






Влияние основных параметров на процесс прессования семян сафлора в ультразвуковом поле

Сергей Т. Антипов	¹	ast@vsuet.ru	 0000-0002-8932-5922
Сергей В. Шахов	¹	s_shahov@mail.ru	 0000-0002-5865-2357
Александр Н. Мартеха	²	man6630@rambler.ru	 0000-0002-7380-0477
Ирина С. Юрова	¹	yurova_ira83@mail.ru	 0000-0002-5024-5888
Алексей А. Берестовой	¹	berestovoy_1991@mail.ru	 0000-0003-2255-9414
Марина И. Литвинова	¹	marinamer780@mail.ru	






¹ Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

² Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская 49, г. Москва, 127550, Россия

Аннотация. Исследовали влияние условий прессования на характер процесса и качество получаемого продукта, что дает возможность глубже оценить и понять физику процесса прессования. Объектами исследований являлись семена сафлора, сафлоровое масло и жмых. Исследуемые объекты обладают различными физическими и технологическими свойствами, влияющими на процесс прессования, поэтому изучение этих свойств поможет подобрать оптимальные режимы процесса прессования в поле ультразвука, а также разработать конструкцию установки для прессования семян сафлора. Для повышения выхода масла можно использовать лузгу при добавлении ее к основной массе продукта. В ходе анализа графических зависимостей был установлен интервал оптимального влагосодержания сафлора 8-10 %, который обеспечивает минимальную остаточную маслянисть и, следовательно, максимальный выход масла. На основании данных, полученных в ходе эксперимента, были построены графические зависимости: от частоты вращения шнекового вала на выходе растительного масла; давления в камере от размера кольцевого пространства для вывода жмыха. Проанализировав графические зависимости, можно сделать вывод о том, что увеличение частоты вращения шнекового вала приводит к возрастанию температуры, причем это происходит быстрее для продукта с меньшим влагосодержанием из-за повышения коэффициента трения смеси о шнек и корпус камеры. Предложена численная и графическая модель оптимизации для прогнозирования оптимального уровня входных факторов и получения максимального выхода масла сафлора по отношению к первоначальной массе сырья в %. Были определены оптимальные интервалы входных параметров: частота колебаний, амплитуда колебаний, давление, создаваемое в зерной камере пресса.

Ключевые слова: кинетика, сафлор, ультразвук, прессование

Influence of basic parameters on the process of pressing of safflower seeds in an ultrasonic field

Sergei T. Antipov	¹	ast@vsuet.ru	 0000-0002-8932-5922
Sergey V. Shakhov	¹	s_shahov@mail.ru	 0000-0002-5865-2357
Alexander N. Martekha	²	man6630@rambler.ru	 0000-0002-7380-0477
Irina S. Yurova	¹	yurova_ira83@mail.ru	 0000-0002-5024-5888
Alexey A. Berestovoy	¹	berestovoy_1991@mail.ru	 0000-0003-2255-9414
Marina I. Litvinova	¹	marinamer780@mail.ru	

¹ Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

² Russian state agrarian University – MSHA named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya 49, Moscow, 127550, Russia

Abstract. The influence of pressing conditions on the process nature and the resulting product quality was investigated in the article. This makes it possible to more deeply evaluate and understand the pressing process physics. The objects of research were safflower seeds, safflower oil and oilcake. The objects under study have various physical and technological properties that affect the pressing process, therefore, the study of these properties will help to choose the optimal modes of the pressing process in the ultrasound field, as well as to develop the design of a plant for pressing safflower seeds. To increase the oil yield, one can use the husk when adding it to the bulk of the product. The optimal moisture content range of safflower is 8-10%, which provides the minimum residual oil content and, therefore, the maximum oil yield was determined during the analysis of graphic dependencies. According to the data obtained during the experiment, graphical dependencies were built: on the speed of the screw shaft at the exit of vegetable oil; pressure in the chamber on the size of the annular space for the output of the oilcake. After analyzing the graphical dependencies, one can conclude that an increase in the rotational speed of the screw shaft leads to an increase in temperature, and this happens faster for a product with lower moisture content due to an increase in the friction coefficient of the mixture on the screw and the camera body. A numerical and graphical optimization model for predicting the optimal level of input factors and obtaining the maximum yield of safflower oil in relation to the initial mass of raw materials in % was proposed. The optimal intervals of the input parameters, such as the oscillation frequency, the oscillation amplitude, the pressure generated in the press chamber, were determined in the work.

