



Научная статья

05.18.01 – Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов плодовоовощной продукции и виноградарства (технические науки)

УДК 665.3 532.133

doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.02.005

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Александр Николаевич Остриков¹, Наталья Леонидовна Клейменова²,
Инэсса Николаевна Болгова³, Максим Васильевич Копылов⁴

^{1, 2, 3, 4} Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж, Россия

¹ ostrikov27@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

² klesha78@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

³ bolgovainessa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Аннотация. В пищевой промышленности исследование теплофизических свойств пищевых растительных масел является актуальным для контроля качества продукции. Объектами исследований являются пищевые масла: подсолнечное, горчичное, льняное, рыжиковое, рапсовое, расторопши. Экспериментальные данные получены в аккредитованной лаборатории Орехово-Зуевского филиала ФБУ «Ростест-Москва». Для определения зависимости теплофизических характеристик и плотности вязкоупругих жидкостей применялась установка Cossfield RT-1394H в различном диапазоне температур: от 20 до 120 °С. Измерялись теплофизические и реологические свойства: теплопроводность, температуропроводность, массовая удельная теплоемкость, динамическая вязкость в зависимости от температуры для исследуемых видов масел. Полученные в результате эксперимента значения коэффициентов температуропроводности и теплопроводности очень близки. При этом наблюдается уменьшение значений коэффициентов в исследуемом диапазоне температур. Результаты по показателю удельной теплоемкости зависят от химического состава, влажности, структуры масел и вида связи воды. На основе программы Lab View 7.0 провели статистическую обработку измеренных значений и получили уравнения с коэффициентами аппроксимации. В этой работе оценивали динамическую вязкость: поведение пищевых масел в зависимости от температуры. Установлено, что при увеличении температуры исследуемых пищевых масел динамическая вязкость уменьшается. Получены зависимости для исследуемых масел, которые подчиняются уравнению Аррениуса. Определены уравнения и величина аппроксимации. Анализируемые экспериментальные данные позволяют определить критерияльные зависимости для тепловых процессов и установить гидродинамические характеристики для производства в пищевой промышленности.

Ключевые слова: пищевые растительные масла, теплофизические свойства, динамическая вязкость.

Для цитирования: Исследование теплофизических и реологических свойств пищевых растительных масел / А. Н. Остриков [и др.] // Ползуновский вестник. 2021. № 2. С. 36–43. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

Original article

THE RESEARCH OF THERMOPHYSICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF EDIBLE VEGETABLE OILS

Alexander N. Ostrikov ¹, Natalia L. Kleimenova ², Inessa N. Bolgova ³,
Maxim V. Kopylov ⁴

^{1, 2, 3, 4} Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, Russia

¹ ostrikov27@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2335-0017>

² klesha78@list.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1462-4055>

³ bolgovainessa@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0915-8405>

⁴ kopylov-maks@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2678-2613>

Abstract. *In the food industry, the study of the thermophysical properties of edible vegetable oils is relevant for product quality control. The objects of research are edible oils: sunflower, mustard, linseed, camelina, rapeseed, milk thistle. The experimental data was obtained at the accredited laboratory of the Orekhovo-Zuevsky branch of the Federal State Budgetary Institution Rostest-Moscow. A Cossfield RT-1394H device was used in a different temperature range: from 20 to 120 °C to determine the dependence of thermophysical characteristics and density of viscoelastic fluids. Thermophysical and rheological properties were measured: thermal conductivity, thermal diffusivity, mass specific heat, dynamic viscosity depending on temperature for the studied types of oils. During the experiment, it was found that the values of the thermal diffusivity and thermal conductivity coefficients are close. At the same time, a decrease in the values of the coefficients in the investigated temperature range was observed. The results in terms of specific heat capacity depend on the chemical composition, moisture content, structure of oils and the type of water bond. Based on the Lab View 7.0 software, the measured values were statistically processed and equations with approximation coefficients were obtained. This work evaluated the dynamic viscosity: the behavior of edible oils as a function of temperature. It was found that with an increase in the temperature of the studied edible oils, the dynamic viscosity decreases. The dependences for the studied oils were obtained, which obey the Arrhenius equation. The equations and the approximation value were determined. The analyzed experimental data will make it possible to determine criterion dependencies for thermal processes and establish hydrodynamic characteristics for production in the food industry.*

