

Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов

Екатерина А. Шестакова	¹	katya_eash@mail.ru
Дмитрий С. Распопов	¹	dimasraspopov@mail.ru
Елена И. Верболоз	¹	elenaverboloz@mail.ru

¹ Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия

Аннотация. Научно-исследовательская работа по созданию непрерывной технологии и машинно-аппаратурной схемы доочистки фосфатидного концентрата магнито-акустическим способом показала достаточную эффективность этого способа. Для разделения модифицированных погонов подсолнечного масла с получением лецитинов с повышенным содержанием фосфатидилхолинов применили дистилляцию селективного растворителя- этиловый спирта и адсорбцию силикагелем, причем для увеличения их растворяющей и поглощающей способности был наложен ультразвук интенсивностью 10 Вт/см² и пульсирующим с его частотой магнитным полем 2 Тл. Такая обработка в потоке обеспечивает получение существенно обесцвеченного гранулированного лецитинсодержащего продукта в виде микрогранул нерастворимой в спирте фракции (остаются на фильтре) и жидкой жиросодержащей части, незначительно поглощенной силикагелем. Задачей исследования является определение влияния комплексных физических воздействий на процессы изменения состава погонов подсолнечных масел, подтверждения применения силикагеля, как эффективного нейтрализующего и адсорбирующего агента, определение приемлемых режимов процесса отгонки растворителя (этилового спирта) в молекулярном дистилляторе для получения высококачественного лецитинсодержащего продукта. Актуальность работы состоит в том, что в настоящее время в России данная тема комплексного применения ультразвука, пульсирующего магнитного поля и очистки силикагелем вносит существенную новизну в отечественные научные труды в этом направлении. Предлагаемая нами непрерывная технология позволяет получать фракционированные пищевые лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ более 60%, так и обезжиренные, более гидрофильные лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ до 95% с повышенным качеством очистки от цветных и пахнущих веществ при низкой их кислотности.

Ключевые слова: подсолнечные фосфатиды, ультразвуковой излучатель, неодимовые магниты, магнито-акустический способ, модифицированные погоны, фракционированные лецитины.

Development of flow technology for the purification and production of food sunflower phospholipids

Ekaterina A. Shestakova	¹	katya_eash@mail.ru
Dmitriy S. Raspopov	¹	dimasraspopov@mail.ru
Elena I. Verboloz	¹	elenaverboloz@mail.ru

¹ ITMO University, Lomonosova street, 9, Saint Petersburg, 191002, Russia

Abstract. The completed research work is aimed at creating a continuous technology and machine-hardware purification scheme for phosphatide concentrate in an effective magneto-acoustic way. To separate modified of waste of deodorization and to obtain lecithins with a high content of phosphatidylcholines using distillation, selective solvent, ethyl alcohol and adsorbent-silica gel was used, and ultrasonic with an intensity of 10 W/cm² in combination with a pulsating magnetic field of 2 Tl was used to increase its dissolving and absorbing ability. Such treatment in the stream provides obtaining a substantially bleached high-quality lecithin-containing product in the form of microgranules of an alcohol-insoluble fraction (remain on the filter) and a liquid fat-containing part with a low amount of waste absorbed by silica gel. The objectives of the study include studying the effect of hydrodynamic complex effects on the association and deassociation of free fatty acids and other related lipids in the composition of the waste of deodorization of sunflower oil, the rationale for the use of silica gel as an effective neutralizing and adsorbing agent, determining rational modes of the solvent (ethyl alcohol) distillation process in a vacuum molecular distiller for high-quality lecithin-containing liquid product. The relevance of the work «Improvement of the process and equipment for the distillation of waste of deodorization of vegetable oils processed in ultrasonic» is that at present in Russia this topic of the integrated use of ultrasonic, pulsating magnetic field and silica gel cleaning makes a significant novelty in Russian scientific works in this direction. The proposed technology for producing modified sunflower lecithins allows to obtain both fractionated lecithins with a mass fraction of acetone-insoluble substances of more than 60%, and skimmed, more hydrophilic lecithins with a mass fraction of acetone-insoluble substances up to 95% with an improved quality of cleaning from color and smelling substances at low acidity.

Keywords: sunflower phosphatides, ultrasonic transducer, neodymium magnets, magneto-acoustic method, modified waste of deodorization, fractionated lecithins.

