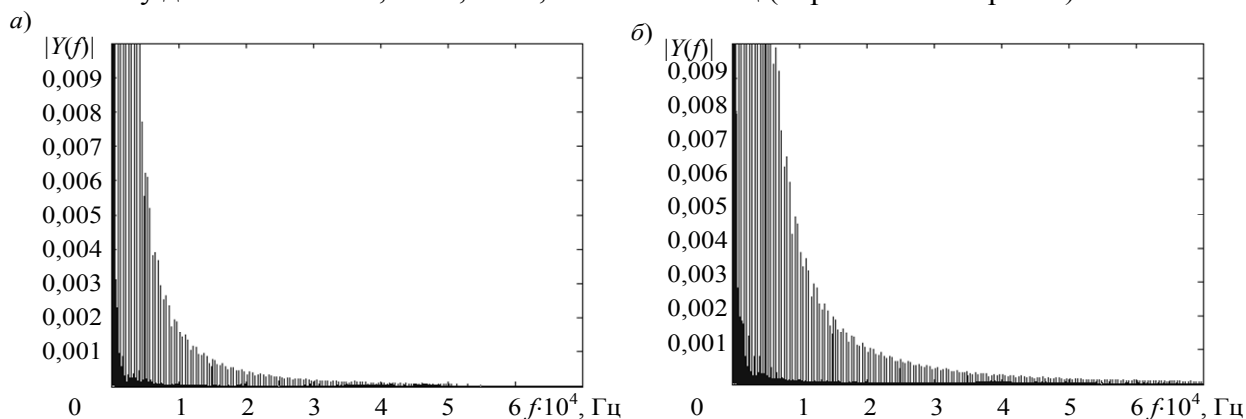


Рис. 5

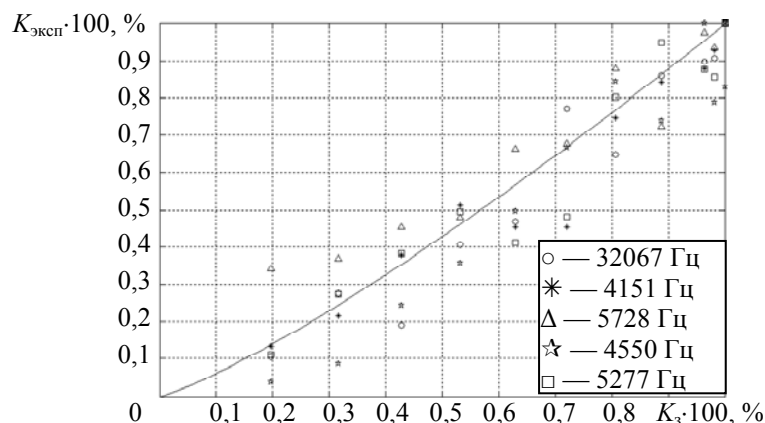


Рис. 6

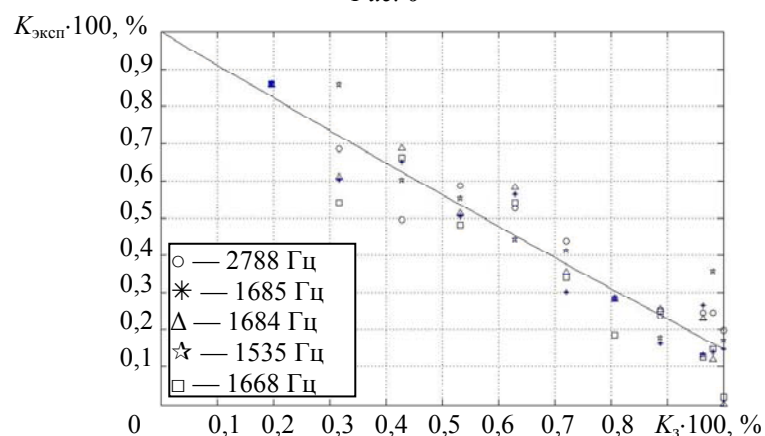


Рис. 7

Выбранный алгоритм обработки экспериментальных данных для мисцеллы подсолнечного масла позволил получить информативные фурье-спектры для каждого образца мисцеллы и образца чистого подсолнечного масла. Иными словами, разработанный алгоритм математической обработки и сравнения амплитуд сигналов, имеющих на спектрах Фурье одинаковую частоту, для каждого из исследованных образцов позволил установить такие частоты, при которых соотношение сравниваемых амплитуд с выбранной вероятностью прямо пропорционально или обратно пропорционально соответствовало концентрации подсолнечного масла в тех же образцах. В результате проведенного автоматизированного поиска корректных параметров компонентов спектров Фурье каждого из образцов были определены наиболее подходящие частоты, амплитуды которых с максимальной возможной вероятностью совпадали с теоретической прямо пропорциональной зависимостью соотношений амплитуд от концентрации мисцеллы подсолнечного масла.

Сравнение полного набора фурье-спектров (см. рис. 2, а, б и 5, а, б) позволяет установить, что при изменении концентрации гексана в мисцелле (или масла в мисцелле) амплитуды фурье-спектров значительно изменяются. Таким образом, для обоих типов масел удалось установить, что существует два вида зависимостей — возрастание и убывание — соотношений амплитуд фурье-спектров от концентраций образцов мисцелл при одних и тех же значениях частот.

Аппроксимация данных, представленных на рис. 3:

$$k = 0,003575 \cdot a^{1,223}, \quad (1)$$