Keywords: *edible vegetable oils, thermophysical properties, dynamic viscosity.*

For citation: Ostrikov, A. N., Kleimenova, N. L., Bolgova, I. N. & Kopylov, M. V. (2021). The research of thermophysical and rheological properties of edible vegetable oils. *Polzunovskiy vestnik*, (2), 36-43. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2021.05.005.

ВВЕДЕНИЕ

Для изучения метода неразрушающего контроля актуальной проблемой является разработка мероприятий и различных инженерных решений по созданию тепловых и технологических процессов [1, 2]. Поэтому для решения задач теплопроводности исследуемых образцов пищевых масел возникает необходимость использования теплофизических характеристик. При этом учитывают вид и режим воздействия и условия проведения эксперимента. Следовательно, исследование теплофизических свойств различных видов масел необходимо для проектирования оборудования, в котором протекают различные

процессы: тепловые, механические и гидромеханические [3, 4].

Имеющаяся информация о свойствах пищевых продуктов неполна, по некоторым видам существует огромное количество данных, которые иногда противоречивы, так как получены в разных условиях для продуктов разного происхождения, состава и структуры [5]. Поэтому по мере возможности будут представлены не числовые табличные величины, описывающие теплофизические свойства тех или иных продуктов, а корреляционные кривые, связывающие характеристики этих свойств с параметрами. На основе полученных зависимостей можно построить методики прогнозирования свойств. Любую обще-

известную модель теплопроводности можно применить для определения индивидуальных свойств исследуемых масел. Свойства могут быть рассчитаны по прогностическим формулам или измерены с использованием приборов [6].

Ученые, которые занимаются физикой пищевых продуктов, проводят исследования не только физических свойств и процессов, но и изучают факторы, влияющие на их свойства (Блаховец, 2008; Фигура, Тейшейра, 2007; Шахин, Sumnu, 2006; Mohsenin, 1980 и т.д.). Известно, что физический показатель – температура – является одним из основных контролирующих факторов для пищевой промышленности, так как оказывает влияние на свойства растительных масел [7]. Изучение тепловых свойств является основным условием для описания поведения исследуемых образцов. Тепловые свойства связаны с регулированием теплопередачи. Их можно классифицировать как термодинамические свойства (энтальпия и энтропия) и свойства переноса тепла (теплопроводность и температуропроводность). К ним относятся физические свойства, которые принимают участие в передаче тепла: плотность и вязкость [8, 9].

Объектами исследований являются пищевые масла: подсолнечное, горчичное, льняное, рыжиковое, рапсовое, рапсовое, рапсовое, рапсовое. Основной целью данной работы является экспериментальное определение коэффициентов теплопроводности, температуропроводности, массовой удельной теплоемкости и зависимостей данных показателей от температуры масел, а также определение динамической вязкости.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Экспериментальные испытания были проведены в аккредитованной лаборатории Орехово-Зуевского филиала ФБУ «Ростест-Москва».

Для определения зависимости теплофизических характеристик вязкоупругих жидкостей применялась установка Cossfield RT-1394H, состоящая из платы сбора данных PCI – MIO-16E-1 (рисунок 1).

Исследование теплофизических свойств образцов проводилось по экспериментальной информации с применением зависимостей, полученных в ходе решения обратной задачи теплопроводности с применением набора программ Lab View 7.0.