Для цитирования

Шестакова Е.А., Распопов Д.С., Верболоз Е.И., Разработка поточной технологии очистки и получения пищевых подсолнечных фосфолипидов // Вестник ВГУИТ. 2019. Т. 81. № 1. С. 125–131. doi:10.20914/2310-1202-2019-1-125-131

For citation

Shestakova E.A., Raspopov D.S., Verboloz E.I., Development of flow technology for the purification and production of food sunflower phospholipids. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2019. vol. 81. no. 1. pp. 125–131. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2019-1-125-131

Введение

За последнее десятилетие производство растительных масел в России возросло примерно в 2,1 раза. Его производят более чем в 50 регионах России. Мы занимаем 9-е место по производству растительных масел, а по подсолнечному маслу – 2-е место в мире. Так, в 2017 г. наша страна произвела более 4700 т нерафинированного подсолнечного масла и его фракций, что выше на 10,4% по сравнению с 2016 г. Средняя оптовая цена около 41,5–43,0 р./кг [1].

Одними из основных видов ценных веществ, образующихся при выработке подсолнечного масла, являются фосфолипиды, необходимые в пищевой промышленности. Такие пищевые концентраты используются при производстве маргарина, кондитерских, хлебобулочных и др. изделий [1]. Чаще всего применяют водно-жировую эмульсию, которая получается при механическом взбивании растительного масла и фосфолипидов с водой при температуре $t = 40\text{--}50\text{ }^{\circ}\text{C}$ (состав эмульсии: 75% воды, 20% масла, 5% фосфатидов), но она имеет недостаточную дисперсность и стойкость при хранении [1].

Выработка масла из семян любым способом приводит к одновременному извлечению фосфатидов, а их удаление является достаточно сложным в процессе рафинации. Даже незначительная примесь фосфатидов в масле снижает вкусовые показатели продукта и приводит к частой очистке теплопередающих поверхностей оборудования. При хранении растительных масел происходит гидролиз фосфатидов на жирные кислоты, глицерин и фосфорную кислоту. При гидролизе лецитина образуется триметиламин, который имеет запах рыбьего жира, что портит продукт [4].

Фосфатиды легко окисляются кислородом воздуха. Они содержат в молекуле непредельные кислоты, что интенсифицирует порчу растительных жиров. В связи с этим при хранении необходимо удалять фосфатиды специальной обработкой. Фосфатиды гигроскопичны, и при контакте с водой они выпадают в осадок из-за потери растворимости. Это свойство используется при очистке масел от фосфатидов в процессе их выработки из отстоев в промышленном масштабе [2].

Гидратация позволяет извлекать фосфатиды, имеющие важное значение в качестве товарного продукта. Проводятся исследования и внедряются их результаты по повышению качества выделенных фосфолипидов из масла. Большинство производимых фосфолипидов не допускают длительного хранения, имеют несоответствующую цветность, кислотность и вязкость [3].

Цель исследования – повышение эффективности машинно-аппаратурной схемы дополнительной очистки спиртовыми растворителями фосфатидного концентрата магнито-акустическим способом с последующей обработкой ультразвуком 10 Вт/см^2 и пульсирующим магнитным полем 2 Тл в присутствии силикагеля [10].

Это обеспечило получение высококачественного лецитинсодержащего продукта в виде гранул, нерастворимых в этиловом спирте, и фракции жидкой жиросодержащей их части при небольшой величине отходов, поглощенных силикагелем. Задача исследования – определить влияние комплексных воздействий ультразвука и магнитного поля на процессы очистки свободных жирных кислот и других сопутствующих липидов в погонах подсолнечного масла с обоснованием применения силикагеля для нейтрализации и адсорбции в фосфатидах побочных ингредиентов. Использование физических воздействий пульсирующего магнитного поля, а также поверхностных и адсорбирующих свойств силикагеля позволяет внедрить непрерывную технологию и высокоэффективное оборудование, патентуемое в университете ИТМО [9].

Полученный на Российских предприятиях фосфатидный концентрат имеет, как правило, повышенные показатели вязкости, кислотности и цветности, резкий запах, что не соответствует ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые, Лецитины E322. Общие технические условия», введенному 1 января 2012 г. Это вынуждает использовать концентрат на технические цели и корм скоту.

Одним из перспективных способов получения качественных фосфолипидных продуктов является экстракция их этиловым спиртом из фосфатидных концентратов. Процесс разделения фосфатидных концентратов идет в этиловом спирте при концентрации до 1:12 и повышенной температуре смеси около $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ с получением спирторастворимой и спиртонерастворимой фракций. После сушки под вакуумом получают концентрированный масложировой фосфолипидный продукт, не лишенный характерного запаха и повышенной цветности [4].

