

А.А. НЕТРЕБА, асп. НТУ «ХПИ»;

Ф.Ф. ГЛАДКИЙ, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;

Г.В. САДОВНИЧИЙ, генеральный директор ООО ИК «ПТ «Подсолнух», Харьков;

Т.Г. ШКАЛЯР, главный технолог ООО ИК «ПТ «Подсолнух», Харьков

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В ПРОЦЕССЕ ВЫМОРАЖИВАНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

Исследована возможность использования электромагнитной обработки для извлечения воска и воскоподобных веществ из подсолнечного масла. Исследованы электрофизические характеристики суспензии восковых веществ в подсолнечном масле, а именно диэлектрическая проницаемость и электропроводность, а также их поведения при электромагнитных методах воздействия на систему «масло-сопутствующие вещества». Влияние электромагнитного поля на поведение сопутствующих веществ в технологическом процессе вымораживания оценивали по изменению электрофизических характеристик суспензии воска и воскоподобных веществ в подсолнечном масле, свидетельствующие о получении зарядов сопутствующими веществами. Именно это свойство лежит в основе совершенствования технологической стадии фильтрации суспензии с помощью волокнистых фильтрующих материалов на основе полисульфона, имеющих стабильный электрический заряд, поскольку улавливания частиц в глубинном фильтре происходит за счет электростатического взаимодействия. Показана интенсификация технологических процессов кристаллизации восковых соединений и фильтрации суспензии под действием электромагнитного поля.

Ключевые слова: подсолнечное масло, воскоподобные вещества, диэлектрическая проницаемость, электропроводность, поляризация, электромагнитное поле, волокнистые фильтрующие материалы на основе полисульфона.

Вступление. Физико-химические, электрофизические и электромагнитные характеристики растительных масел во многом определяют их технологические свойства. При извлечении воска и воскоподобных веществ из растительного масла наиболее перспективным направлением является использование электрического или электромагнитного полей. В связи с этим актуальным является исследование электрофизических и электромагнитных свойств масел и восковых веществ, а также их поведе-

ние при электромагнитных и других методах воздействия на систему масло-сопутствующие вещества. Одним из таких новых подходов, развивающихся с начала 60-х годов, является использование электрофизических методов воздействия на органические вещества и материалы. Природная сущность электромагнитного поля позволяет создать целый ряд электрофизических способов и методов, и технических устройств на их основе.

Постановка проблемы и методы ее решения. Традиционными путями решения проблемы усовершенствования процесса рафинации является применение новых конструкционных, технологических и технических решений, разработка новых типов оборудования и применение новых реагентов и т.п. Это требует больших капитальных вложений и значительного времени.

При этом значительного повышения эффективности производства и качества получаемых продуктов, в том числе и на действующих установках, можно добиться путем применения нетрадиционных способов воздействия на рафинируемое сырье. В этом плане все большее применение находят методы, реализуемые на основе различных физических принципов, а именно электрических и магнитных. Однако, существуют ряд недостатков: несовершенство существующих аппаратов, невозможность их повсеместного применения, относительная их сложность и высокая стоимость. Поэтому, перспективным направлением исследований является использование электромагнитных методов воздействия в технологии переработки растительных масел и жиров.

Необходимость применения электромагнитного поля при извлечении восковых веществ из подсолнечного масла. Технология удаления воска и воскоподобных веществ из подсолнечного масла – технология «вымораживания», характеризуется значительной длительностью процесса кристаллизации воска, низкой скоростью фильтрации, что связано с высокой вязкостью подсолнечного масла при низкотемпературной фильтрации, необходимостью использования вспомогательных материалов, трудностями очистки фильтрующей перегородки от «кека», большими энергозатратами, недостаточной степенью вывода воскоподобных веществ и образованием значительного количества маслосодер

жащих отходов. В связи с этим разработана новых методов в технологии удаления восковых веществ из масел, а именно усовершенствование технологических стадий кристаллизации и фильтрации суспензии является актуальной задачей. В [1] было рассмотрено усовершенствование технологической стадии фильтрации суспензии с использованием волокнистых фильтрующих материалов на основе полисульфона, когда фильтрация идет по принципу прилипания отрицательно заряженных частиц к положительно заряженным волокнам фильтрматериала. При этом волокнистые фильтрматериалы на основе полисульфона имеют стабильный заряд, полученный в процессе их производства (электроформования). Вопрос состоит в том, чтобы восковым веществам придавать отрицательный заряд. Воски за счет наличия в середине цепи эфирной группы обладают полярностью (рис. 1), которая в обычных условиях выражена слабо. Однако при их внесении во внешнее электромагнитное поле они намагничиваются, т.е. приобретают необходимый для фильтрации заряд.

