

УДК 665.334

*Д. В. МАТЮХОВ, Н. А. КРИВОНОС***СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ИЗУЧЕНИЯ ЭКСТРАКЦИИ КОМПОНЕНТОВ МАСЛИЧНОГО СЫРЬЯ**

В статье проведен анализ существующих методик экстракции компонентов из масличного сырья, сформулированы требования к методике, позволяющей получать результаты полезные для решения технологических задач. Предложена методика, удовлетворяющая этим требованиям, и подробно описана установка для экстракции, позволяющая изучать кинетику процесса, проводимого как по методу орошения, так и по методу погружения. На примере крупки подсолнечного жмыха и гексана (при температуре 55–57 °С и гидромодуле 1:1) изучен выход масла от времени экстракции и приведен материальный баланс процесса, сходимость которого оценена как $\pm 0,6\%$.

Ключевые слова: экстракция масла, подсолнечный жмых, методика исследования, материальный баланс, гидромодуль, гексан, этиловый спирт.

В статті проведено аналіз існуючих методик екстрагування компонентів з олійної сировини, сформульовано вимоги до методики, що дозволяє отримувати результати корисні для вирішення технологічних задач. Запропоновано методику, що задовольняє цим вимогам, і докладно описано установку для екстрагування, яка дозволяє вивчати кінетику процесу, що може проводитись як за методом зрошення, так і за методом занурення. На прикладі крупки соняшникової макухи і гексану (за температури 55–57 °С та гідромодулю 1:1) досліджено вихід олії в залежності від часу екстрагування та наведено матеріальний баланс процесу, збіжність якого оцінено як $\pm 0,6\%$.

Ключові слова: екстракція олії, соняшникова макуха, методика дослідження, матеріальний баланс, гідромодуль, гексан, етиловий спирт.

Universal and generally accepted technique for the study of the oil extraction process does not exist, that leads to a lot of its variety and as a consequence to the impossibility of comparing the results with each other. The purpose of the article is to develop a technique that must be useful for solving technological problems. The basic requirements for it: efficiency; flexibility; simplicity; usability; the possibility to: accurately measure input and output parameters and monitor the process, efficiently and quickly separate the extraction products, reduce losses to a minimum. According to the proposed technique on the example of grits of sunflower cake and hexane for solvent (at a temperature of 55–57 °C and liquid/solid ratio 1:1) the yield of oil extraction from the time ranging 5 to 120 minutes was examined. The convergence of balance, taking into account the oily dust equals $\pm 0,6\%$.

Keywords: oil extraction, sunflower cake, technique investigation, material balance, liquid/solid ratio, hexane, ethyl alcohol.

Вступление.

Классическая технология добывания растительного масла с помощью углеводородных растворителей в ее принципиальном завершеном виде существует с начала 50-х [1], и совершенствование ее стало, а вернее сказать, осталось прерогативой почти исключительно частных компаний, занимающихся этим вопросом без малого сотню лет. Характерные её особенности – габаритность и сложность конструкции основного оборудования, в первую очередь экстракторов непрерывного действия, работающих в основном по принципу многоступенчатого орошения при противоточном движении материала и мисцеллы.

Комбинацию условий процесса экстракции, являющуюся следствием конструкции аппарата, а именно: количество ступеней, концентрации мисцелл, гидромодули, взаимную скорость движения фаз и т. д. воспроизвести в лаборатории, даже хорошо оснащенной, сложно – для исследований придётся создавать уменьшенную копию завода. Упрощение конструкции экстрактора без пересмотра ее общей концепции снижает его эффективность. Одна только непрерывность процесса гарантирует серьезные затраты.

Пилотная установка с загрузкой до килограмма жмыха, имитирующая непрерывность за счет ручного управления, описана в [2], но провести

полноценную серию экспериментов в количестве двух-трех десятков даже при такой загрузке оказывается разорительно в условиях существующего финансирования. Подобный принцип экстракции был реализован с помощью установки, собранной из прямоточных лабораторных холодильников, использованных в качестве ячеек для материала с загрузкой 3–5 г. на каждую ячейку-ступень [3]. На ней были получены результаты, сопоставимые по своему смыслу с технологическими параметрами современного экстрактора. Недостатком этой установки была плохая управляемость равномерностью подачи и общим объемом растворителя, малые количества которого вынуждены были проходить длинный путь через материал разной плотности, обладающий разной удерживающей способностью по отношению к растворителю (мисцелле). Также сложно было учесть потери вещества, осаждавшегося на стеклянной поверхности переходников, температура которых была ниже номинальной температуры экстракции. Разбиение одной колонны на две создавало сложности с количественным переносом спиртовой мисцеллы, которую необходимо было поддерживать во время дозирования в горячем состоянии.

© Д.В. Матюхов, Н.А. Кривонос, 2016

Постановка проблемы в общем виде и ее связь с важными научными и практическими заданиями.