Другая технология с обработкой фосфатидного концентрата перекисно-ферментной системой пока распространенная на маслодобывающих заводах несколько увеличивает выход растительного масла в основном процессе и дает возможность получать более полноценные фосфатидные концентраты марок ПП-1, СП-1, ПВП-1, соответствующие по качеству ГУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные.

Технические условия». Она позволяет получить продукт с несколько повышенной вязкостью, но с кислотным числом масла, выделенного

из него, менее 10 мг КОН и цветным числом около 3 мг I₂. Низкая окупаемость требует доработки этой технологии (таблица 1) [12].

Таблица 1.

Физико-химические показатели подсолнечных фосфатидных концентратов по ТУ 9146-203-00334534-97 «Концентраты фосфатидные. Технические условия» и ГОСТ Р 53970-2010 «Добавки пищевые, Лецитины E322. Общие технические условия»

Table 1.

Physical and chemical indicators of sunflower phosphatide concentrates according to TU 9146-203-00334534-97 Phosphatide concentrates. Technical conditions and GOST R 53970-2010 Food additives, E322 Lecithins. General specifications

Наименование показателя Name of an indicator	Значения показателя, определенного по ТУ Values of the indicator defined by TU	Требования ТУ (марка ПП-1) Requirements according TU (brand PP-1)	Значения показателя, определенного по ГОСТ Values of the indicator defined by GOST	Требования ГОСТ Р Requirements according GOST R
Массовая доля Mass per volume %: фосфатидов phosphatides	55,6–60,5	Не менее 60,0 No less 60.0	Не определяется Not determined	-
масла oil	38,1–47,4	Не более 40,0 No more 40.0	Не определяется Not determined	-
веществ, нерастворимых в ацетоне substances insoluble in acetone	Не определяется Not determined	-	55,9–61,6	Не менее 60,0 No less 60.0
веществ, нерастворимых в этиловом эфире substances insoluble in ethyl ether	1,2–1,7	Не более 1,5 No more 1.5	Не определяется Not determined	-
веществ, нерастворимых в толуоле substances insoluble in toluene	Не определяется Not determined	-	1,1–1,6	Не более 0,3 No more 0.3
влаги и летучих веществ moisture and volatile substances	0,7–1,8	Не более 1,0 No more 1.0	0,7–1,8	Не более 1,0 No more 1.0
Вязкость при 25 °С, Па·с Viscosity Pa·s at 25 °C	Не определяется Not determined	-	12–25	Не более 12 No more 12
Цветное число, мг йода Iodine index, mg of iodine	4,7–7,6	Не более 8,0 No more 8.0	Не определяется Not determined	-
Цветное число 10%-ного раствора в толуоле, мг йода Iodine index 10% solution in toluene, mg of iodine	Не определяется Not determined	-	72–98	Не более 80 No more 80
Кислотное число масла, выделенного из фосфатидного концентрата, мг КОН/г Acid number of oil selected from phosphatidic concentrate, mg KOH/g	3,5–6,5	Не более 10,0 No more 10.0	Не определяется Not determined	-
Кислотное число, мг КОН/г Acid number, mg KOH/g	Не определяется Not determined	-	25,4–34,2	Не более 36,0 No more 36.0
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг Peroxide value, mmol of active oxygen/kg	2,4–6,8	Не более 10,0 No more 10.0	2,4–6,8	Не более 10,0 No more 10.0

Из таблицы видно, что фосфатидный концентрат по ТУ 9146-203-00334534-97, выработанный на маслозаводах, имеет другие показатели по сравнению с ГОСТ Р 53970-2010 по массовой доле веществ, нерастворимых в ацетоне и толуоле.

Известно, что ГОСТ Р 53970-2010 позволяет использование фракционированных лецитинов в качестве пищевых добавок как в виде «вязких жидкостей или воскообразной массы, так и в виде порошка или гранул, содержащих фракции веществ, нерастворимых в ацетоне» (лецитин, кефалин, фосфосерин, фосфатидная

кислота и прочие соединения, а также масло растительное (от 30 до 50%).

В то же время анализ образцов фосфатидного концентрата производства МЭЗ «Кропоткинский» и «Лабинский» показал, что данный продукт имеет высокие показатели окислительной порчи. Значения по показателю «цветное число» достигает 6 ÷ 20 мг йода, а «перекисное число» – от 3,9 до 11,6 ммоль активного кислорода/кг и «кислотное число» – от 6,3 до 20,8 мг КОН/г и более. Такие цифры этих показателей объясняются технологией выделения фосфолипидного концентрата при повышенной температуре

и развитой площади поверхности испарения. Это вызывает протекание интенсивных процессов окисления и гидролиза в присутствии влаги. В итоге в продукте появляются первичные, вторичные продукты окисления, азометины, меланофосфолипиды. В то же время ГОСТ требует, чтобы подсолнечный пищевой фосфатидный концентрат имел желтый цвет, запах и вкус, свойственные маслу, из которого он получен.