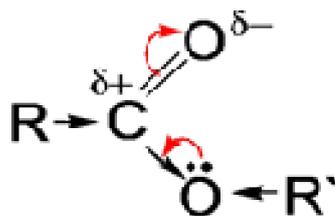


Рис. 1. Распределение электронной плотности внутри молекулы сложного эфира

Поэтому при извлечении воскоподобных веществ из масла наиболее перспективным направлением является использование электрического или электромагнитного полей [2–6], которое создает такие условия, при которых восковые частицы могут поляризоваться в большей степени, чем другие примеси [2, 4]. При охлаждении масла восковые вещества из растворенного состояния переходят в промежуточное мезоморфное, при котором снижаются их липофильные свойства, что увеличивает его полярность. Молекулярные силы, обеспечивающие упорядоченную структуру жидкого кристалла, малы. Поэтому жидкие кристаллы легко меняют структуру под действием различных внешних факторов (температуры, давления, излучения, электрических и магнитных полей и т. д.), что приводит к изменению их оптических, электрических и других свойств. Эта зависимость, в свою очередь, открывает богатые возможно-

сти при разработке новых методов их удаления. Отсюда следует, что применение электромагнитных методов может открыть для масложировой промышленности новые перспективы, связанные со специфическим действием электромагнитного поля на жиры и жировые системы [7, 8].

Исследование влияния электромагнитного поля на извлечение воска и воскоподобных веществ из подсолнечного масла. Для определения действия электромагнитного поля используем рафинированное невымороженное подсолнечное масло с известным количеством восковых веществ в нем. С целью полного растворения воска пробу подсолнечного масла с внесенным воском нагревали до температуры 90 – 105 °С и выдерживали при этой температуре до полного растворения воска в масле. Затем пробу подсолнечного масла охлаждали. Воск и восковые соединения выделялся в виде «сетки». Измерения электрофизических характеристик суспензии проводили при температуре 18 °С согласно методике, приведенной в [9, 10]. Для определения влияния электромагнитного поля на суспензию восковых веществ в масле и на проведение технологических операций её обрабатывали в электромагнитном поле в специальном лабораторном аппарате.

Результаты исследований электрофизических характеристик суспензии и влияния электромагнитного поля на нее представлены на рис. 2 и 3.

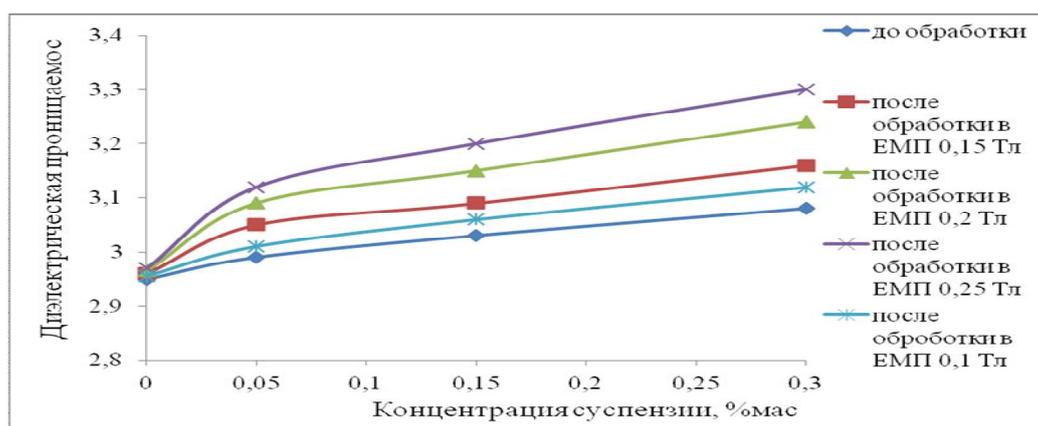


Рис. 2. Влияние электромагнитного поля на величину диэлектрической проницаемости суспензии