Измерение плотности пищевых растительных масел проводилось с помощью установки Cossfield RT-1394H. При этом

плотности масел должны соответствовать следующему условию:

$$\sum_{i=1}^{K} (\sigma - \rho \cdot \gamma_i^n)^2 \rightarrow \min,$$

где γ_i^n – скорость сдвига исследуемой жидкости, с^{-1} ;

ρ – плотность масел, кг/м^3 ;

σ – напряжение сдвига, Н/м^2 ;

K – число повторений эксперимента.



Рисунок 1 – Измерительная установка для вязкоупругих жидкостей Cossfield RT-1394H

Figure 1 - Measuring device for viscoelastic liquids Cossfield RT-1394H

Измерение динамической вязкости исследуемых образцов проводили на приборе Вибровискозиметр SV-100.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для рационального описания технологического процесса получения масел методом холодного прессования определим характер зависимостей теплофизических характеристик: коэффициент температуропроводности a , $\text{м}^2/\text{с}$, коэффициент теплопроводности λ , $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$, удельная теплоемкость c , $\text{Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$. Для того чтобы их определить, воспользуемся методом В.С. Волькенштейна (нестационарного теплового режима), который рассматривает процессы переноса теплоты за счет теплопроводности при отсутствии внутренних источников теплоты [10, 11].

Зависимости теплофизических свойств от температур для исследуемых образцов носит линейный характер (рисунок 2).