Материалы и методы

Наша технология практически освобождает продукты от запаха и цветности, но при условии, что не идет разрушение слабых магнитных связей фосфолипидов. При этом температура обрабатываемой смеси во избежание разрушения образуемых магнитных связей не должна превышать 28–40 °С, а вязкость быть достаточно малой, близкой к 8–12 Сст [9]. Полученный продукт должен содержать

фосфорсодержащие соединения в виде лецитина, кефалина, фосфосерина, инозитолфосфатида, фосфатидной кислоты и прочих соединений, а также масла растительного (30–50%).

На основании проведенных исследований нами была предложена технологическая схема выработки пищевых подсолнечных лецитинов с высоким содержанием функциональных групп фосфолипидов (рисунок 1). При этом для качественной очистки применили образцы фосфатидного концентрата с МЭЗ «Лабинский», растворяемые в селективном растворителе – этиловом спирте (для получения лецитинов с повышенным содержанием фосфатидилхолинов), причем для увеличения его растворяющей способности применили ультразвук интенсивностью 10 Вт/см² в комплексе с пульсирующим магнитным полем 2 Тл согласно нашей заявке [9].

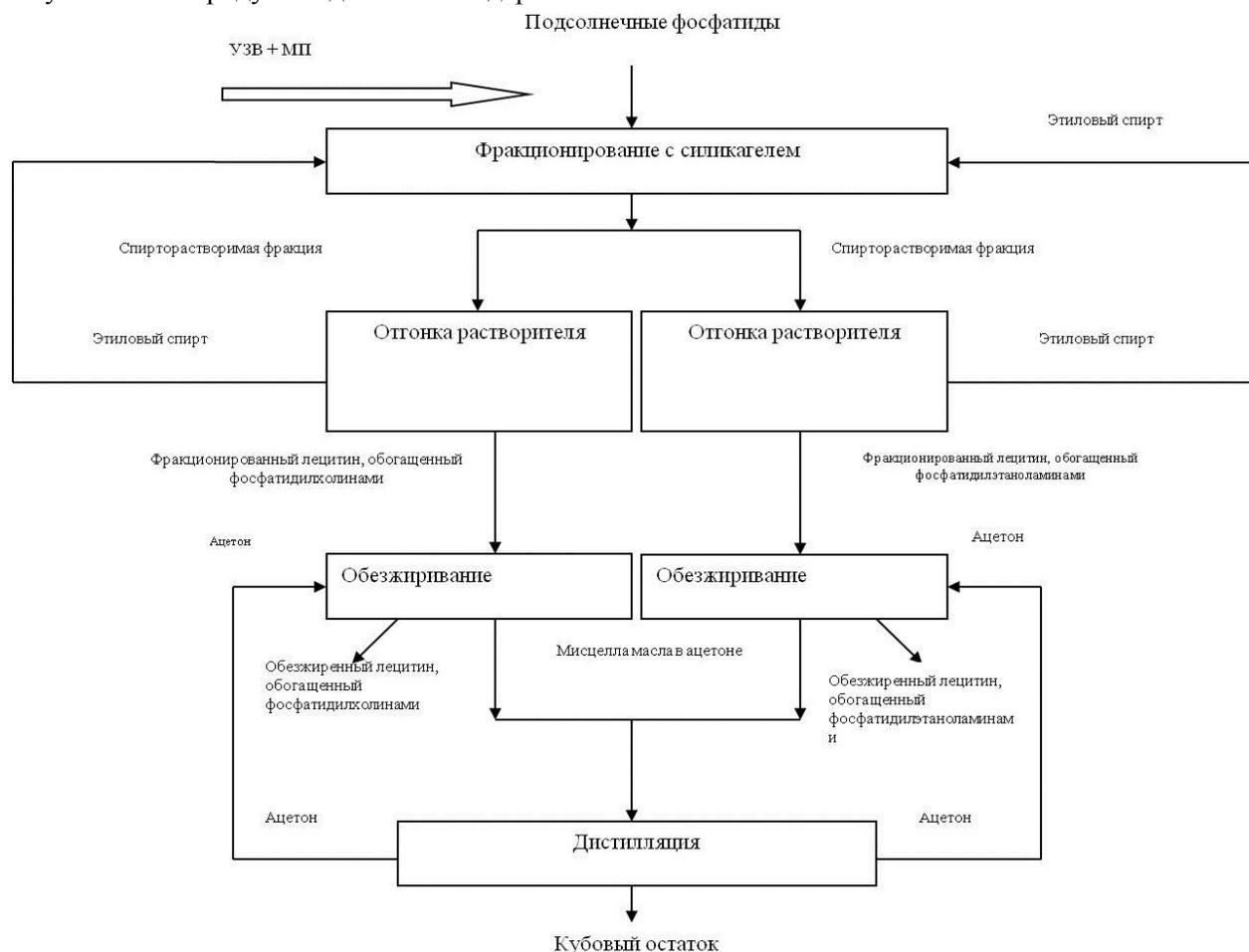


Рисунок 1. Технология получения модифицированных подсолнечных лецитинов, обработанных ультразвуком и пульсирующим магнитным полем в присутствии силикагеля

Figure 1. Technology for producing modified sunflower lecithins, treated with ultrasonic and pulsating magnetic field in the presence of silica gel

Использование пульсирующего магнитного поля заметно тормозит окисление масел, особенно при их интенсивной обработке ультразвуком. Но необходимо учитывать, что

тормозящие эффекты магнитной обработки устойчиво заметны при температуре порядка 20 °С. Но уже при температуре 30–40 °С время релаксации сокращается до нескольких часов

и менее 1 ч – при 70–80 °С [7, 8]. Этот факт при проведении магнито-ультразвуковой обработки требует постоянного охлаждения полученных продуктов во время разделения или получения их в потоке. Магнитная обработка дает явный антиокислительный эффект не только при хранении обработанных погнонов, но также в технологических процессах нейтрализации, отбели и дезодорации погнонов. Для дополнительного снижения кислотности и цветности жидких продуктов процесс вели в присутствии силикагеля марки КСК [8].