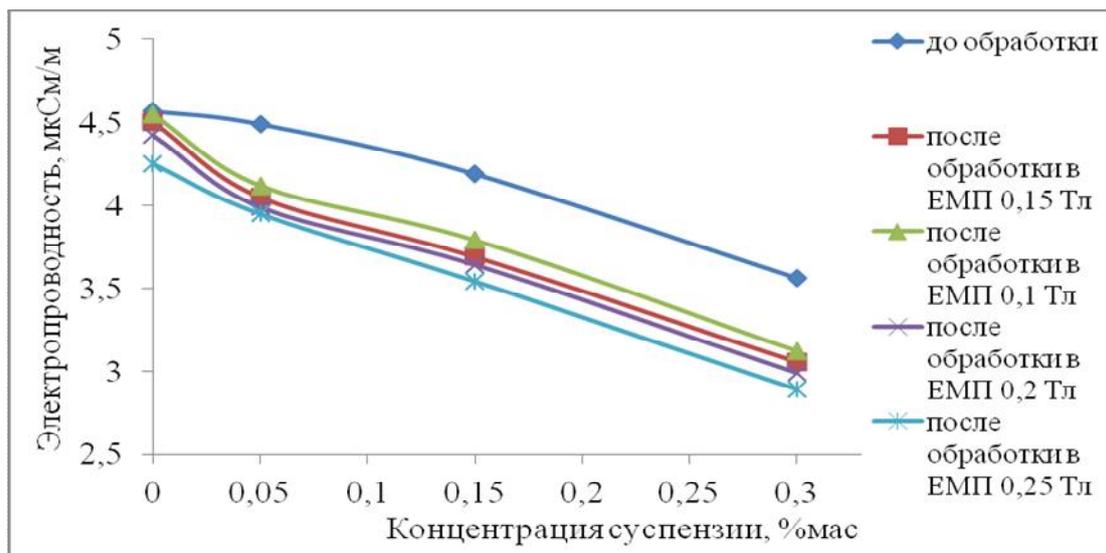


Рис. 3. Влияние электромагнитного поля на величину электропроводности суспензии

Из полученных данных на рис. 2 и 3 видно, что с увеличением концентрации воскоподобных веществ в масле, а также после обработки суспензии в электромагнитном поле, возрастает диэлектрическая проницаемость и снижается электропроводность, что свидетельствует об увеличении способности воска и воскоподобных веществ к поляризации в процессе их кристаллизации.

После прекращения действия электромагнитного поля на систему «масло-восковые вещества» наблюдается релаксация ее характеристик. Время релаксации устанавливаем по суспензии восковых соединений в подсолнечном масле концентрацией 0,05% масс. (500 мг / кг) (рис. 4 и 5).

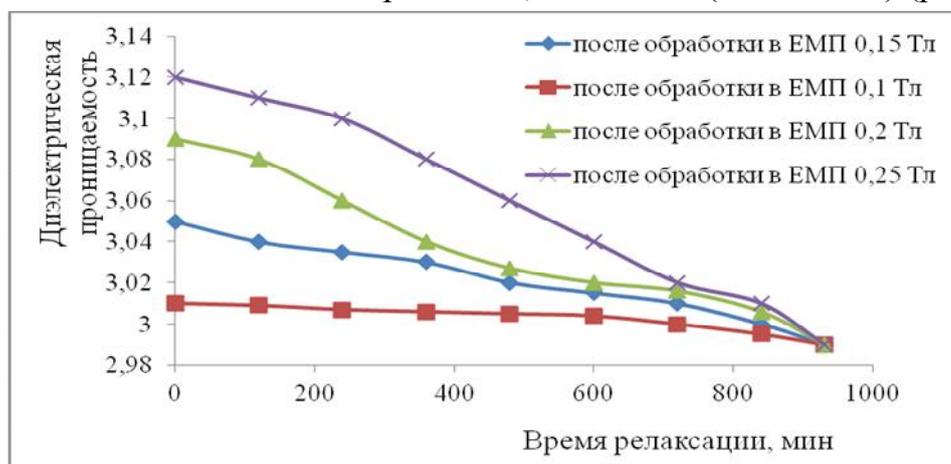


Рис. 4. Релаксация электрофизических характеристик суспензии (диэлектрической проницаемости)

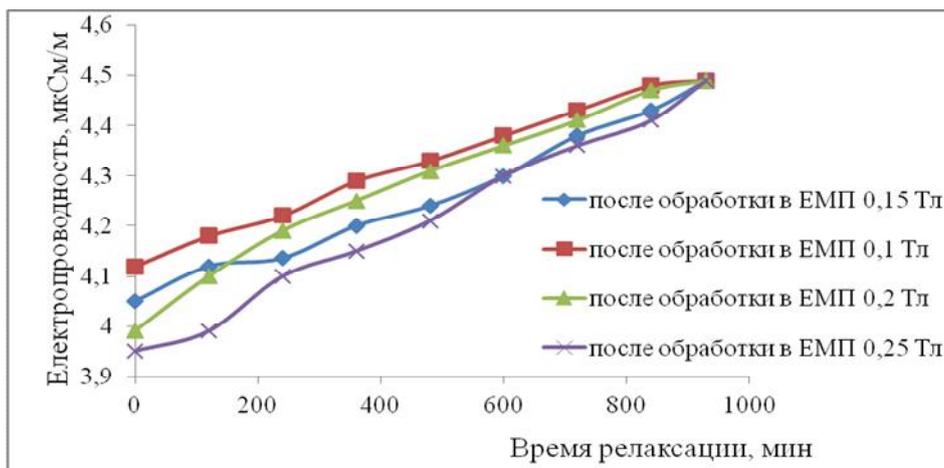


Рис. 5. Релаксация электрофизических характеристик суспензии (электропроводности)