Keywords: kinetics, safflower, ultrasound, pressing

Для цитирования

Антипов С.Т., Шахов С.В., Мартеха А.Н., Юрова И.С., Берестовой А.А., Литвинова М.И. Влияние основных параметров на процесс прессования семян сафлора в ультразвуковом поле // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 4. С. 22–27. doi:10.20914/2310-1202-2019-4-22-27

For citation

Antipov S.T., Shakhov S.V., Martekha A.N., Yurova I.S., Berestovoy A.A., Litvinova M.I. Influence of basic parameters on the process of pressing of safflower seeds in an ultrasonic field. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 4. pp. 22–27. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-4-22-27

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Одной из актуальных проблем в настоящее время является улучшение структуры питания населения. В последние годы возрос интерес к использованию новых видов зерновых растений, отличающихся от традиционных по комплексу полезных свойств и признаков [1].

Процесс прессования характеризуется большими удельными затратами энергии, а вопросы рационального расходования топливно-энергетических ресурсов приобретают важное значение.

Поэтому стоит задача создания и освоения прогрессивных процессов с применением современных физических методов обработки, проектирования и создания нового оборудования повышенной эффективности.

Вместе с тем представляет интерес изучение процесса прессования в присутствии поля ультразвука и создание оборудования, учитывающего данные свойства. Проведенный анализ показал, что ультразвуковые колебания перспективны в технологических процессах производства растительных масел. Предварительные эксперименты показывают, что ультразвук является эффективным способом воздействия на структуру деформированного сырья с целью улучшения его свойств. Для создания ультразвуковых колебаний в какой-либо технологической среде применяются ультразвуковые колебательные системы. Их назначение заключается в преобразовании электрических колебаний в механические колебания, их усиление и ввод в технологическую среду [1–3, 7, 9, 14].

Материалы и методы

Объектами исследований являлись семена сафлора, сафлоровое масло и жмых. Исследуемые объекты обладают различными физическими и технологическими свойствами, влияющими на процесс прессования, поэтому изучение этих свойств поможет подобрать оптимальные режимы процесса прессования в поле ультразвука, а также разработать конструкцию установки для прессования семян сафлора [7].

На степень прессования семян сафлора большое влияние оказывает влажность начального продукта (рисунок 1). Для повышения выхода масла можно использовать лузгу при добавлении ее к основной массе продукта (рисунок 2). Проводя анализ графических зависимостей, был установлен интервал оптимального влагосодержания сафлора 8–10%, который обеспечивает минимальную остаточную масличность, следовательно, максимальный выход масла. С целью снижения остаточной масличности возможно добавлять в сафлор лузгу подсолнечника, позволяющую получить сафлоровый жмых с остаточным маслосодержанием в 11% с помощью форпрессования [4, 10, 11].