Разработанная технология выработки модифицированных подсолнечных лецитинов показывает как возможность выделить фракционированные лецитины с массовой долей ацетонрастворимых веществ более 60%, так и обезжиренные лецитины с массовой долей ацетоннерастворимых веществ не менее 95%, содержащих физиологически ценные группы фосфолипидов. Получаемые обезжиренные порошкообразные лецитины более удобны в использовании, имеют нейтральный вкус из-за удаленных ненасыщенных жирных кислот растительного масла. Такой лецитин более гидрофилен, чем стандартный жиросодержащий лецитин [6]. Кроме того, подсолнечные лецитины в отличие от соевых не содержат эстрогенов (фитоэстрогенов) – веществ, вызывающих аллергические реакции [10, 11]. Из-за отсутствия растительного масла в модифицированных подсолнечных лецитинах снижено пероксидное число. В результате подсолнечные фосфатиды определенно являются хорошим сырьем для выработки лецитинов с высоким содержанием функциональных групп фосфолипидов, а внедрение предложенной технологии их получения – актуальной. Для качественного разделения спиртовой смеси подсолнечного фосфатидного концентрата на спирторастворимую часть и осадок (этиловый спирт) эта смесь должна быть тщательно перемешана. Однако для трудносмешиваемых жидкостей, каковыми являются масляные погноны и спирт, даже интенсивное механическое перемешивание не дает нужного эффекта. Поэтому требуется получение мелкодисперсной механической смеси (эмульсии), состоящей из спирторастворимой жидкости и образовавшейся спиртонерастворимой дисперсной среды. При обзоре работ выявлено, что получение достаточно качественных эмульсий из заранее механически перемешанных жидкостей возможно за счет кавитации от ультразвукового излучателя. При этом рост пузырьков перемежается с их схлопыванием. Причем длительность процесса кавитации каждого пузырька занимает время около $t_{ок} = 0,5 \cdot 10^{-3}$ с. При схлопывании образуется ударная волна, характеризующаяся

резким повышением температуры и давления газов. Важной характеристикой эмульсии является дисперсность смеси, которая выражается диаметром капель смешиваемых жидкостей и образовавшихся частиц. На основе этих данных построена зависимость размера частиц d_n от режима обработки (ультразвуком с пульсирующим магнитным полем) (рисунок 2).