Релаксация электрофизических характеристик восковых веществ связана с тем, что после прекращения воздействия электромагнитного поля на систему полярность воскоподобных веществ снижается, при этом наблюдается уменьшение диэлектрической проницаемости, а как следствие увеличение электропроводности, практически к исходным значениям. Определение эффективности оседания частиц воска и воскоподобных веществ проводим на модельном образце с содержанием воска концентрацией 1500 мг / кг (рис. 6).

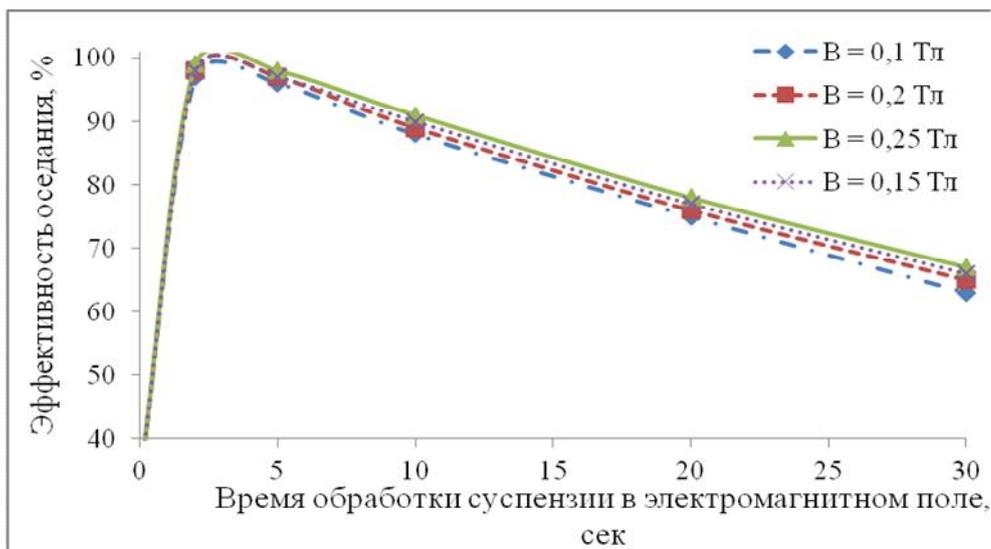


Рис. 6. Эффективность оседания восковых частиц

На рис. 6 показана эффективность оседания частиц воска и восковых веществ, когда под действием электромагнитного поля происходит улучшение образования агломератов воскоподобных веществ, увеличивается скорость оседания частиц и, как следствие, повышается эффективность их оседания.

Влияние электромагнитного поля на протекание физико-химических процессов в жидкой фазе в последнее время вызывает повышенный интерес ученых, проводится много исследований по использованию электромагнитной обработки сырья и материалов для изменения их химических показателей и протекания технологических процессов. Исследование такого влияния на процесс кристаллизации подсолнечного масла показало положительный результат.