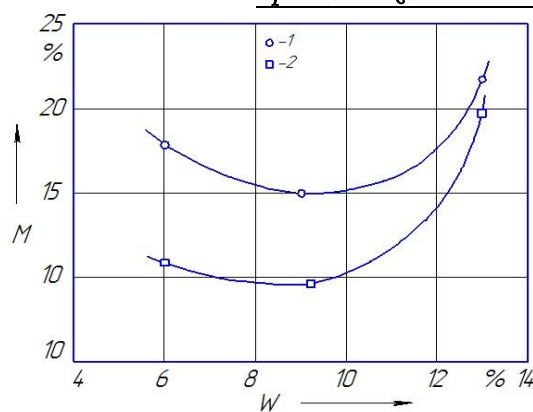


Рисунок 1. Зависимость остаточной масличности жмыха сафлора от влагосодержания исходного сырья: 1 – при $Z_{ж} = 2,5$ мм, $M = 25\%$; 2 – при $Z_{ж} = 1,0$ мм, $M = 25\%$

Figure 1. Dependence of the residual oil content of safflower cake on the moisture content of the feedstock: 1 – at $Z_{ж} = 2,5$ mm, $M = 25\%$; 2 – at $Z_{ж} = 1,0$ mm, $M = 25\%$

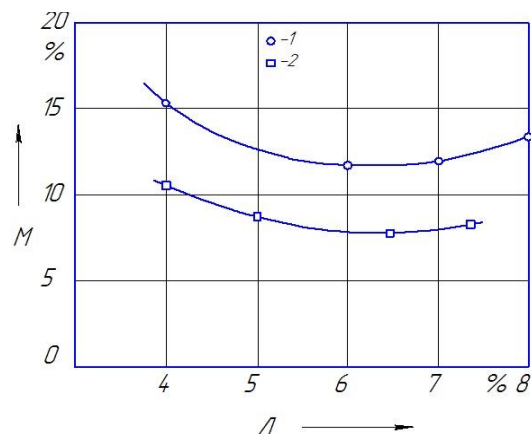


Рисунок 2. Зависимость остаточной масличности жмыха сафлора от содержания лузги исходного сырья при: 1 – при $Z_{ж} = 2,5$ мм, $M = 25\%$; 2 – при $Z_{ж} = 0,8$ мм, $M = 13\%$

Figure 2. Dependence of the residual oil content of safflower cake on the content of husks of raw materials at: 1 – at $Z_{ж} = 2,5$ mm, $M = 25\%$; 2 – at $Z_{ж} = 0,8$ mm, $M = 13\%$

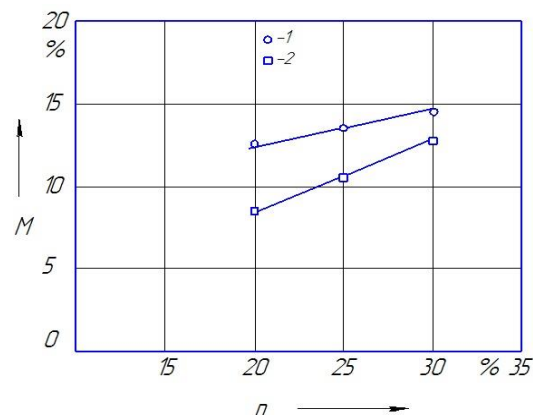


Рисунок 3. Зависимость частоты вращения шнека от остаточной масличности жмыха: 1 – при $L_{кам} = 470$ мм, $Z_{ж} = 2,0$ мм, $M = 25\%$; 2 – при $L_{кам} = 470$ мм, $Z_{ж} = 0,85$ мм, $M = 25\%$

Figure 3. Dependence of the screw speed on the residual oil content of cake: 1 – at $L_{кам} = 470$ mm, $Z_{ж} = 2,0$ mm, $M = 25\%$; 2 – at $L_{кам} = 470$ mm, $Z_{ж} = 0,85$ mm, $M = 25\%$

Результаты и обсуждение

Исследования зависимости условия прессования на характер процесса, и качества получаемого продукта дает возможность глубже оценить и понять физику процесса прессования. Для этого была проделана серия опытов с целью понимания процесса извлечения масла. На основании данных, полученных в ходе эксперимента, были построены основные графические зависимости: зависимость частоты вращения шнекового вала на выход растительного масла (рисунок 3); зависимости давления в камере от размера кольцевого пространства для вывода жмыха (рисунок 4).