позволяет установить, что при изменении концентрации подсолнечного масла в мисцелле от 15 до 100 % амплитуды нормированных спектров Фурье увеличиваются в интервале приблизительно от 0,2 до 0,98.

Аппроксимация данных, представленных на рис. 4:

$$k = 4,6688 \cdot 10^{-6} \cdot a^2 - 0,009005 \cdot a + 1,001, \quad (2)$$

позволяет установить, что при изменении концентрации подсолнечного масла в мисцелле от 15 до 100 % амплитуды нормированных спектров Фурье уменьшаются в интервале приблизительно от 0,85 до 0,1.

Аппроксимация данных, представленных на рис. 6:

$$k = -0,01748 \cdot a^2 + 0,9876 \cdot a + 0,0009799, \quad (3)$$

позволяет установить, что при изменении концентрации высокоолеинового подсолнечного масла в мисцелле от 15 до 100 % амплитуды нормированных спектров Фурье увеличиваются в интервале приблизительно от 0,2 до 0,98.

Аппроксимация данных, представленных на рис. 7:

$$k = 1,246 \cdot 10^{-5} \cdot a^2 - 0,01106 \cdot a + 1,089, \quad (4)$$

позволяет установить, что при изменении концентрации высокоолеинового подсолнечного масла в мисцелле от 15 до 100 % амплитуды нормированных спектров Фурье уменьшаются в интервале приблизительно от 0,85 до 0,1.

Сравнение функций прямой калибровки (1) с функцией обратной калибровки (2) показывает, что уравнение (1) обеспечивает более точную связь изменения концентрации подсолнечного масла в мисцелле с изменением амплитуды соответствующих спектров Фурье. Аналогичное сравнение функции прямой калибровки (3) с функцией обратной калибровки (4) показывает, что уравнение (3) обеспечивает более точную связь изменения концентрации высокоолеинового подсолнечного масла в мисцелле с изменением амплитуды соответствующих спектров Фурье.