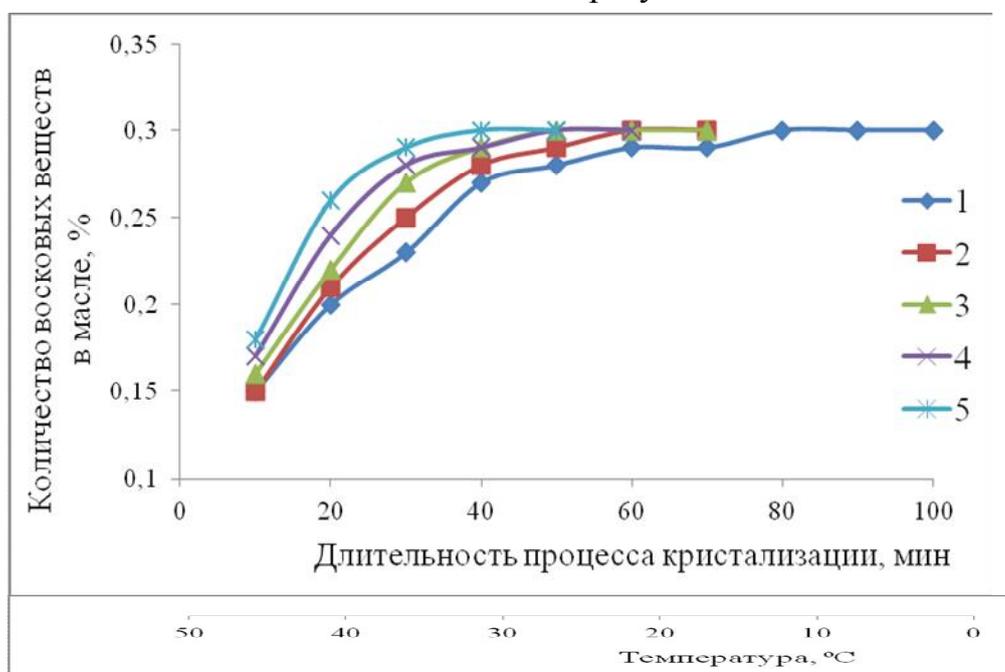


Рис. 7. Кристаллизация восковых веществ после обработки суспензии в электромагнитном поле при температуре 40–45 °C: 1 – без предварительной обработки суспензии; 2 – с предварительной обработкой ЭМП индукцией $B = 0,1$ Тл; 3 – с предварительной обработкой ЭМП индукцией $B = 0,15$ Тл; 4 – с предварительной обработкой ЭМП индукцией $B = 0,2$ Тл; 5 – с предварительной обработкой ЭМП индукцией $B = 0,25$ Тл.

Процесс кристаллизации восковых веществ в подсолнечном масле под воздействием электромагнитного поля изучен с помощью фотомет

рического метода. Испытания проводили на приборе колориметр фотоэлектрический концентрационный КФК-2, позволяет проводить измерения оптической плотности при длине волны $\lambda = 440$ нм. Исследования проводили в кювете 10мм. По результатам испытаний установлено, что лучшее время обработки в электромагнитном поле суспензии составляет 2 секунды при напряженности электромагнитного поля $1,9 \cdot 10^5$ А/м и магнитной индукции 0,25 Тл.

Оптимальная температура обработки суспензии составляет 45–40 °С, что подтверждает данные о суммарной полярности восковых соединений в зависимости от температуры, что свидетельствует о том, что в этом интервале температур воски и воскообразные вещества находятся в промежуточном или мезоморфном состоянии, что увеличивает их способность к поляризации (данные показаны на рис. 7).

Поскольку изменения диэлектрической проницаемости и электропроводности суспензии подсолнечного масла при кристаллизации восков и воскоподобных веществ свидетельствует о приобретении кристаллами электрических зарядов, то установлена возможность использования электромагнитных полей в технологии вымораживания подсолнечного масла, а именно для повышения эффективности процесса кристаллизации суспензии (рис. 8 и 9).

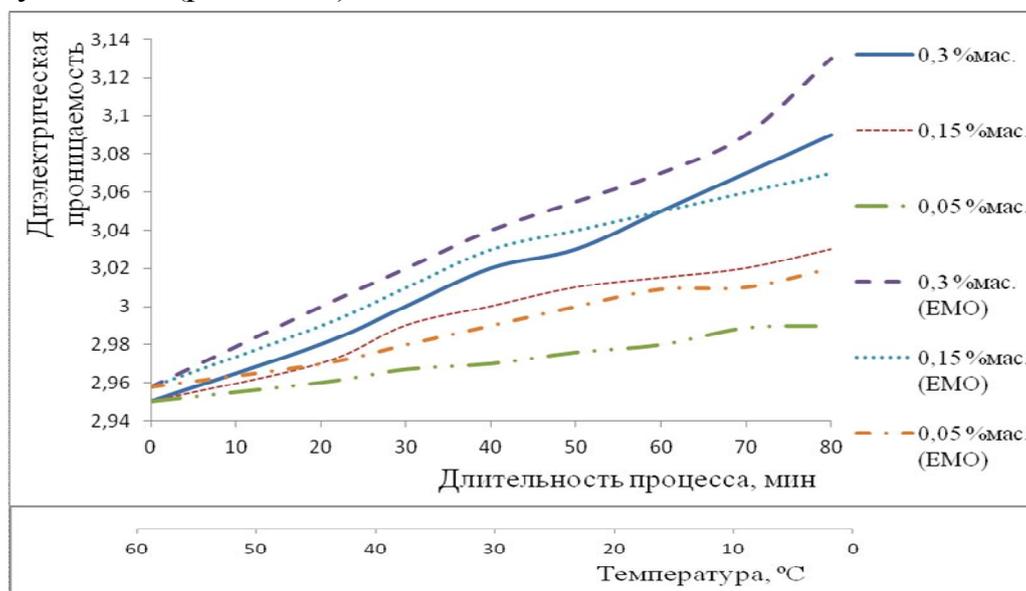


Рис. 8. Поляризация восковых соединений в процессе их кристаллизации (за диэлектрической проницаемостью)