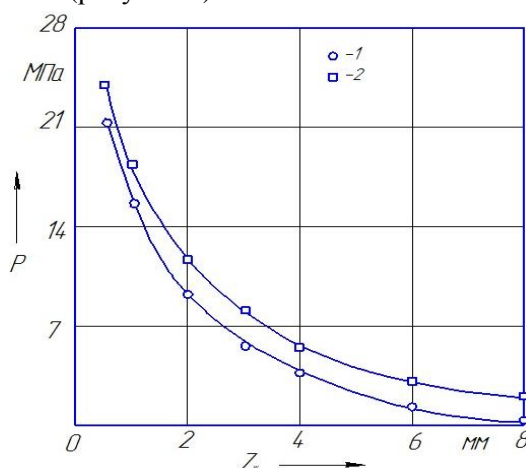


Рисунок 4. Зависимость давления в камере от величины зазора для вывода жмыха $n = 20 \text{ мин}^{-1}$; $W\%$: 1 – 10; 2 – 8,5

Figure 4. Dependence of the pressure in the chamber on the size of the gap for the output of cake: $n = 20 \text{ мин}^{-1}$; $W\%$: 1 – 10; 2 – 8,5

Проанализировав рисунки 3, 4, можно сделать вывод, что увеличение частоты вращения шнекового вала приводит к возрастанию температуры. Происходит это быстрее для продукта с меньшим влагосодержанием из-за повышения коэффициента трения смеси о шнек и корпус камеры, чем для продукта с большим влагосодержанием. В ходе эксперимента наблюдалось, что при исходных условиях выход растительного масла увеличивался при понижении влагосодержания и уменьшении размера сечения канала вывода масла, кроме того, при понижении частоты вращения. Но для однозначного получения оптимальных параметров рассматриваемого процесса этого недостаточно. Чтобы принять окончательное решение по подбору оптимальных режимов изучаемого процесса, нужно провести серию опытов по распределению влажности, давления и температуры жмыха. При этом частоту вращения шнека принимаем равной 20 мин^{-1} , при данном значении происходит повышение выхода масла. При уменьшении влажности ниже 8% наблюдалось снижение выхода растительного масла из-за повышенной температуры

маслопресса, так как происходит “сгорание” масла. Повышение влажности свыше 10% также снижало выход масла, так как лишняя влага затрудняла эффективное сжатие жмыха [1, 8].

Из анализа представленной зависимости (рисунок 4) нами было установлено, что значение величины сечения канала отверстия для вывода масла будет иметь постоянное значение и равно 2,5 мм для режима форпрессования, так как при снижении данного параметра наблюдается значительное уменьшение выхода масла сафлора вплоть до остановки, а при повышении сечения отверстия наблюдается значительный вывод твердой фазы и снижение давления в камере. Проанализировав рисунки 3, 4, нами сделан вывод, что существенное влияние на прессования семян сафлора в поле ультразвука оказывают следующие параметры: величина сечения отверстия для вывода жмыха $Z_{\text{ж}}$, мм, значение частоты колебания излучателя ультразвука f , кГц, значение амплитуды колебания ультразвукового излучателя A , мм. От влияния данных параметров будет зависеть выход масла и его качество. Изучая и анализируя их совместное влияние на процесс прессования, можно определить оптимальный режим прессования [8, 13, 15].

В процессе выполнения эксперимента была поставлена задача – исследовать воздействие основных характеристик на процесс прессования семян сафлора. На рисунке 5 приведены кривые зависимости изменения давления по длине камеры маслопресса.

Из рисунка 5 видно, что величина давления повышается довольно плавно и затем резко увеличивается в доотжимной камере. Это обусловлено тем, что при снижении зазора для вывода масла давление в конусе резко повышается, при этом давление на заключительном витке повышается не так значительно, так как жмых является довольно-таки пластичным продуктом, и градиент давления в нем очень велик. Также распределению величины давления мешает последний виток шнека.