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

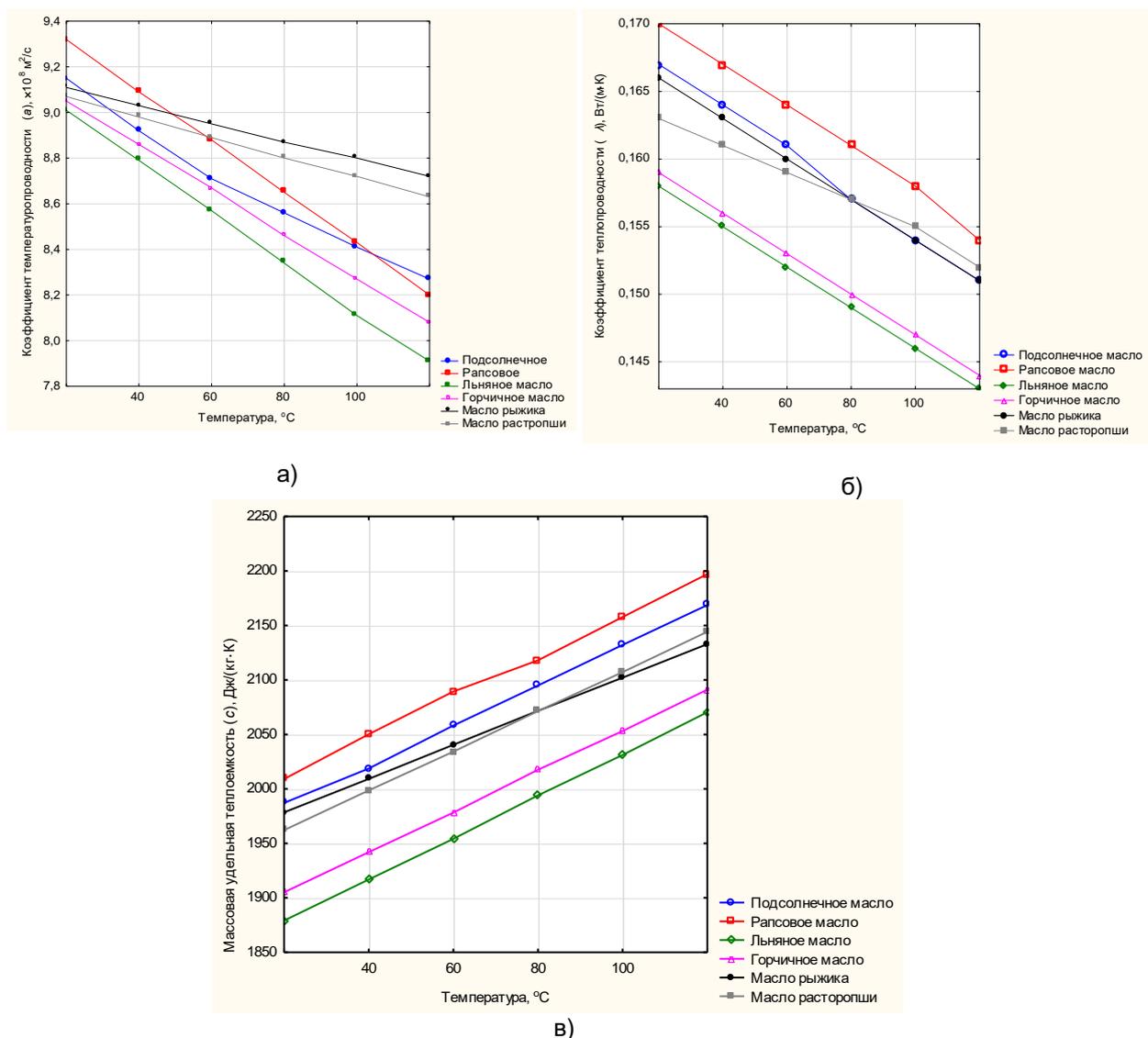


Рисунок 2 – Температурная зависимость коэффициента температуропроводности (а), коэффициента теплопроводности (б), массовой удельной теплоемкости (в) исследуемых образцов

Figure 2 - Temperature dependence of the coefficient of thermal diffusivity (a), coefficient of thermal conductivity (b), mass specific heat (c) of the samples under study

Полученные экспериментально результаты для пищевых растительных масел свидетельствуют, что удельная теплоемкость зависит от химического состава, влажности, структуры масел и вида связи воды. Установлено, что в интервале температур от 20 до 120 °C теплоемкость исследуемых образцов увеличивается, коэффициенты температуропроводности и теплопроводности уменьшаются. В литературных источниках доказано, что коэффициент теплопроводности зависит от средней скорости теплового движения молекул, которая с повышением T увеличивает-

ся, средней длины свободного пробега молекул, плотности и удельной теплоемкости при постоянном объеме.

Значения, полученные в результате эксперимента, были сопоставлены с литературными данными [12–15]. Различия можно объяснить такими факторами, как химический состав, условия хранения и т. п., влияющими на свойства исследуемых пищевых масел.

С помощью виртуального прибора на основе программы Lab View 7.0 производили статистическую обработку измеренных значений, а также управляли экспериментом. В

результате обработки результатов получены уравнения с коэффициентами корреляции в диапазоне температур 20÷120 °С.

Для подсолнечного масла:

$$a = -0,0087 \cdot T + 9,278; R^2 = 0,9886;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1704; R^2 = 0,9982;$$

$$c = 1,8353 \cdot T + 1948,2; R^2 = 0,9994.$$

Для льняного масла:

$$a = -0,111 \cdot T + 9,232; R^2 = 0,9997;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1610; R^2 = 1;$$

$$c = 1,9129 \cdot T + 1840,4; R^2 = 0,9999.$$

Для масла рыжика:

$$a = -0,0039 \cdot T + 9,1853; R^2 = 0,9996;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,169; R^2 = 1;$$

$$c = 1,5463 \cdot T + 1947,5; R^2 = 1.$$

Для рапсового масла:

$$a = -0,112 \cdot T + 9,5427; R^2 = 0,9999;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,1733; R^2 = 0,9973;$$

$$c = 1,8448 \cdot T + 1974; R^2 = 0,99881.$$

Для горчичного масла:

$$a = -0,0098 \cdot T + 9,248; R^2 = 0,9998;$$

$$\lambda = -0,0002 \cdot T + 0,162; R^2 = 1;$$

$$c = 1,8611 \cdot T + 1867,6; R^2 = 0,9999.$$

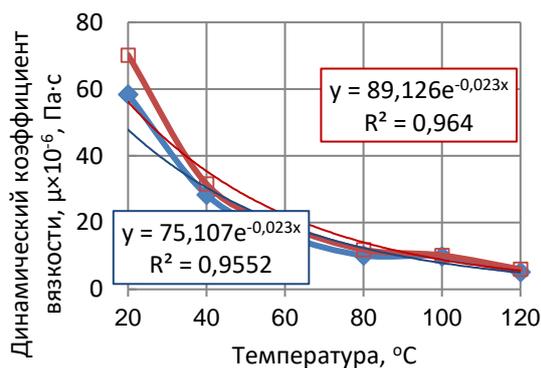
Для масла рапсоропши:

$$a = -0,0044 \cdot T + 9,1553; R^2 = 0,9997;$$

$$\lambda = -0,0001 \cdot T + 0,1653; R^2 = 0,9941;$$

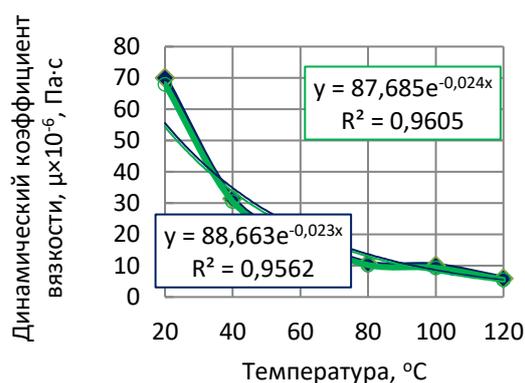
$$c = 1,8185 \cdot T + 1925,6; R^2 = 1.$$

Таким образом, теплофизические свойства исследуемых сред обладают большой тепловой инерционностью, так как масла медленно реагируют на изменение температуры окружающей среды.



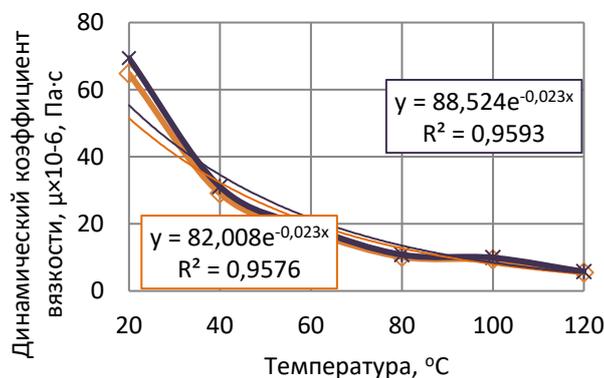
- ◆ Подсолнечное масло
- Рапсовое масло
- Экспоненциальная (Подсолнечное масло)
- Экспоненциальная (Рапсовое масло)

а)



- ◆ Масло рыжика
- Горчичное масло
- Экспоненциальная (Масло рыжика)
- Экспоненциальная (Горчичное масло)

б)



- ◆ Льняное масло
- ◆ Масло рапсоропши
- Экспоненциальная (Льняное масло)
- Экспоненциальная (Масло рапсоропши)

в)

Рисунок 3 – Температурная зависимость динамического коэффициента вязкости масел

Figure 3 - Temperature dependence of the dynamic coefficient of viscosity of oils

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Полученные данные рекомендуется использовать при определении путей интенсификации гидромеханических и тепловых процессов при получении растительных масел функционального назначения [16].

Следующим этапом работы являлось исследование зависимостей динамического коэффициента вязкости образцов масел в заданном диапазоне температур (рисунок 3).

Полученные зависимости можно описать убывающей экспоненциальной функцией

$$\eta = Ae^{-B\left(\frac{t}{t_0}\right)},$$

где t – температура, °С, $t_0 = 1$ °С;

A и B – константы, получаемые экспериментально, на которые влияют различные факторы (например, метод получения масел).