Стандартной или общепризнанной методики для изучения процесса экстракции масла, как уже ясно из сказанного выше, не существует, что приводит к большому их разнообразию и, как следствие, несопоставимости результатов. Нужно учесть и то, что цели исследований не одинаковы.

Среди задач, которые могут ставить перед собой авторы – изучение кинетики процесса (в произвольных условиях), сравнительный анализ результатов для определения степени и характера воздействия определенных факторов, отыскание рациональных значений технологических параметров и их оптимизация. Последний пункт для нас наиболее интересен и, вообще говоря, универсален для различных задач, но именно он сопряжен с указанными уже сложностями. В лабораторной практике чаще всего [4–7] используются разнообразные колбы-реакторы и перемешивающие устройства. Гидродинамика же в современных промышленных экстракторах более проста: растворитель просачивается сквозь неподвижный слой материала; это создает дополнительное преимущество в виде самофильтрации мисцеллы от мелкой пыли.

Для организации экстракции широко применяется циркуляция растворителя или мисцеллы через материал, в том числе использование лабораторных приборов для исчерпывающей экстракции. Зачастую используются большие гидромодули, чтобы достичь высокого выхода масла.

Актуальность же исследований в области экстракции растительных масел в производственных интересах сохраняется. Дело в том, что вполне автономно развиваются технологии подготовки материала к экстракции: оптимизируется структура материала, снижается температура предварительного отжима масла, удается уменьшить содержание масла в жмыхах. Эти изменения вызывают необходимость в изучении влияния перечисленных факторов на процесс экстракции, характеристики ее продуктов. Не остается постоянным и положение гексана как единственного коммерчески пригодного экстрагента.

В сфере бизнеса и производства меняется отношение к содержанию понятия конкурентоспособности продукта. Больше внимания уделяется безопасности процесса, изучается возможность внедрения экстракторов небольшой производительности. В связи с этим пересматривается ведущая роль экстракторов орошения, как более взрывоопасных. В пользу экстракторов погружения может говорить растущий интерес к таким интенсифицирующим экстракцию воздействиям как ультразвук [8–12] и микроволновое излучение [12–13], применяемым в сплошной жидкой среде. Влияние кипения растворителя также не исследовано в полной мере [14].

Технологии добытия масла (помимо отжима) можно разделить на экстракцию органическими растворителями при условно атмосферном давлении, экстракцию при высоком давлении жидкостями в суперкритическом состоянии и высвобождение масла после ферментативной обработки с помощью воды. Две последних категории технологически, по необходимым для них условиям, резко отличны от первой, для которой можно надеяться на разработку более-менее универсальной методики необходимой для подбора технологических параметров, несмотря на то, что полярность применяемого растворителя оказывает сильное влияние на характер и состав продуктов.

Наиболее перспективным конкурентом гексана среди органических растворителей видится этиловый спирт [15]. Снижение гидромодуля является одной из основных задач этанольной экстракции не только потому, что даже абсолютированный спирт проигрывает здесь гексану в лучшем случае в 3 раза, но еще и потому, что чем меньше гидромодуль при использовании спирта, тем больший выход масла из мисцеллы достигим за счет её охлаждения, что составляет одно из самых эффективных экономических преимуществ спиртовой экстракции. В связи с этим желательно получать более концентрированные спиртовые мисцеллы, нежели обычно получают в случае применения гексана (25–30 %). Как показывает теория и практика [16], это возможно, хотя маслячность шрота при этом растет. Более выгодными для этой цели оказываются экстракторы орошения. Однако, если пересмотреть отношение к остаточному содержанию масла в шроте, можно добиться введения спиртовой экстракции в практику и, как следствие, достижения ее конечных преимуществ – получения экстракционного масла и шрота пищевого достоинства.

Таким образом из приведенных обстоятельств вытекает цель – разработать методику для изучения процесса экстракции растительных масел, которая:

- была бы экономичной с точки зрения расходов на материалы, оборудование, временных затрат;
- простой и удобной в использовании;
- обеспечивала бы как можно более высокую точность при измерении входных и выходных параметров, а также минимум потерь вещества (включая растворитель) во время экстракции и в процессе сбора продуктов;
- обеспечивала бы как можно более полное отделение мисцеллы от шрота после экстракции и поддержание при этом необходимой температуры;
- была бы по возможности гибкой и универсальной: позволяла бы варьировать растворителем, температурой (вплоть до кипения), способом контакта материала и растворителя (орошение, погружение), гидромодулем (особенно в сторону его уменьшения);

- не создавала бы такой гидродинамической обстановки, которую сложно было бы повторить или учесть в других, в первую очередь в промышленных, конструкциях экстракторов.

Достижение этой цели обеспечит возможность применение методики в исследованиях технологического характера.

Изложение основного материала исследований.