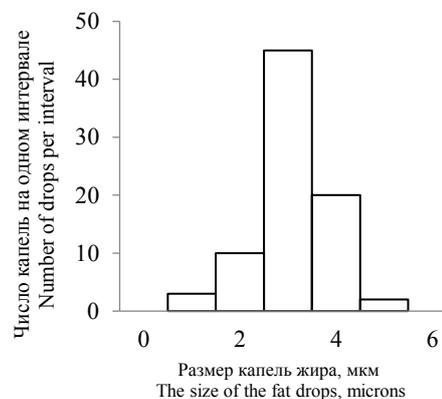


Рисунок 2. Зависимость размера капель d_n от режима обработки

Figure 2. The dependence of the size of the drops d on the processing mode

Для подбора режимов выделения лецитина с высоким содержанием фосфатидилхолинов обращено внимание на соотношение «подсолнечные лецитины – этиловый спирт», изменяющие выход спирторастворимой фракции. Выявлено, что выход спирторастворимой фракции зависит от массового соотношения растворителя и подсолнечных погнонов, но особенно от приложенных удельной мощности ультразвука и силы магнитного поля, израсходованных на фракционирование.

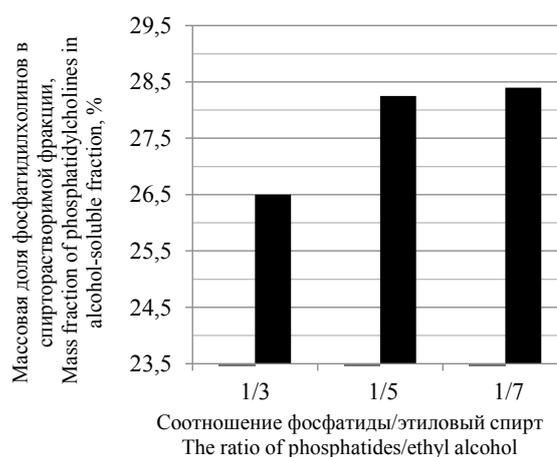


Рисунок 3. Изменение выхода спирторастворимой фракции в присутствии ультразвукового 10 Вт/см² и магнитного воздействия 2 Тл

Figure 3. The change in the yield of the alcohol-soluble fraction in the presence of an ultrasonic 10 W/cm² and a magnetic effect of 2 Tl

Из рисунка 3 видно, что выход подсолнечных лецитинов, растворимых в спирте, увеличивается с количеством растворителя в смеси «подсолнечные лецитины – этиловый спирт», но уже при соотношении 1:5 их выход в присутствии ультразвука и магнитного воздействия практически не растёт. В работе [4]

указано, что без ультразвука спирта должно быть в смеси более 1:7–1:12, но такой процесс будет более энергозатратным.

Нами был закуплен ультразвуковой аппарат и создана экспериментальная установка для обработки спиртовой смеси фосфатидов в потоке (рисунок 4)

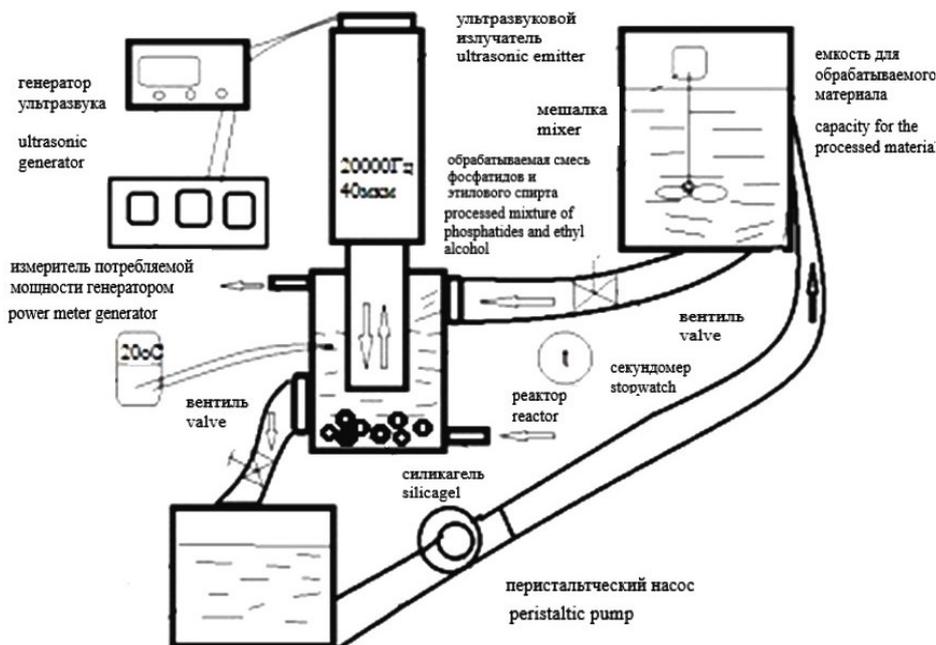


Рисунок 4. Схема проточной установки для ультразвуковой и магнитной обработки смеси с фосфатидами
Figure 4. The flow setup for ultrasonic and magnetic processing of a mixture with phosphatides