Установлено, что при увеличении температуры исследуемых пищевых масел динамическая вязкость уменьшается. Следовательно, экспоненциальная зависимость для исследуемых масел подчиняется уравнению Аррениуса. Полученные зависимости имеют экспоненциальный характер. Определены уравнения и величина аппроксимации.

Для наглядности представим зависимость $\eta = f(t)$ и коэффициента конкордации R^2 (таблица 1).

Анализ результатов показал, что наибольшая динамическая вязкость пищевых масел находится при 20 °С в диапазоне $\eta = (58,40 \div 69,33) \cdot 10^{-3}$ Па·с. Наименьшая вязкость у подсолнечного масла, а наибольшая – у рапсового. Полученные зависимости позволяют определить динамическую вязкость пищевых масел в диапазоне температур 20÷120 °С.

Таблица 1 – Результаты расчета

Table 1 - Calculation results

Виды масел	Уравнение и величина аппроксимации	
	$\eta = f(t)$	R^2
Подсолнечное масло	$\eta = 75,107e^{-0,023t}$	0,964
Рапсовое масло	$\eta = 89,12e^{-0,023t}$	0,95527
Льняное масло	$\eta = 82,008e^{-0,023t}$	0,9576
Горчичное масло	$\eta = 86,79e^{-0,023t}$	0,9594
Масло рыжика	$\eta = 82,008e^{-0,023t}$	0,9576
Масло рапсовое	$\eta = 86,79e^{-0,023t}$	0,9594

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Установлена взаимосвязь теплофизических свойств и температуры, которая имеет

степенную зависимость в диапазоне температур от 20 до 120 °С. Получены регрессионные уравнения для теплофизических зависимостей для каждого образца различных видов масел. С увеличением температуры среды наблюдается характерное уменьшение теплофизических характеристик, за исключением массовой удельной теплоемкости (эта характеристика возрастает). Удельная теплоемкость исследуемых образцов масел с повышением температуры увеличивается.

Анализ представленных данных по динамической вязкости позволяет сделать вывод, что температура значительным образом влияет на величину динамической вязкости. В исследуемом интервале температур установлена экспоненциально убывающая зависимость для каждого образца масла. Получено наибольшее значение динамической вязкости для пищевых масел при 20 °С в диапазоне $\eta = (58,40 \div 69,33) \cdot 10^{-3}$ Па·с. Такие экспериментальные данные позволяют определить критериальные зависимости для тепловых процессов, происходящих с использованием различных пищевых растительных масел, установить гидродинамические характеристики при их производстве, а также позволят применить их при разработке математической модели технологических процессов производства исследуемых масел.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Selected rheological characteristics and physicochemical properties of vegetable oil affected by heating / V.S. Rubalya, V. Mukesh Kumar & T. Devasena // International Journal of Food Properties. 2016. Vol. 19(8). P. 1852–1862.
2. Phinney, David Martin, Frelka John C., Heldman Dennis Ray. Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models // Journal of Food Science. 2017. Vol. 82 (1). P. 6–15.
3. Харченков Г.М. Физико-механические свойства растительных масел // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2008. № 4. С. 54–58.
4. Доронин А.Ф., Ипатова Л.Г., Кочеткова А.А., Нечаев А.П., Хуршудян С.А., Шубина О.Г. Функциональные пищевые продукты. Введение в технологию. М. : ДеЛипринт, 2009. 288 с.
5. Fasina O.O. & Colley Z. Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35 °C to 180 °C // International Journal of Food Properties. 2008. Vol. 11 (4). P. 738–746.
6. Валентас К.Дж., Ротштейн Э., Сингх Р.П. Пищевая инженерия: справочник с примерами расчетов / Пер. с англ. под общ. науч. ред. А.Л. Ишевского. СПб. : Профессия, 2004. 848 с., ил., табл., сх. (Серия : Справочник).