В качестве экстракционной ячейки была выбрана градуированная пробирка объемом 20 см³ (цена деления 0,2 см³) со шлифом (14/23). Загрузка материала в пробирку – 3–5 г (объем жмыха не должен быть больше 10 см³). Масса навески при этом может быть измерена с точностью используемых весов. Жмых должен быть предварительно измельчен, а его гранулометрический состав – установлен.

Расположение материала, если планируется экстракция по методу погружения, – у дна пробирки, на которое размещается ложное днище, вырезанное из фторопластовой ленты, круглой формы, диаметром незначительно меньшим внутреннего диаметра пробирки. Во фторопластовом днище шилом проделаны отверстия, в том числе одно по центру через которое продевается леска, закрепленная с обратной стороны днища с помощью узелка. На леску сверху нанизывается при необходимости кружок из фильтровальной бумаги по диаметру пробирки.

Ложное днище с фильтриком с помощью шпателя укладывается на дно пробирки и через воронку засыпается измельченный жмых (рис. 1). Если экстракцию предполагается проводить методом орошения, то в нижнюю часть пробирки помещается фторопластовая конструкция, имеющая 2 ножки. Высота их и нижний уровень засыпанного материала будут варьироваться в зависимости от величины принятого гидромодуля. Стекая со слоя материала, мисцелла собирается под фторопластовым днищем. Такая конструкция позволяет экспериментировать с избытком растворителя, приближающимся к нулю. Перед началом опыта необходимо по возможности точнее определить растворителемкость жмыха (по аналогии с более частным термином – бензоёмкостью).

Обратный холодильник со шлифом, установленный над пробиркой, исключает потери растворителя во время экстракции. В случае экстракции по методу орошения через холодильник подается растворитель с помощью капельницы Ехадгор (рис. 2).

Нагрев осуществляется с помощью электроплитки, которая передает тепло глицериновой бани. Контроль температурой включает также контактный термометр и усилительное устройство УКТ-4.

Емкость для бани – стеклянный термостойкий стакан диаметром 65 см и высотой 121 см. Контроль температуры осуществляется по

контактному термометру, ртутный резервуар которого размещен посередине высоты стакана у его стенки, а также с помощью ртутного термометра по ГОСТ 9871–75, измеряющего температуру у дна стакана и термопары мультиметра DT 838, пропущенной через обратный холодильник непосредственно в зону экстракции (два последних измерительных прибора на рис. 2 не показаны).

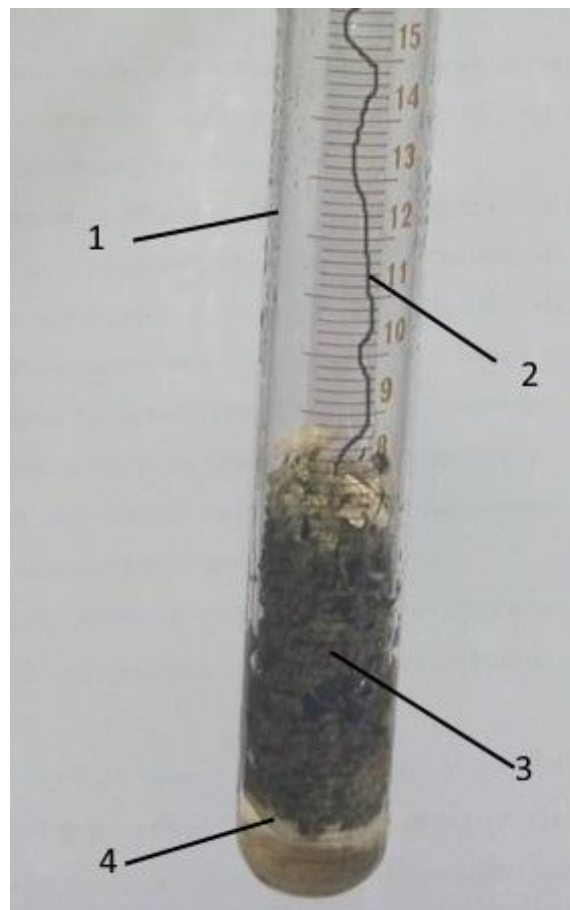


Рис. 1. Экстракционная ячейка: 1 – пробирка, 2 – леска, 3 – жмых, 4 – фторопластовое ложное днище

Объем глицерина в стакане варьируется так, чтобы покрывать материал с растворителем в пробирке. При этом можно видеть, (рис. 2) что верхняя часть пробирки и ее шлиф находятся над стаканом. Таким образом верхняя часть пробирки работает как холодильник, что дает возможность применять короткие обратные воздушные холодильники на шлифе. При извлечении пробирки со жмыхом на ее место ставится пустая пробирка для поддержания уровня глицерина в стакане. Глицерин-сапонификат нелетуч, легко смывается, но имеет высокую вязкость, вследствие чего возникает градиент температур по высоте стакана в 2–3 °С. Испытывая также влияние инерции нагревателя, которую фиксирует контактный термометр, температура в глицериновой бани экстракции недостаточно хорошо поддается управлению, что имеет значение вблизи температуры (или диапазона)

кипения растворителя при необходимости изучить влияние этого явления на экстракцию.