Известно, что для достижения максимального эффекта нужна магнитная обработка. Для слабых полей это время может находиться в пределах 8–15 с; для сильных высокоградиентных полей – не превышает 3 с при интенсивном механическом (ультразвуковом) перемешивании за счет кавитационных процессов от излучателя ультразвука. При естественном это время увеличивается на порядок, а нагрев превышает допустимый, когда магнитные связи разрушаются. Нами определено, что наиболее эффективно использование высокоградиентных неодимовых магнитов с индукцией порядка 2 Тл. В результате обработки кислород и растворенные в масле углеводородные радикалы создают относительно прочную, более упорядоченную структуру (это подтверждено изменением рефракции масла). При этом обнаружено, что биологическая активность продуктов увеличивается. Обращено

внимание, что применение силикагеля изменяет цветность и кислотность жидкого лецитинсодержащего продукта до норм ГОСТ Р 53970-2010. Выявлено, что обработка фосфатидов в пульсирующем с частотой ультразвука магнитном поле при температуре 28–40 °С позволяет значительно снизить время обработки смеси и повысить выход пищевых лецитинов на 15–17%. Технические и технологические решения защищены патентом РФ [9].

Вывод

Интенсификация очистки фосфатидов подсолнечных масел до пищевых фосфолипидов путем применения ультразвука с пульсирующим магнитным полем в присутствии силикагеля позволяет довести качество и пищевую ценность получаемого лецитина до норм ГОСТ Р 53970-2010.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Герасименко Е.О., Белина Н.Н., Пашенко В.Н., Бутина Э.А. и др. Совершенствование технологии переработки растительных лецитинов // Масложировая промышленность. 2013. № 3. С. 20–24.
- 2 ГОСТ Р 53970–2010. Добавки пищевые. Лецитины Е 322. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2011.
- 3 ТУ 9146–203–00334534–97. Концентраты фосфатидные. Технические условия.

- 4 Пашенко В.Н. Разработка инновационной технологии получения жидких лецитинов: автореферат дисс. к-та техн. наук. Краснодар, 2013. 25 с.
- 5 Шестакова Е.А., Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т. Интенсификация процесса дистилляции погонов растительных масел // Низкотемпературные и пищевые технологии в XXI веке: материалы VII Международная научно-техническая конференции. СПб.: ИТМО, 2015. С. 23–25.

6 Шестакова Е.А., Верболоз Е.И., Антуфьев В.Т. Магнито-акустическая интенсификация процесса очистки фосфатидного концентрата // Вестник ВГУИТ. 2017. Т. 79. № 2. С. 24–29.

7 Пат. № 2453117, RU, A21D 8/02, 2/36. Способ производства хлебобулочного изделия / Корнена Е.П., Лобанов В.Г., Воронцова О.С., заявитель и патентообладатель КубГТУ. № 2011101216/13; Заявл. 2011101216; Опубл. 20.06.2012, Бюлл. № 17.

8 Корнен Н.Н., Першакова Т.В., Лисовая Е.В. Применение растительных фосфолипидов (лецитинов) в производстве хлебобулочных изделий // Научный журнал КубГАУ. 2016. № 02 (116). С. 288–300.

9 Заявка на патент № 2016117454, RU, A23L 3/26. Способ и устройство получения белково-жировой эмульсии / Распопов Д.С., Шестакова Е.А. Пальчиков А.Н., Антуфьев В.Т., Верболоз Е.И.

10 Шестаков С.Д. и др. Технология и оборудование для обработки пищевых сред с использованием кавитационной дезинтеграции: учебное пособие. Санкт-Петербург: ГИОРД, 2013.

11 Иванова М.А., Громцев А.С., Пашин В.В. Исследование влияния ультразвуковой обработки на физико-химические показатели дистиллятов растительного масла // Новые технологии. 2017. № 1. С. 17–23.

12 Пат. № 2487162, RU, C11B 3/00. Способ получения фосфатидного концентрата / Мартовщук В.И., Багров А.А., Заболотный А.В., Мартовщук Е.В., заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «КубГТУ». № 2012108347/13; Заявл. 2012108347; Опубл. 10.07.2013, Бюлл. № 19.

REFERENCES

1 Gerasimenko E.O., Belina N.N., Pashchenko V.N., Butina E.A. et al. Improving the processing technology of vegetable lecithins. *Maslozhirovaya promyshlennost'* [Fat and oil industry]. 2013. no. 3. pp. 20–24. (in Russian).