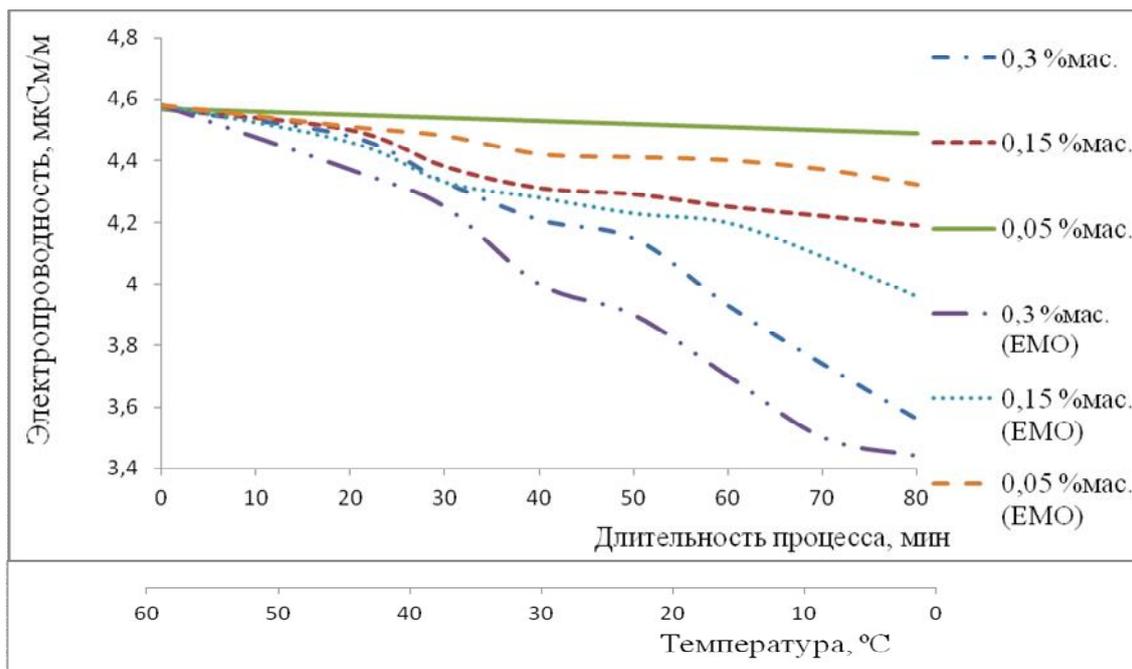


Рис. 9. Поляризация восковых соединений в процессе их кристаллизации (за электропроводностью)

При наличии на рабочей поверхности волокнистых фильтрующих материалов на основе полисульфона электрических зарядов доказана их способность вместе с электромагнитной обработкой сырья влиять на эффективность фильтрования суспензии воскоподобных веществ в подсолнечном масле. Показано положительное влияние использования предварительной обработки суспензии в электромагнитном поле перед фильтрованием. На рис. 10 представлен сравнительный график скорости фильтрации подсолнечного масла через волокнистый фильтр.

Из рис. 10 видно, что скорость фильтрования суспензии, прошедшей электромагнитную обработку выше чем без нее, что увеличивает фильтрующую способность волокнистых фильтров и дает возможность их эффективного использования. Это связано в основном с изменением свойств кристаллической структуры воска и воскоподобных веществ в электромагнитном поле, которые в результате приобретают электростатический заряд, что упрощает процесс фильтрования за счет электрокинетического взаимодействия и процесса адсорбции.