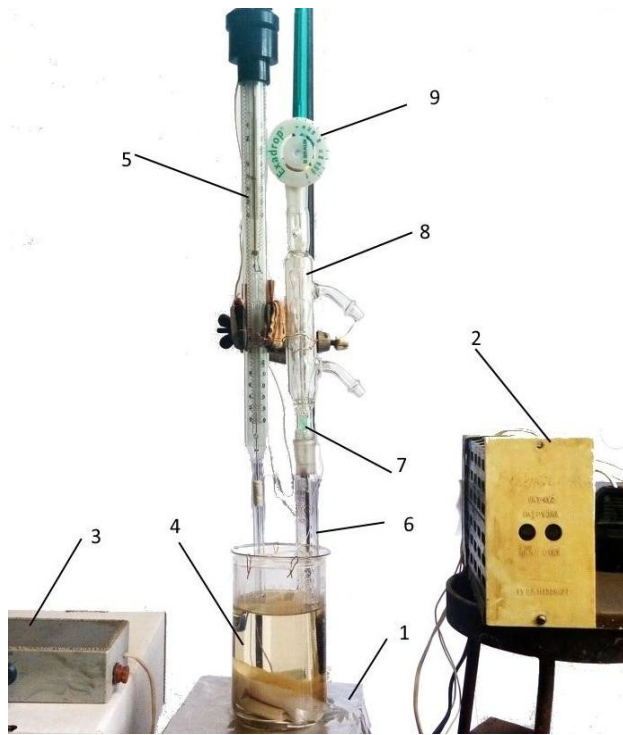


Рис. 2. Экстракционная установка: 1 – электроплитка, 2– усилительное устройство УКТ-4, 3 – симисторный регулятор, 4 – глицериновая баня, 5 – контактный термометр, 6 – пробирка, 7 – каплеформирующая часть дозатора (иголка), 8 – обратный холодильник, 9 – регулятор капельницы-дозатора (Ехадроп)

Стабилизации температурного режима $\pm 1^\circ\text{C}$ удастся достичь с помощью включения в управляющий температурой контур симисторного регулятора мощности тока, а также применения перемешивающего устройства, скомпонованного так, чтобы не мешать расположению 5-ти пробирок в стакане (отверстие под 6-ую зарезервировано под контактный термометр). Диаметр верхней части штатива – 64 см; отверстия под пробирку – 19 см, отверстия для мешалки – 9 см. Компоновка штатива и мешалки показана на рис. 3. Высота турбинки – 1 см, длина винтовой лопасти – 1 см. Толщина верхнего диска – 0,4 см. Высота штатива – 120 см.

Пробирка закрепляется на штативе в подвешенном состоянии, так чтобы дно пробирки находилось выше турбинки. Для этого на пробирке выше диска создается утолщение из разрезанной вдоль полипропиленовой гибкой трубки, которое фиксируется с помощью проволоки. Модель штатива и перемешивающего устройства, а также держатель двигателя (рис. 4) выполнены в программе AutoCAD 2016 и распечатаны на 3D-принтере из пластика ABS. В качестве привода взят электромоторчик МДП-1.

Выступ держателя зажимается в лапке на штативе, на котором крепится и лапка контактного термометра.

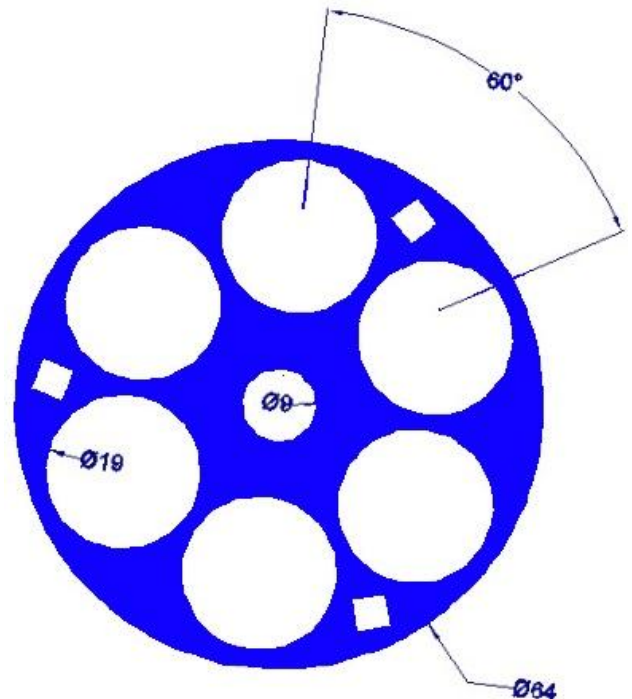
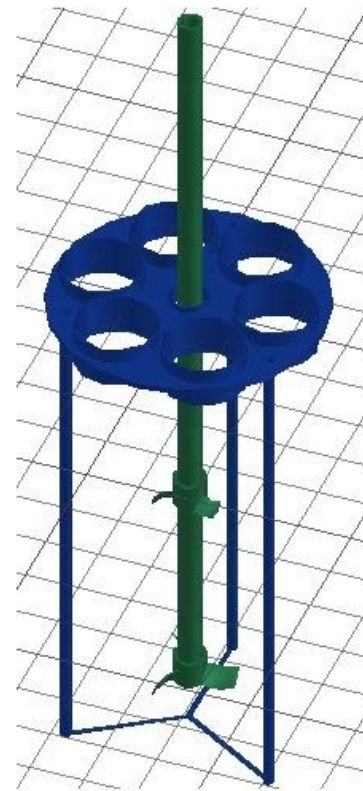