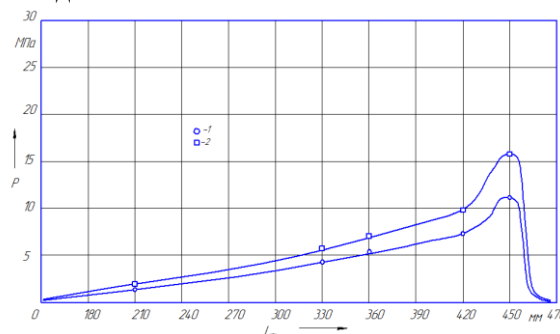


Рисунок 5. Зависимость изменения давления по длине камеры маслопресса ($W = 9\%$): 1 – $Z_{\text{ж}} = 2,5 \text{ мм}$; 2 – $Z_{\text{ж}} = 1,5 \text{ мм}$

Figure 5. Dependence of pressure change along the length of the oil press chamber ($W = 9\%$): 1 – $Z_{\text{ж}} = 2,5 \text{ мм}$; 2 – $Z_{\text{ж}} = 1,5 \text{ мм}$

Из зависимости следует, что в камере доотжима выход масла максимально затруднен из-за повышения давления прессования, как следствие, происходит закупоривание пор продукта. Именно в камере доотжима необходимо установить ультразвуковой излучатель с целью создания вибрации в слое и образования каналов для дополнительного выхода масла.

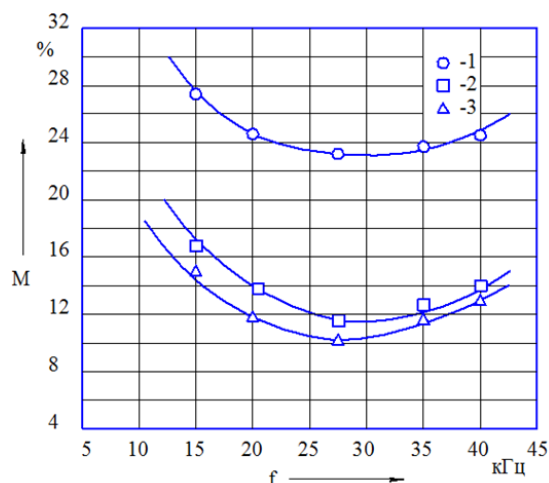


Рисунок 6. Зависимость масляности готового продукта от частоты колебаний излучателя: 1 – при $n = 15 \text{ с}^{-1}$; 2 – при $n = 20 \text{ с}^{-1}$; 3 – при $n = 25 \text{ с}^{-1}$

Figure 6. Dependence of the oil content of the finished product on the oscillation frequency of the emitter: 1 – at $n = 15 \text{ s}^{-1}$; 2 – at $n = 20 \text{ s}^{-1}$; 3 – at $n = 25 \text{ s}^{-1}$

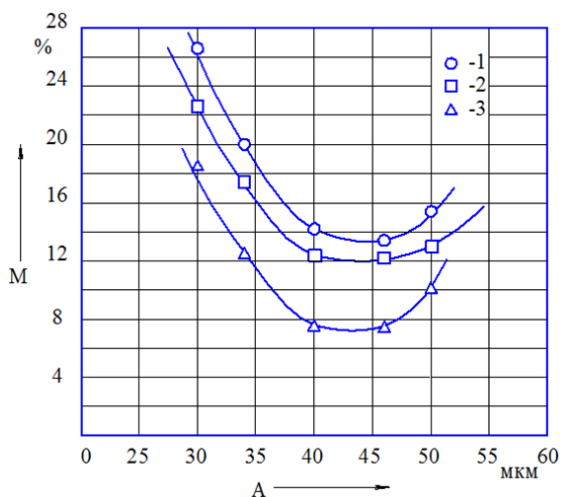


Рисунок 7. Зависимость масляности готового продукта от амплитуды колебаний излучателя: 1 – при $n = 15 \text{ с}^{-1}$; 2 – при $n = 20 \text{ с}^{-1}$; 3 – при $n = 25 \text{ с}^{-1}$