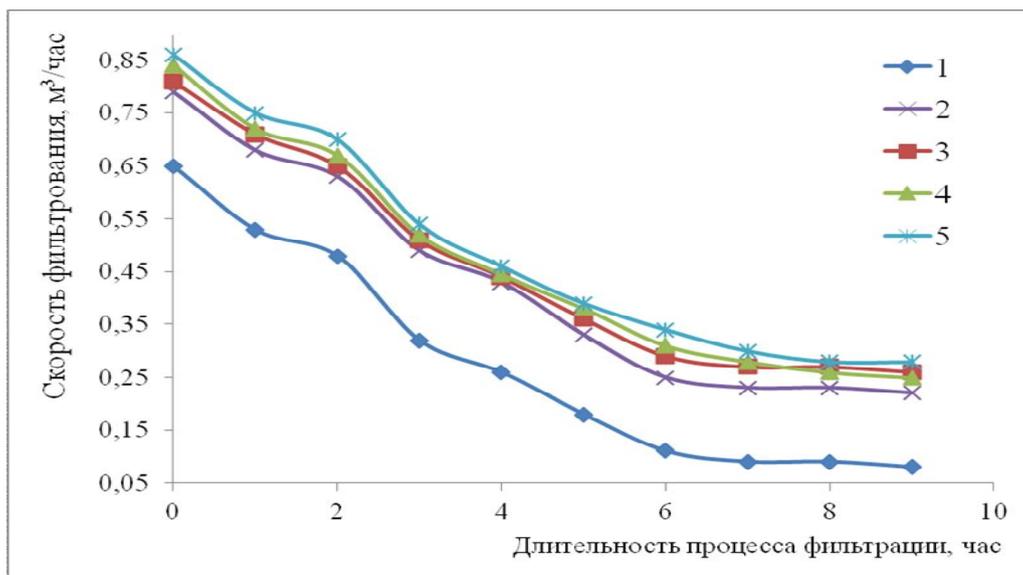


Рис. 10. Скорость фильтрации суспензии: 1 – без электромагнитной обработки суспензии; 2 – суспензия обработана в электромагнитном поле индукцией 0,1 Тл; 3 – суспензия обработана в электромагнитном поле индукцией 0,15 Тл; 4 – суспензия обработана в электромагнитном поле индукцией 0,2 Тл; 5 – суспензия обработана в электромагнитном поле индукцией 0,25 Тл.

Так как вместе с восковыми веществами выводятся и другие сопутствующие вещества, то определена эффективность использования обработки суспензии в электромагнитном поле (ЭМО) для улучшения показателей качества профильтрованного масла, результаты исследований представлены в таблице.

Таблица. Показатели подсолнечного масла после фильтрации

Показатели	Подсолнечное масло до фильтрации	Подсолнечное масло после фильтрации	Масло, после фильтрации с предварительной ЭМО суспензии			
			Магнитная индукция, Тл			
			0,1	0,15	0,2	0,25
Кислотное число, мг КОН/г	0,23	0,17	0,17	0,16	0,15	0,14
Перекисное число, $\frac{1}{2}$ O ммоль/кг	0,65	0,44	0,43	0,41	0,39	0,35
Цветное число, мг j ₂	15	10	10	10	7	5
Массовая доля влаги и летучих веществ, %	0,24	0,17	0,16	0,14	0,13	0,12

Из таблицы видно, что после обработки суспензии в электромагнитном поле не только повышается эффективность фильтрации, но и наблюдается улучшения качественных показателей полученного воскового продукта, который может применяться в различных отраслях как самостоятельный продукт.

Выводы.

В результате проведенной работы установлена возможность использования электромагнитной обработки для извлечения воска и воскоподобных веществ из подсолнечного масла.

Установлены электрофизические характеристики суспензии восковых веществ в подсолнечном масле и обоснована возможность интенсификация технологических процессов кристаллизации восковых соединений и фильтрации суспензии под действием электромагнитного поля, специфическое действие которого открывает для масложировой промышленности новые перспективы.

Список литературы: 1. Использование электрофизических методов обработки подсолнечного масла в технологии вымораживания / *А.А. Нетреба, Ф.Ф. Гладкий, Г.В. Садовничий, Т.Г. Шкаляр* // Масложировой комплекс, 2014. – № 2 (45). – с. 29 – 33. **2.** Герасименко Е.О. Научно-практическое обоснование технологии рафинации подсолнечных масел с применением химических и электрофизических методов : автореф. дис. на соискание ученой степени д-ра техн. наук: спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / Е.О. Герасименко. – Краснодар, 2004. – 28 с. **3** Юхвид И.М. Совершенствование технологии гидратации высокоолеиновых подсолнечных масел.: автореф. дис. на соискание ученой степени док-ра техн. наук: спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / И.М. Юхвид. – Краснодар, 2006. – 24 с. **4.** Мартовцук Е. В. Извлечение восков в электрическом поле / [Е.В. Мартовцук, Н. С. Арутюнян, В.М. Копейковский и др.] // Масложировая промышленность. 1980. – № 6. – С. 13 – 16. **5.** Гюлушанян А.П. Разработка способа повышения полярных свойств сопутствующих веществ и технологии их удаления из растительных масел. : автореф. дис. на соискание ученой степени кан-та техн. наук: спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / А.П. Гюлушанян. – Краснодар, 2007. – 23 с. **6.** Бабушкин А.Ф. Обоснование и разработка технологии рафинации подсолнечных масел с применением силиката натрия и физико-химических воздействий. : автореф. дис. на соискание ученой степени кан-та техн. наук: спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / А.Ф. Бабушкин. – Краснодар, 1999. – 26 с. **7.** Кравчук Н.С. Совершенствование технологии гидратации подсолнечных масел на основе изучения их электрофизических свойств. : автореф. дис. на соискание ученой степени кан-та техн. наук: спец. 05.18.06 «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» /