Особенности характера изменений калибровок в уравнениях (1)—(4) для мисцелл подсолнечного масла и высокоолеинового подсолнечного масла в рабочем интервале их температур и концентраций требуют дальнейшего исследования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сравнительный анализ тепло- и массопереноса и энергоэффективности установок для дистилляции мисцеллы многокорпусного и однокорпусного типа / А. Н. Лисицын, А. В. Федоров, Ю. Л. Чижик, В. Н. Марков, С. М. Волков, А. А. Федоров // Масложировая промышленность. 2014. № 6. С. 14—16.
2. Veloso A. C. A., Dias L. G., Rodrigues N., Pereira J. A., Peres A. M. Sensory intensity assessment of olive oils using an electronic tongue // Talanta. 2016. Vol. 146, suppl. С. Р. 585—593.
3. Souayah F., Rodrigues N., Veloso A.C.A., Dias L. G., Pereira J. A., Oueslati S., Peres A. M. Discrimination of olive oil by cultivar, geographical origin and quality using potentiometric electronic tongue fingerprints // J. of the Amer. Oil Chemists' Society. 2017.
4. Mabood F., Boqué R., Folcarelli R., Busto O., Jabeen F., Al-Harrasi A., Hussain J. The effect of thermal treatment on the enhancement of detection of adulteration in extra virgin olive oils by synchronous fluorescence spectroscopy and chemometric analysis // Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy. 2016. Vol. 161, suppl. С. Р. 83—87.
5. Руководство по методам исследования, теххимическому контролю и учету производства в масложировой промышленности / Под ред. В. П. Ржевина, А. Г. Сергеева. Л.: ВНИИЖ, 1967. Т. 1.
6. Рудаков О. Б., Пономарев А. Н., Полянский К. К., Любарь А. В. Жиры. Химический состав и экспертиза качества. М.: Изд-во „Де Ли принт“, 2005. 312 с.
7. Лукьянов Г. Н., Ковальский И. С., Волков С. М., Лисицын А. Н., Федоров А. В. Исследование динамических электрофизических характеристик подсолнечных масел различного состава // Изв. вузов. Приборостроение. 2017. Т. 60, № 8. С. 781—786.

8. Лукьянов Г. Н., Лисицын А. Н., Мельник Г. Е., Волков С. М., Ковальский И. С. Исследование динамических электрофизических свойств подсолнечных масел, полученных „традиционным способом“ и „сверхкритической CO<sub>2</sub> экстракцией“ // XV Междунар. конф. „Масложировая индустрия“: Сб. СПб: ВНИИЖ, 2015. С. 97—99.
9. Волков С. М., Лисицын А. Н., Мельник Г. Е., Федоров А. В., Лукьянов Г. Н., Новоселов А. Г. Ковальский И. С. Исследование электрофизических свойств кориандрового масла и высокоолеинового подсолнечного масла // Вестн. ВНИИЖ. 2017. № 1—2. С. 33—382.
10. Варгафтик Н. Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. М.: Наука, 1972. С. 264.
11. ОБрайен Р. Жиры и масла. Производство. Состав и свойства. Применение. СПб: Изд-во „Профессия“, 2007.
12. Wold S., Sjostrom M., Eriksson L. PLS-regression: a basic tool of chemometrics // Chemometrics and Intell. Laboratory Syst. 2001. Vol. 58. P. 109—130.

#### Сведения об авторах

- Сергей Михайлович Волков** — канд. техн. наук, ст. научный сотрудник; Всероссийский научно-исследовательский институт жиров, отдел исследования жиров; E-mail: volkov@vniig.org
- Илья Сергеевич Ковальский** — Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; тьютор; E-mail: ilya.kovalskiy@hotmail.com
- Геннадий Николаевич Лукьянов** — д-р техн. наук, профессор; Университет ИТМО, факультет систем управления и робототехники; E-mail: gen-lukjanow@yandex.ru
- Александр Валентинович Федоров** — д-р техн. наук, доцент; Университет ИТМО, факультет пищевых биотехнологий и инженерии; E-mail: afedorov@corp.ifmo.ru

Поступила в редакцию  
21.11.18 г.

**Ссылка для цитирования:** Волков С. М., Ковальский И. С., Лукьянов Г. Н., Федоров А. В. Исследование электрофизических свойств мисцелл подсолнечных масел различного состава // Изв. вузов. Приборостроение. 2019. Т. 62, № 5. С. 449—457.

### STUDY OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SUNFLOWER OIL MISCELLAS OF VARIOUS COMPOSITION

S. M. Volkov<sup>1</sup>, I. S. Kovalskiy<sup>2</sup>, G. N. Lukyanov<sup>2</sup>, A. V. Fedorov<sup>2</sup>

<sup>1</sup> All-Russian Scientific Research Institute of Fats, 191119, St. Petersburg, Russia

<sup>2</sup> ITMO University, 197101, St. Petersburg, Russia  
E-mail: ilya.kovalskiy@hotmail.com

One of the stages of vegetable oil production — distillation, which is the most energy-intensive process, is considered. The system of operational sensor-based control of concentration of miscella, together with other parameters allows for principle of feedback more effectively regulate the process flow of miscella and heat transfer in all forms of distillation. A new method for determining the concentration of n-hexane in sunflower oil and high-oleic sunflower oil is proposed. The method is based on the study of the electrophysical properties of sunflower oil.