Рис. 3. Штатив для пробирок и мешалки

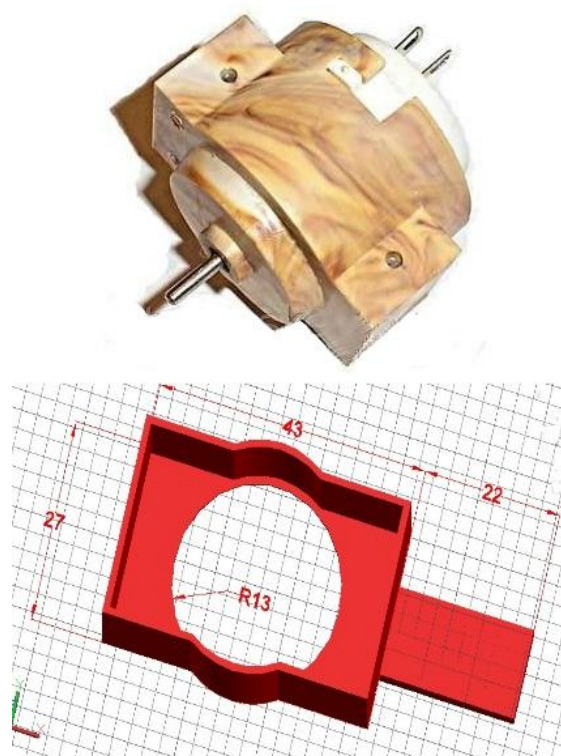


Рис. 4. Електромоторчик МДП-1 и его держатель

Если 3D-принтер не способен распечатать мешалку с заданными параметрами, предлагается сделать ее разборной (рис. 5).

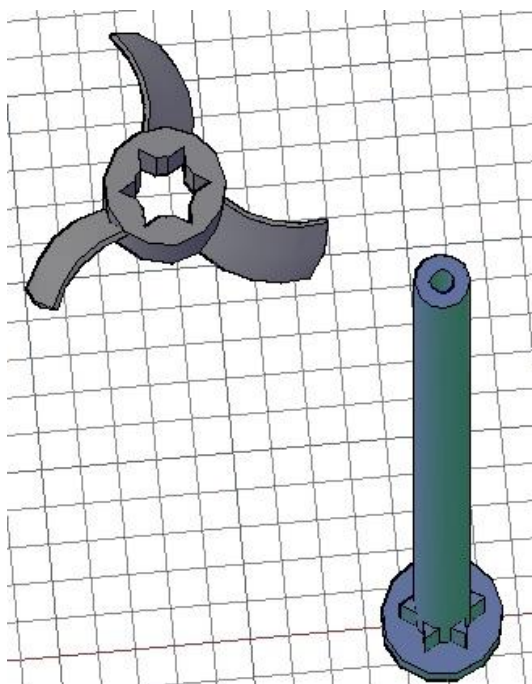


Рис. 5. Узел мешалки

Перед экстракцией по методу погружения на контактном термометре выставляют нужную температуру, после достижения которой пробирку с навесками жмыха погружают в глицериновую баню и после повторного достижения выставленной температуры добавляют необходимое количество растворителя по каплям из бюретки.

Время, необходимое для достижения температуры экстракции после добавления растворителя в одну пробирку при гидромодуле 1:1 составляет не более 2-х минут. По окончании экстракции изымают пробирку из глицериновой бани и переносят ее на водяную, высотой по шлиф пробирки, где поддерживается температура, равная температуре экстракции.

Обратный холодильник снимается и материал, погруженный в растворитель, осторожно поднимается путем поднятия за лёску фторопластового днища. После того как шрот занимает положение над мисцеллой, упираясь в сужение при шлифе, подёргиванием за лёску проводят стряхивание излишка мисцеллы, которая стекает на дно пробирки, в течение 2-х минут. После этого окончательно вынимают пробирку, наклоняют её над листом бумаги и с помощью шпателя осторожно выгружают материал на бумагу, не позволяя мисцелле смочить шрот, а шроту провалиться под фторопластовое днище, которое также изымают из пробирки. Снимают с лески фильтровальную бумагу с пылью, осевшей на ней; шрот полностью собирают во взвешенный бюкс, а пробирку закрывают притёртой пробкой.