Figure 7. The dependence of the oil content of the finished product on the amplitude of the oscillator: 1 – at $n = 15 \text{ s}^{-1}$; 2 – at $n = 20 \text{ s}^{-1}$; 3 – at $n = 25 \text{ s}^{-1}$

Из обработки экспериментов следует, что повышение давления, которое оказывается на продукт в прессе, имеет место быть только при уменьшении эффективной вязкости внутри поверхностного слоя системы, который обеспечивается наложением ультразвуковых колебаний.

На рисунках 6, 7 представлены зависимости масляности жмыха сафлора от частоты f (рисунок 6) и амплитуды колебаний A (рисунок 7) ультразвукового излучателя [4–6, 10].

Проанализировав зависимости на рисунках 6, 7, можно выделить точки перегиба, в них масляность жмыха минимальна при разных значениях амплитуды и частоты колебания.

Наблюдаемая потеря адгезионной взаимосвязи полидисперсной системы (жмыха сафлора) с колеблющейся поверхностью имеет место быть при определенном диапазоне колебаний, который локализуется в небольшом поверхностном слое. Ввиду имеющейся концентрации энергии в граничном слое наблюдается его переход в высокоэластичное состояние. Рассматриваемый слой продукта приобретает отличные от общей массы смеси адгезионно-фрикционные характеристики. Снижение пристенного перемещения объясняется миграцией во внешние слои связующего компонента.

Снижение коэффициента внешнего трения о стенку камеры относительно вибрирующего слоя продукта способствует повышению степени проницаемости и равноплотности жмыха сафлора. Наблюдаемое уменьшение масляности на рисунках 6, 7 объясняется большими показателями параметров колебаний, чем резонансный диапазон массы прессуемого материала, который приводит к разрушению пограничного слоя.

Заключение

Предложена численная и графическая процедура оптимизации для прогнозирования оптимального уровня входных факторов и получения максимального выхода масла сафлора по отношению к первоначальной массе сырья в %.

В результате исследований нами были определены оптимальные интервалы входных параметров: частота колебаний $f = 25,1\text{--}30,9 \text{ кГц}$; амплитуда колебаний $A = 31,1\text{--}45,0 \text{ мм}$, давление, создаваемое в зерной камере пресса, $P = 13,6\text{--}14,1 \text{ МПа}$ [7, 13, 15].

Литература


- 1 Антипов С.Т., Шахов С.В., Мартыха А.Н., Берестовой А.А. Разработка способа получения растительного масла из семян сафлора методом прессования в поле ультразвука // Вестник ВГУИТ. 2015. № 4. С. 7–10.
- 2 Антипов С.Т., Шахов С.В., Мартыха А.Н., Берестовой А.А. Оптимизация процесса прессования семян сафлора в ультразвуковом поле // Вестник ВГУИТ. 2017. № 1 (71). С. 40–45.
- 3 Антипов С.Т., Матеев Е.З., Шахов С.В., Ветров А.В. Разработка линии подготовки зерна сафлора к переработке // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 1. С. 62–67.