Н.С. Кравчук. – Краснодар, 2002. – 25 с. **8.** Оптимизация процесса рафинации соевого масла / М. В. Лапшина, С. В. Леванова, Н. В. Ревякина, Е. А. Кучканова // Известия вузов. Химия и химическая технология. 2003. – Т. 46, № 4. – С. 25-28. **9.** [Пентин Ю.А. Физические методы исследования в химии](#) / Пентин Ю.А. Вилков Л.В. – М.: Мир, 2003. – 683 с. **10.** Минкин В.И. Дипольные моменты в органической химии / Минкин В.И., Осипов О.А., Жданов Ю.А. – Л.: Химия, 1968. – 248 с.

Bibliography (transliterated): **1.** Ispol'zovanie jelektrofizicheskih metodov obrabotki podsolnechnogo masla v tehnologii vymorazhivaniya / A.A. Netreba, F.F. Gladkij, G.V. Sadovnichij, T.G. Shkaljar. Maslozhirovoj kompleks, 2014. – No. 2 (45). – p. 29 – 33. **2.** Gerasimenko E.O. Nauchno-prakticheskoe obosnovanie tehnologii rafinacii podsolnechnyh masel s primeneniem himicheskikh i jelektrofizicheskih metodov : avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni d-ra tehn. nauk: spec. 05.18.06 «Tehnologija zhirov, jefirnyh masel i parfjumerno-kosmeticheskikh produktov» / E.O. Gerasimenko. – Krasnodar, 2004. – 28 p. **3.** Juhvid I.M. Sovershenstvovanie tehnologii gidratacii vysokooleinovyh podsolnechnyh masel.: avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni dok-ra tehn. nauk: spec. 05.18.06 «Tehnologija zhirov, jefirnyh masel i parfjumerno-kosmeticheskikh produktov» / I.M. Juhvid. – Krasnodar, 2006. – 24 p. **4.** Martovshhuk E. V. Izvlechenie voskov v jelektricheskom pole / [E.V. Martovshhuk, N. S. Arutjunjan, V.M. Kopejkovskij i dr.] // Maslozhirovaja promyshlennost'. 1980. – No. 6. – P. 13 – 16. **5.** Gjulushanjan A.P. Razrabotka sposoba povysheniya poljarnyh svojstv soputstvujushhijh veshhestv i tehnologii ih udaleniya iz rastitel'nyh masel. : avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kan-ta tehn. nauk: spec. 05.18.06 «Tehnologija zhirov, jefirnyh masel i parfjumerno-kosmeticheskikh produktov» / A.P. Gjulushanjan. – Krasnodar, 2007. – 23 p. **6.** Babushkin A.F. Obosnovanie i razrabotka tehnologii rafinacii podsolnechnyh masel s primeneniem silikata natrija i fiziko-himicheskikh vozdeystvij. : avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kan-ta tehn. nauk: spec. 05.18.06 «Tehnologija zhirov, jefirnyh masel i parfjumerno-kosmeticheskikh produktov» / A.F. Babushkin. – Krasnodar, 1999. – 26 p. **7.** Kravchuk N.S. Sovershenstvovanie tehnologii gidratacii podsolnechnyh masel na osnove izuchenija ih jelektrofizicheskih svojstv. : avtoref. dis. na soiskanie uchenoj stepeni kan-ta tehn. nauk: spec. 05.18.06 «Tehnologija zhirov, jefirnyh masel i parfjumerno-kosmeticheskikh produktov» / N.S. Kravchuk. – Krasnodar, 2002. – 25 p. **8.** Optimizacija processa rafinacii soevogo masla / M. V. Lapshina, S. V. Levanova, N. V. Revjakina, E. A. Kuchkanova. Izvestija vuzov. Himija i himicheskaja tehnologija. 2003. – Т. 46, No. 4. – P. 25–28. **9.** Pentin Ju.A. Fizicheskie metody issledovaniya v himii / Pentin Ju.A. Vilkov L.V. – Moscow: Mir, 2003. – 683 p. **10.** Minkin V.I. Dipol'nye momenty v organicheskoi himii / Minkin V.I., Osipov O.A., Zhdanov Ju.A. – Leningrad: Himija, 1968. – 248 p.

Поступила (received) 05.09.14