2 GOST R 53970–2010. *Dobavki pishchevyeye. Letsitiny Ye 322. Obshchiye tekhnicheskiye usloviya* [Food supplements. E 322 lecithins. General technical conditions]. Moscow, Standardinform, 2011. (in Russian).

3 TU 9146–203–00334534–97. *Kontsentraty fosfatidnyye. Tekhnicheskiye usloviya* [Phosphatide concentrates. Technical conditions]. (in Russian).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Екатерина А. Шестакова аспирант, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, katya_eash@mail.ru

Дмитрий С. Распопов аспирант, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, dimasraspopov@mail.ru

Елена И. Верболоз д.т.н., профессор, кафедра технологических машин и оборудования, Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики, ул. Ломоносова, 9, г. Санкт-Петербург, 191002, Россия, elenaverboloz@mail.ru

КРИТЕРИЙ АВТОРСТВА

Екатерина А. Шестакова обзор литературных источников по исследуемой проблеме, провела эксперимент

Дмитрий С. Распопов написал рукопись, корректировал её до подачи в редакцию и несёт ответственность за плагиат

Елена И. Верболоз консультация в ходе исследования

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ПОСТУПИЛА 30.11.2018

ПРИНЯТА В ПЕЧАТЬ 08.02.2019

4 Pashchenko V.N. Razrabotka innovatsionnoy tekhnologii polucheniya zhidkikh letsitinov [Development of an innovative technology for producing liquid lecithins]. Krasnodar, 2013. 25 p. (in Russian).

5 Shestakova E.A., Verboloz E.I., Antufiev V.T. Intensification of the process of distillation of waste of deodorization of vegetable oils. *Nizkotemperaturnyye i pishchevyeye tekhnologii v XXI veke* [Low-temperature and food technologies in the XXI century: materials VII International Scientific and Technical Conference]. Saint-Petersburg, ITMO, 2015. pp. 23–25. (in Russian).

6 Shestakova E.A., Verboloz E.I., Antufiev V.T. Magneto-acoustic intensification of the phosphatide concentrate purification process. *Vestnik VGUIT* [Proceedings of VSUET]. 2017. vol. 79. no. 2. pp. 24–29. (in Russian).

7 Kornena E.P., Lobanov V.G., Vorontsova O.S. *Sposob proizvodstva khlebobulochnogo izdeliya* [Method for the production of bakery products]. Patent RF, no. 2453117, 2012.

8 Kornen N.N., Pershakova T.V., Lisovaya E.V. The use of plant phospholipids (lecithins) in the production of bakery products. *Nauchnyy zhurnal KubGAU* [Scientific journal KubGAU]. 2016. no. 02 (116). pp. 288–300. (in Russian).

9 Raspopov DS, Shestakova Ye.A. Palchikov A.N., Antufiev V.T., Verboloz E.I. *Sposob i ustroystvo polucheniya belkovo-zhirovoy emul'sii* [Method and device for obtaining protein-fat emulsion]. Patent RF application, no 2016117454.

10 Shestakov S.D. et al. *Tekhnologiya i oborudovaniye dlya obrabotki pishchevykh sred s ispol'zovaniyem kavitatsionnoy dezintegratsii* [Technology and equipment for the processing of food environments using cavitation disintegration]. Saint-Petersburg, GIORД, 2013. (in Russian).

11 Ivanova M.A., Gromtsev A.S., Pashin V.V. The study of the effect of ultrasonic treatment on the physico-chemical characteristics of vegetable oil distillates. *Novyye tekhnologii* [New technologies]. 2017. no. 1. pp. 17–23. (in Russian).

12 Matousek V.I., Bagrov A.A., Zabolotny A.V., Matousek E.V. *Sposob polucheniya fosfatidnogo kontsentrata* [Method of producing phosphatidic concentrate]. Patent RF, no. 2487162, 2013.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Ekaterina A. Shestakova graduate student, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, katya_eash@mail.ru

Dmitriy S. Raspopov graduate student, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, dimasraspopov@mail.ru

Elena I. Verboloz Dr. Sci. (Engin.), professor, technological machines and equipment department, ITMO university, Lomonosova street, 9, St. Petersburg, 191002, Russia, elenaverboloz@mail.ru

CONTRIBUTION

Ekaterina A. Shestakova review of the literature on an investigated problem, conducted an experiment

Dmitriy S. Raspopov wrote the manuscript, correct it before filing in editing and is responsible for plagiarism

Elena I. Verboloz consultation during the study

CONFLICT OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

RECEIVED 11.30.2018

ACCEPTED 2.8.2019