- 4 Двилис Э.С., Хасанов О.Л., Пайгин В.Д., Толкачев О.С. Изготовление светопропускающей ysz-керамики методами холодного статического одноосного и ультразвукового прессования с последующим свободным спеканием. // *Фундаментальные исследования*. 2017. № 12–2. С. 268–276.
- 5 Зайцев Н.В., Януков Н.В. Обоснование необходимости применения ультразвука для усовершенствования процесса прессования макаронных изделий // *Актуальные вопросы совершенствования технологии производства и переработки продукции сельского хозяйства*. 2019. № 21. С. 559–561.
- 6 Романчиков С.А. Устройство для прессования макаронного теста с ультразвуковым капиллярным эффектом // *Научная жизнь*. 2019. Т. 14. № 4 (92). С. 463–471.
- 7 Матеев Е.З., Шахов С.В., Шукуров Б.Э. К вопросу переработки сафлора как перспективной масличной культуры // *Международный студенческий научный вестник*. 2015. № 3–2. С. 220–220а.
- 8 Marco M., Giulia F., Luigi D. Chiaramonti. Oilseed pressing and vegetable oil properties and upgrading in decentralized small scale plants for biofuel production // *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*. 2017. V. 14. № 1/2.
- 9 Grosshagauera S., Steinschaden R., Pignitter M. Strategies to increase the oxidative stability of cold pressed oils // *LWT*. V. 106. P. 72–77.
- 10 Mridula D., Barnwal P., Singh K.K. Screw pressing performance of whole and dehulled flaxseed and some physico-chemical characteristics of flaxseed oil // *J Food Sci Technol*. 2015. № 52 (3). P. 1498–1506.
- 11 Uitterhaegen E., Evon P. Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review // *Journal of Food Engineering*. 2017.
- 12 Mildner-Szkudlarz S., Róžańska M., Siger A., Kowalczewski P.Ł. et al. Changes in chemical composition and oxidative stability of cold-pressed oils obtained from by-product roasted berry seeds // *LWT*. 2019. V. 111. P. 541–547.
- 13 Yan J., Wright W.M.D., O'Mahony J.A., Roos Y. et al. A sound approach: Exploring a rapid and non-destructive ultrasonic pulse echo system for vegetable oils characterization // *Food Research International*. 2019. V. 125.
- 14 Bogaert L., Mathieu H., Mhemdi H., Vorobiev E. Characterization of oilseeds mechanical expression in an instrumented pilot screw press // *Industrial Crops and Products*. 2018. V. 121. P. 106–113.
- 15 Zdanowska P., Drózd B., Janakowski S., Derewiaka D. Impact of preliminary ultrasound treatment of rape seeds on the pressing process and selected oil characteristics // *Industrial Crops and Products*. 2019. V. 138. 111572.