Из пробирки отгоняют растворитель, а экстрактивные вещества высушивают до постоянной массы. Для определения количества примесей и / или экстрактивных веществ, не растворяющихся в масле после удаления экстрагента, содержимое пробирки промывают гексаном несколько раз (по 5–7 мл) при слабом нагревании, каждый раз декантируя слой растворителя после отстаивания. Пробирку с остатком снова сушат до постоянной массы. До постоянной массы также доводят фильтр и шрот.

Характеристика подсолнечного жмыха, взятого для пробной экстракции гексаном, при температуре 55–57 °С и гидромодуле 1:1 приведена в табл. 1.

Таблица 1. Характеристика подсолнечного жмыха

Показатель	Значение
Гранулометрическая характеристика	Крупка 3–4 мм
Влажность	6,26 (± 0,15) %
Масличность (на с.в.)	16,8 (± 0,5) %
Насыпная плотность	0,45 (± 0,02) г/см ³
Растворителеёмкость (к гексану, 60 ± 2 °С)	0,20 ± 0,02 г (р-ля) / г (шрота)

Пять образцов жмыха подвергались экстракции различное время (от 5-ти до 120-ти минут). Результаты экстракции в виде выхода масла

по отношению к исходному его количеству в жмыхе (на с. в.) и соответствующих концентраций мисцелл, установленных по предложенной в статье методике, занесены в табл. 2.

Таблица 2. Результаты экстракции по новой методике

№	Время, мин	Выход масла, %	Концентрация мисцеллы, %
1	5	55,9	9,6
2	10	60,0	10,2
3	30	68,7	11,8
4	50	73,7	12,9
5	120	78,8	12,5

Для каждого опыта был составлен материальный баланс экстракции по сухим веществам. Продуктами экстракции, кроме масла и шрота, являлись пыль, прошедшая через перегородку в мисцеллу (пыль 1), и уловленная фильтром (пыль 2).

Количество исходного жмыха принято за 100 %, от которых рассчитана доля продуктов и их сумма (табл. 3).

Таблица 3. Материальный баланс экстракции

№	Доля продуктов экстракции, %				
	Масло	Пыль 1	Пыль 2	Шрот	Сумма
1	10,0	0,1	0,1	89,1	99,4
2	10,8	0,2	0,2	88,3	99,4
3	12,3	0,3	0,2	88,0	100,8
4	13,2	0,3	0,1	86,6	100,3
5	14,1	0,2	0,1	86,4	100,9

Анализ таблицы показывает, что сходимость баланса $\pm 0,6$ %, что, безусловно, является хорошим результатом. Предложенный в методике фильтр улавливает лишь 25–50 % пыли. Осыпь со жмыха в виде пыли, если бы она не была учтена в балансе, давала бы дополнительную погрешность в количестве 0,2–0,5 %, что для большинства целей вполне допустимо. Определение количества пыли значительно сокращает время анализа, однако, в случае применения спирта как экстрагента пыль смешивается с веществами, выпадающими в осадок из мисцеллы или нерастворимыми в гексане.

Выводы и перспективы дальнейшего развития данного направления.

Разработана экономичная и гибкая методика экстракции, пригодная для детального изучения этого процесса через определение выхода масла и других экстрактивных веществ прямым способом. Недостатком методики может быть признана ее относительная трудоемкость, а именно: затратность по времени (2 рабочих дня для получения зависимости из 5-ти точек) и сложность отгонки растворителя из пробирок, особенно в случае со спиртом. На устранение этих недостатков должны быть направлены последующие усилия.