**Keywords:** electrophysical characteristics, electromagnetic field, frequency, amplitude, vegetable oil, miscella, quality, technology

#### REFERENCES

1. Lisitsyn A.N., Fedorov A.V., Chizhik Yu.L., Markov V.N., Volkov S.M., Fedorov A.A. *Fat and oil processing industry*, 2014, no. 6, pp. 14–16. (in Russ.)
2. Veloso A.C.A., Dias L.G., Rodrigues N., Pereira J.A., Peres A.M. *Talanta*, 2016, vol. 146, suppl. C, pp. 585–593.
3. Souayah F., Rodrigues N., Veloso A.C.A., Dias L.G., Pereira J.A., Oueslati S., Peres A.M. *J. of the Amer. Oil Chemists' Society*, 2017.
4. Mabood F., Boqué R., Folcarelli R., Busto O., Jabeen F., Al-Harrasi A., Hussain J. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2016, vol. 161, Suppl. C, pp. 83–87.
5. Rzhekhin V.P., Sergeev A.G., ed., *Rukovodstvo po metodam issledovaniya, tekhnokhimicheskomu kontrolyu i uchetu proizvodstva v maslozhировой promyshlennosti* (Guide to Research Methods, Technical and Chemical Control and Accounting of Production in the Oil and Fat Industry), Leningrad,



- 1967, vol. 1. (in Russ.)
6. Rudakov O.B., Ponomarev A.N., Polyanskiy K.K., Lyubar' A.V. *Zhiry. Khimicheskiy sostav i ekspertiza kachestva* (Fat. Chemical composition and quality expertise), Moscow, 2005, 312 p. (in Russ.)
  7. Lukyanov G.N., Kovalskiy I.S. Volkov S.M., Lisitsyn A.N., Fedorov A.V. *Journal of Instrument Engineering*, 2017, no. 8(60), pp. 781–786. (in Russ.)
  8. Lukyanov G.N., Lisitsyn A.N., Melnik G.E., Volkov S.M., Kovalskiy I.S. *Maslozhirovaya industriya* (Fat and Oil Industry), The XV International Conference, St. Petersburg, 2015, pp. 97–99. (in Russ.)
  9. Volkov S.M., Lisitsyn A.N., Melnik G.E., Fedorov A.V., Lukyanov G.N., Novoselov A.G., Kovalskiy I.S. *Vestnik of the All-Russian Scientific Research Institute of Fats*, 2017, no. 1–2, pp. 33–38. (in Russ.)
  10. Vargaftik N.B. *Spravochnik po teplofizicheskim svoystvam gazov i zhidkostey* (Handbook of Thermophysical Properties of Gases and Liquids), Moscow, 1972, 264 p. (in Russ.)
  11. O'Brien R. *Fats and Oils: Formulating and Processing for Applications*, CRC Press, 2008, 680 p.
  12. Wold S., Sjostrom M., Eriksson L. *Chemometrics and Intell. Laboratory Syst.*, 2001, vol. 58, pp. 109–130.

#### Data on authors

- |                              |   |  |
|------------------------------|---|--|
| <b>Sergey M. Volkov</b>      | — | PhD, Senior Scientist; All-Russian Scientific Research Institute of Fats, Department of Fat; E-mail: volkov@vniig.org          |
| <b>Ilya S. Kovalskiy</b>     | — | ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; Tutor; E-mail: ilya.kovalskiy@hotmail.com                            |
| <b>Gennady N. Lukyanov</b>   | — | Dr. Sci., Professor; ITMO University, Faculty of Control Systems and Robotics; E-mail: gen-lukjanow@yandex.ru                  |
| <b>Aleksander V. Fedorov</b> | — | Dr. Sci., Associate Professor; ITMO University, Faculty of Food Biotechnologies and Engineering; E-mail: afedorov@corp.ifmo.ru |

**For citation:** Volkov S. M., Kovalskiy I. S., Lukyanov G. N., Fedorov A. V. Study of electrophysical properties of sunflower oil miscellas of various composition. *Journal of Instrument Engineering*. 2019. Vol. 62, N 5. P. 449–457 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2019-62-5-449-457