References

- 1 Antipov S.T., Shakhov S.V., Martekha A.N., Berestovoy A.A. Development of a method for producing vegetable oil from safflower seeds by pressing in an ultrasound field. *Proceedings of VSUET*. 2015. no. 4. pp. 7–10. (in Russian).
- 2 Antipov S.T., Shakhov S.V., Martekha A.N., Berestovoy A.A. Optimization of the process of pressing safflower seeds in an ultrasonic field. *Proceedings of VSUET*. 2017. no. 1 (71). pp. 40–45. (in Russian).
- 3 Antipov S.T., Mateev E.Z., Shakhov S.V., Vetrov A.V. Development of a line for preparing safflower grain for processing. *Proceedings of VSUET*. 2017. vol. 79. no. 1. pp. 62–67. (in Russian).
- 4 Dvilis E.S., Khasanov O.L., Paigin V.D., Tolkahev O.S. Production of light-transmitting ysz ceramics using methods of cold static uniaxial and ultrasonic pressing followed by free sintering. *Basic research*. 2017. no. 12–2. pp. 268–276. (in Russian).
- 5 Zaitsev N.V., Yanukov N.V. The rationale for the use of ultrasound to improve the process of pressing pasta. *Actual issues of improving the technology of production and processing of agricultural products*. 2019. no. 21. pp. 559–561. (in Russian).
- 6 Romanchikov S.A. A device for pressing pasta with ultrasonic capillary effect. *Scientific life*. 2019. vol. 14. no. 4 (92). pp. 463–471. (in Russian).
- 7 Mateev E.Z., Shakhov S.V., Shukurov B.E. On the issue of processing safflower as a promising oilseed. *International Student Scientific Bulletin*. 2015. no. 3–2. pp. 220–220a. (in Russian).
- 8 Marco M., Giulia F., Luigi D. Chiaramonti. Oilseed pressing and vegetable oil properties and upgrading in decentralized small scale plants for biofuel production. *International Journal of Oil, Gas and Coal Technology*. 2017. vol. 14. no. 1/2.
- 9 Grosshagauera S., Steinschaden R., Pignitter M. Strategies to increase the oxidative stability of cold pressed oils. *LWT*. vol. 106. pp. 72–77.
- 10 Mridula D., Barnwal P., Singh K.K. Screw pressing performance of whole and dehulled flaxseed and some physico-chemical characteristics of flaxseed oil. *J Food Sci Technol*. 2015. no. 52 (3). pp. 1498–1506.
- 11 Uitterhaegen E., Evon P. Twin-screw extrusion technology for vegetable oil extraction: A review. *Journal of Food Engineering*. 2017.
- 12 Mildner-Szkudlarz S., Róžańska M., Siger A., Kowalczewski P.Ł. et al. Changes in chemical composition and oxidative stability of cold-pressed oils obtained from by-product roasted berry seeds. *LWT*. 2019. vol. 111. pp. 541–547.
- 13 Yan J., Wright W.M.D., O'Mahony J.A., Roos Y. et al. A sound approach: Exploring a rapid and non-destructive ultrasonic pulse echo system for vegetable oils characterization. *Food Research International*. 2019. vol. 125.
- 14 Bogaert L., Mathieu H., Mhemdi H., Vorobiev E. Characterization of oilseeds mechanical expression in an instrumented pilot screw press. *Industrial Crops and Products*. 2018. vol. 121. pp. 106–113.
- 15 Zdanowska P., Drózd B., Janakowski S., Derewiaka D. Impact of preliminary ultrasound treatment of rape seeds on the pressing process and selected oil characteristics. *Industrial Crops and Products*. 2019. vol. 138. 111572.


Сведения об авторах

Сергей Т. Антипов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, ast@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8932-5922>


Information about authors

Sergei T. Antipov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, ast@vsuet.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-8932-5922>


Сергей В. Шахов д.т.н., профессор, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, s_shahov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5865-2357>


Александр Н. Мартеха к.т.н., доцент, кафедра процессов и аппаратов перерабатывающих производств, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Тимирязевская 49, г. Москва, 127550, Россия, man6630@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7380-0477>

Ирина С. Юрова к.т.н., доцент, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, yurova_ira83@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5024-5888>

Алексей А. Берестовой к.т.н., старший преподаватель, кафедра машин и аппаратов пищевых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, berestovoy_1991@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2255-9414>

Марина И. Литвинова магистр, кафедра управления качеством и технологии водных биоресурсов, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, marinamer780@mail.ru


Вклада второв

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат


Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.


Sergey V. Shakhov Dr. Sci. (Engin.), professor, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, s_shahov@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5865-2357>


Alexander N. Martekha Cand. Sci. (Engin.), associate professor, processes and apparatuses of processing industries department, Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya 49, Moscow, 127550, Russia, man6630@rambler.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-7380-0477>

Irina S. Yurova Cand. Sci. (Engin.), associate professor, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, yurova_ira83@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-5024-5888>

Alexey A. Berestovoy Cand. Sci. (Engin.), senior lecturer, machines and apparatuses of food production department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, berestovoy_1991@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2255-9414>

Marina I. Litvinova master student, quality management and technology of aquatic bioresources department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, marinamer780@mail.ru

Contribution

All authors equally participated in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 12/11/2019	После редакции 21/11/2019	Принята в печать 01/12/2019
Received 12/11/2019	Accepted in revised 21/11/2019	Accepted 01/12/2019