Список литературы: 1. *Shurtleff W.* History of soybeans and soyfoods in Germany (1712–2015) / W. Shurtleff, A. Aoyagi. – Lafayette, CA : Soyinfo Center, 2015. – 1476 p. 2. *Захаренко А.Ю.* Экспериментальные исследования экстрагирования подсолнечного жмыха с использованием этанола / А.Ю. Захаренко, В.В. Гирман, П.Ф. Петик // Масложировой комплекс. 2009. – № 1 (24). – С. 41–45. 3. *Матюхов Д.В.* Технологія екстрагування соняшникової олії ступінчастим зрошуванням етиловим спиртом : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.06 / Д.В. Матюхов ; наук. кер. Ф.Ф. Гладкий ; Харківський політехнічний ін-т, нац. техн. ун-т. – Харків, 2014. – 148 с. 4. *Fernández M.B.* Kinetic study of canola oil and tocopherol extraction / M.B. Fernández, E.E. Perez, G.H. Crapiste, S.M. Nolasco // Journal of Food Engineering. 2012. – Vol. 111, № 4. – P. 682–689. 5. *Meziane S.* Kinetic study of oil extraction from olive foot cake / S. Meziane, H. Kadi, O. Lamrous // Grasas y Aceites. 2006. – Vol. 57, № 2. – P. 175–179. 6. *Bäumler E.* Comparison of safflower oil extraction kinetics under two characteristic moisture conditions / E. Bäumler, M.B. Fernández, S.M. Nolasco, E.E. Pérez // Brazilian Journal of Chemical Engineering. – 2014. – Vol. 31, № 2. – P. 553–559. 7. *Rodrigues Da Costa, Christianne Elisabete.* Response surface methodology applied to the analysis of rice bran oil extraction process with ethanol / Da Costa Rodrigues, Christianne Elisabete, R. Oliveira // International Journal of Food Science & Technology. 2010. – Vol. 45, № 4. – P. 813–820. 8. *Хмелев В.Н.* Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве : монография / В.Н. Хмелев, О.В. Попова. – Барнаул : [б. и.], 1997. – 168 с. : ил. – ISBN5-7568-0078-6 : Б. ц. 9. *Li H.* High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans / H. Li, L. Pordesimo, J. Weiss // Food Research International. 2004. – Vol. 37, № 7. – P. 731–738. 10. *Zhang Z. S.* Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed / Z. S. Zhang, L. J. Wang, D. Li [et al.] // Separation and Purification Technology. 2008. – Vol. 62, № 1. – P. 192–198. 11. *Bimacr M.* Optimization of ultrasound-assisted extraction of crude oil from winter melon (*Benincasa hispida*) seed using response surface methodology and evaluation of its antioxidant activity, total phenolic content and fatty acid composition / M. Bimacr, R.A. Rahman, F.S. Taip [et al.] // Molecules (Basel, Switzerland). 2012. – Vol. 17, № 10. – P. 11748–11762. 12. *Cravotto G.* Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves / G. Cravotto, L. Boffa, S. Mantegna [et al.] // Ultrasonics sonochemistry. 2008. – Vol. 15, № 5. – P. 898–902. 13. *Taghvaei M.* Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties / M. Taghvaei, S.M. Jafari, E. Assadpoor [et al.] // Food chemistry. 2014. – Vol. 160. – P. 90–97. 14. *Остроушко В.Л.* Экстрагирование в системе «твердое тело – жидкость» / В.Л. Остроушко, В.Ю. Папченко // Вост.-Европ. журн. передовых технологий. 2012. – № 4/6. – С. 12–14. 15. *Матюхов Д.В.* Рафинационный эффект этилового спирта в добычии и переработке подсолнечного масла / Д.В. Матюхов // Сборник научных трудов SWorld. – Одесса : КУПРИЕНКО, 2013. – Том 4. – Вып. 1. – С. 63–68. 16. *Белобородов В.В.* Основные процессы производства растительных масел [Текст] : научное издание / В.В. Белобородов. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.

Bibliography (transliterated): 1. *Shurtleff W.* History of soybeans and soyfoods in Germany (1712–2015) / W.