7. Мифтахова А.Х., Усманов Р.А., Гумеров Ф.М. Моделирование некоторых теплофизических свойств смеси «этанол-триглицерид рапсового масла» в программном пакете VMGSIM // Вестник Тверского государственного университета. Серия : Химия. 2015. № 4. С. 91–101.

8. Остриков А.Н., Горбатова А.В., Филиппов П.В. Исследования теплофизических и реологических свойств сливочно-растительного спреда // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. 2016. № 2 (68). С. 22–27.

9. Simion A.I., Grigoras C.G., Gavril L.G. Mathematical modelling of ten vegetable oils thermophysical properties. Study of density and viscosity // Annals Food Sci. Technol. 2014. Vol. 15. P. 371–386.

10. Орлов М.Е. Теоретические основы теплотехники. Тепломассообмен : учеб. пособие ; Ульяновский гос. техн. ун-т. Ульяновск : УлГТУ, 2013. 204 с.

11. Ghadimi A., Saidur R., Metselaar H.S.C. A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions // International Journal of Heat and Mass Transfer. 2011. Vol. 54 (17). P. 4051–4068.

12. Шарыпов А.Н., Бирюков А.Л., Иванов И.И. Исследование физических показателей растительных масел / Молодые исследователи агропромышленного и лесного комплексов – регионам. Том 2. Часть 2. Технические науки : сборник научных трудов по результатам работы IV международной молодежной научно-практической конференции. Вологда–Молочное : ФГБОУ ВО Вологодская ГМХА. 2019. С. 7–10.

13. Федоров А.В., Новоселов А.Г., Федоров А.А., Ковальский И.С. Моделирование структурно-реологических свойств мисцелл подсолнечного масла // Научный журнал НИУ ИТМО. 2018. № 2. С. 12–26.

14. Гинзбург А.С., Громов М.А., Красовская Г.И. Теплофизические характеристики пищевых продуктов: справочник. М. : Агропромиздат, 1990. 287 с.

15. Аникин А.А., Копылов М.В., Горбатова А.В. Анализ кинетических закономерностей холодного отжима масла из семян рапса // Сб. матер. II Междунар. науч.-практ. конф. «Явления переноса в процессах и аппаратах химических и пищевых производств». 2016. С. 76–79.

16. Волков С.М., Новоселов А.Г., Федоров А.В., Кулишов Б.А., Федоров А.А. Моделирование структурно-реологических свойств пищевых растительных масел // Ползуновский вестник. 2017. Vol. 3. P. 19–26.

Информация об авторах

А. Н. Остриков – д.т.н., проф., зав. кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государственного университета инженерных технологий.

Н. Л. Клейменова – к.т.н., доцент кафедры УК и ТВБ Воронежского государственного университета инженерных технологий.

И. Н. Болгова – к.т.н., доцент, доцент кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государ-

ственного университета инженерных технологий.

М. В. Копылов – к.т.н., доцент кафедры ТЖ, ПАХПП Воронежского государственного университета инженерных технологий.

REFERENCES

1. Rubalya, V.S., Kumar, Mukesh V. & Devaseena, T. (2016). Selected rheological characteristics and physicochemical properties of vegetable oil affected by heating. *International Journal of Food Properties*, 19 (8). 1852-1862.

2. Phinney, David Martin, Frelka, John C. & Heldman, Dennis Ray. (2017). Composition-Based Prediction of Temperature-Dependent Thermophysical Food Properties: Reevaluating Component Groups and Prediction Models. *Journal of Food Science*, 82 (1), 6-15.

3. Kharchenkov, G.M. (2008). Physical and mechanical properties of vegetable oils. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*, (4), 54-58. (In Russ.).

4. Doronin, A.F., Ipatova, L.G., Kochetkova, A.A., Nechaev, A.P., Khurshudyan, S.A. & Shubina, O.G. (2009). *Functional food products. Introduction to technology*. Moscow : DeLiprint. (In Russ.).