- Shurtleff, A. Aoyagi. – Lafayette, CA : Soyinfo Center, 2015. – 1476 p. **2. Zakharenko A. Y.** Eksperimental'nye issledovaniya ehkstragirovaniya podsolnechnogo zhykha s ispol'zovaniem ehtanola / A.Y. Zakharenko, V.V. Girman, P.F. Petik // Maslozhirovoj kompleks. 2009. – № 1 (24). – S. 41–45.
- 3. Matyukhov D.V.** Tekhnologiya ekstraguivannyya sonyashnikovoi olii stupinchatim zroshuvannyam etilovim spirtom : dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.18.06 / D.V. Matyukhov ; nauk. ker. F. F. Gladkiy ; KHarkivskiy politekhnichnij in-t, nats. tekhn. un-t. – Kharkiv, 2014. – 148 s. **4. Fernández M. B.** Kinetic study of canola oil and tocopherol extraction / M. B. Fernández, E. E. Perez, G. H. Crapiste, S. M. Nolasco // Journal of Food Engineering. 2012. – Vol. 111, № 4. – P. 682–689. **5. Meziane S.** Kinetic study of oil extraction from olive foot cake / S. Meziane, H. Kadi, O. Lamrous // Grasas y Aceites. 2006. – Vol. 57, № 2. – P. 175–179. **6. Bäumlér E.** Comparison of safflower oil extraction kinetics under two characteristic moisture conditions / E. Bäumlér, M.B. Fernández, S.M. Nolasco, E.E. Pérez // Brazilian Journal of Chemical Engineering. 2014. – Vol. 31, № 2. – P. 553–559.
- 7. Rodrigues Da Costa, Christianne Elisabete.** Response surface methodology applied to the analysis of rice bran oil extraction process with ethanol / Da Costa Rodrigues, Christianne Elisabete, R. Oliveira // International Journal of Food Science & Technology. 2010. – Vol. 45, № 4. – P. 813–820.
- 8. Khmelev V.N.** Mnogofunktsional'nye ul'trazvukovye apparaty i ikh primenenie v usloviyakh mal'kikh proizvodstv, sel'skom i domashnem khozyajstve : monografiya / V. N. Khmelev, O.V. Popova. – Barnaul : [b. i.], 1997. – 168 s. : il. – ISBN5-7568-0078-6 : B. ts. **9. Li H.** High intensity ultrasound-assisted extraction of oil from soybeans / H. Li, L. Pordesimo, J. Weiss // Food Research International. 2004. – Vol. 37, № 7. – P. 731–738. **10. Zhang Z.S.** Ultrasound-assisted extraction of oil from flaxseed / Z.S. Zhang, L.J. Wang, D. Li [et al.] // Separation and Purification Technology. 2008. – Vol. 62, № 1. – P. 192–198. **11. Bimakr M.** Optimization of ultrasound-assisted extraction of crude oil from winter melon (*Benincasa hispida*) seed using response surface methodology and evaluation of its antioxidant activity, total phenolic content and fatty acid composition / M. Bimakr, R.A. Rahman, F.S. Taip [et al.] // Molecules (Basel, Switzerland). 2012. – Vol. 17, № 10. – P. 11748–11762. **12. Cravotto G.** Improved extraction of vegetable oils under high-intensity ultrasound and/or microwaves / G. Cravotto, L. Boffa, S. Mantegna [et al.] // Ultrasonics sonochemistry. 2008. – Vol. 15, № 5. – P. 898–902. **13. Taghvaei M.** Optimization of microwave-assisted extraction of cottonseed oil and evaluation of its oxidative stability and physicochemical properties / M. Taghvaei, S.M. Jafari, E. Assadpoor [et al.] // Food chemistry. 2014. – Vol. 160. – P. 90–97. **14. Ostroushko V.L.** EHkstragirovanie v sisteme «verdoe telo – zhidkost» / V.L. Ostroushko, V.Y. Papchenko // Vost.-Evrop. zhurn. peredovykh tekhnologij. 2012. – № 4/6. – S. 12–14. **15. Matyukhov D.V.** Rafinatsionnyj ehffekt ehtilovogo spirta v dobyvanii i pererabotke podsolnechnogo masla / D.V. Matyukhov // Sbornik nauchnykh trudov SWorld. – Odessa : KUPRIENKO, 2013. – Tom 4. – Vypusk 1. – P. 63–68. **16. Beloborodov V.V.** Osnovnye protsessy proizvodstva rastitel'nykh masel [Tekst] : nauchnoe izdanie / V.V. Beloborodov. – M. : Pishhevaya promyshlennost', 1966. – 478 p. : il.

Поступила (received) 06.07.2016

Библиографические описания / Бібліографічні описи / Bibliographic descriptions

Совершенствование методики изучения экстракции компонентов масличного сырья / Д. В. Матюхов, Н. А. Кривонос // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X : НТУ «ХП», 2016. – № 19 (1191). – С. 18–24. – Библиогр.: 16 назв. – ISSN 2220-4784.

Вдосконалення методики дослідження екстрагування компонентів олійної сировини / Д. В. Матюхов, Н. А. Кривоніс // Вісник НТУ «ХП». Серія: Інноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – X : НТУ «ХП», 2016. – № 19 (1191). – С. 18–24. – Бібліогр.: 16 назв. – ISSN 2220-4784.

An improvement of oil-bearing materials extraction technique for investigation purposes / D. V. Matukhov, N. A. Kryvonos // Bulletin of NTU «KhPI». Series: Innovation researches in students' scientific work. – Kharkiv : NTU «KhPI», 2016. – № 19 (1191). – P. 18–24. – Bibliogr.: 16 titles. – ISSN 2220-4784.

Сведения об авторах / Відомості про авторів / About the Authors

Матюхов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, доцент, кафедра технологии жиров и продуктов брожения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380992879160; e-mail: dmliamge@gmail.com.

Матюхов Дмитро Володимирович – кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380992879160; e-mail: dmliamge@gmail.com.

Matukhov Dmytriy Vladimirovich – Ph.D. (Candidate of Technical Sciences), Associate Professor (Docent), Department of fat technology and products of fermentation, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel: +380992879160; e-mail: dmliamge@gmail.com.

Кривонос Наталья Александровна – бакалавр, кафедра технологии жиров и продуктов брожения, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», тел.: +380633344966; e-mail: natakryvonos@gmail.com.

Кривоніс Наталія Александрівна – бакалавр, кафедра технології жирів та продуктів бродіння, Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», тел.: +380633344966; e-mail: natakryvonos@gmail.com.

Kryvonos Natalia Aleksandrovna – Bachelor, Department of the fat technology and products of fermentation, National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: +380633344966; e-mail: natakryvonos@gmail.com.