5. Fasina, O.O. & Colley, Z. (2008). Viscosity and Specific Heat of Vegetable Oils as a Function of Temperature: 35 °C to 180 °C. *International Journal of Food Properties*, 11 (4), 738-746.

6. Valentas, K.J., Rothstein, E. & Singh, R.P. (2004). *Food engineering: a reference book with examples of calculations*. Per. from English under total. scientific. ed. A.L. Ishevsky. SPb. : Professiya. (In Russ.).

7. Miftakhova, A.Kh., Usmanov, R.A. & Gumerov, F.M. (2015). Modeling of some thermophysical properties of rapeseed oil ethanol-triglyceride mixture in the VMGSIM software package. *Bulletin of the Tver State University. Series: Chemistry*, (4), 91-101. (In Russ.).

8. Ostrikov, A.N., Gorbatova, A.V. & Filiptsov, P.V. (2016). Research of thermophysical and rheological properties of creamy vegetable spread. *Bulletin of the Voronezh State University of Engineering Technologies*, 2 (68), 22-27. (In Russ.).

9. Simion, A.I., Grigoras, C.G. & Gavril, L.G. (2014). Mathematical modeling of ten vegetable oils thermophysical properties. Study of density and viscosity. *Annals Food Sci. Technol.*, (15), 371-386.

10. Orlov, M.E. (2013). *Teoreticheskie osnovy teplotekhniki. Heat and mass transfer: textbook*. Ulyanovsk : UISTU. (In Russ.).

11. Ghadimi, A., Saidur, R. & Metselaar, H.S.C. (2011). A review of nanofluid stability properties and characterization in stationary conditions. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 54 (17), 4051-4068.

12. Sharypov, A.N., Biryukov, A.L. & Ivanov, I.I. (2019). *Research of physical parameters of vegetable oils / Young researchers of agro-industrial and forestry complexes - to the regions*. Volume 2. Part 2. Technical sciences: Collection of scientific works based on the results of the IV international youth scientific-

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ И РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

practical conference. Vologda-Dairy: FGBOU VO Vologodskaya State Medical Academy. (In Russ.).

13. Fedorov, A.V., Novoselov, A.G., Fedorov, A.A. & Kovalsky, I.S. (2018). Modeling of structural and rheological properties of sunflower oil miscalls. *Scientific journal of NRU IT-MO*, (2), 12-26. (In Russ.).

14. Ginzburg, A.S., Gromov, M.A., Krasovskaya, G.I. (1990). Thermophysical characteristics of food products: a reference book. Moscow: Agropromizdat. (In Russ.).

15. Anikin, A.A., Kopylov, M.V. & Gorbatov, A.V. (2016). Analysis of the kinetic regularities of cold extraction of oil from rape seeds. *Sat. mater. II Int. scientific-practical conf. "Phenomena of transfer in the processes and devices of chemical and food industries."*, 76-79. (In Russ.).

16. Volkov, S.M., Novoselov, A.G., Fedorov, A.V., Kulishov, B.A. & Fedorov, A.A. (2017). Modeling of structural and rheological properties of edible vegetable oils. *Polzunovskiy vestnik*, (3), 19-26. (In Russ.).

Information about the authors

A. N. Ostrikov – Doctor of Technical Sciences, Prof., Head. departments of TJ, PAHPP Voronezh State University of Engineering Technologies.

N. L. Kleimenova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Management and TVB of the Voronezh State University of Engineering Technologies.

I. N. Bolgova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of TJ, PAHPP, Voronezh State University of Engineering Technologies.

M. V. Kopylov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of TJ, PAHPP, Voronezh State University of Engineering Technologies.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare that there is no conflict of interest.*

Статья поступила в редакцию 26.02.2021; одобрена после рецензирования 12.05.2021; принята к публикации 27.05.2021.

The article was received by the editorial board on 26 Feb 21; approved after editing on 12 May 21; accepted for publication on 27 May 21.