

Исследования технологических процессов производства пищевых эмульгаторов на основе рапсового масла

Ксенафонтов Денис Николаевич

ООО «Зеленые линии»

Адрес: 143405, Московская область, город Красногорск, Ильинский тупик, д. 6 итк 35

E-mail: ksenafontov@ssnab.ru

Вьюшинский Павел Александрович

ООО «Зеленые линии»

Адрес: 143405, Московская область, город Красногорск, Ильинский тупик, д. 6 итк 35

E-mail: vyushinskij@ssnab.ru

Загородников Константин Андреевич

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 125371, город Москва, Волоколамское шоссе, д.11

E-mail: pss28@mail.ru

Якушев Алексей Олегович

ФГБОУ ВО «МГУПП»

Адрес: 125371, город Москва, Волоколамское шоссе, д.11

E-mail: pss28@mail.ru

Актуальным вопросом современной пищевой промышленности является совершенствование производственных процессов и технологий по разработке и синтезу современных эмульгаторов на основе доступного для нашей страны сырья - рапсового масла. При финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ, Московский государственный университет пищевых производств, совместно с ООО «Зеленые линии» реализует проект «Разработка технологии и создание отечественного производства пищевых эмульгаторов путём глубокой переработки масложирового сырья». В рамках данного проекта было проведено исследование влияния модификации реакционной среды и физических параметров на свойства эмульгаторов. Суть исследования заключается в том, что состав реакционной среды влияет на состав и физические свойства получаемых продуктов. Реакционная среда влияет на катализатор, изменяя его состояние - состав, структуру, свойства. Эффективность процесса определяется прежде всего этим состоянием, которое в нестационарном режиме часто обеспечивает большую активность и, что особенно важно, селективность катализатора по сравнению со стационарным состоянием, когда состав и температура газовой фазы не изменяются во времени. В результате исследования было получено, что при изменении температурных режимов молекулярной дистилляции происходит изменение скорости кристаллизации конечного продукта. Такие же процессы происходят при изменении давления в испарителе. Содержание моноэфиров в рамках исследуемой экспериментальной партии эмульгаторов без дистилляции составило 60 %, что показало необходимость дистилляции наработанной экспериментальной партии. Полученные результаты показывали дальнейшее направление разработки технологии и создания отечественного производства пищевых эмульгаторов путём глубокой переработки масложирового сырья.

Ключевые слова: Эмульгатор, разработка, техническое решение, производство, технологические процессы, пищевая промышленность

Введение

В настоящее время развитие масложирового производства обусловлено использованием рапсового масла (Терещук, Савельев, 2010, с. 54а-59; Берестова, Зинюхин, Межуева, 2014, с. 150–155). Одним из

направлений современных исследований в рассматриваемой области является проект «Разработка технологии и создание отечественного производства пищевых эмульгаторов путём глубокой переработки масложирового сырья»¹, реализуемый Московским государственным университетом пи-

¹ Техника и технологии производства и переработки растительных масел: учебное пособие / С.А. Нагорнов, Д.С. Дворецкий, С.В. Романцова, В.П. Таров. Тамбов: Изд-во ГОУ ВПО ТГТУ, 2010. 96 с.

щевых производств, совместно с ООО «Зеленые линии» при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение 075-11-2019-042 от «26» ноября 2019 г.).

В рамках рассматриваемого проекта при разработке технологии глубокой переработки масложирового сырья использовано рапсовое масло. К основным причинам выбора данного направления относятся следующие :

- рапсовое масло относится к умеренно ненасыщенным (т.н. «полувывсыхающим») маслам, оно хорошо гидрируется: как на никелевых, так и на палладиевых катализаторах (Бутова, Шахова, Панина, 2018, с. 38-43);
- одними из наиболее важных продуктов его глубокой переработки могут являться т.н. «олигоглицериды» сложные моно- и ди- эфиры глицерина и карбоновых кислот – от уксусной (моноацетин и диацетин) до жирных кислот таких, как олеиновая (ц-С18:1), пальмитиновая (С16:0) и стеариновая (С18:0). Молекулы данных олигоглицеридов содержат в себе гидрофобный остаток высшей жирной кислоты (в положении 1 или 2 глицерина) и гидрофильный остаток глицерина (Вдовичева, Гущина, Тихомиров, 2016, с. 158-163). Эти вещества обнаруживают спектр ценных химических свойств, имеющих применение в пищевой промышленности для изготовления эмульгаторов²;
- одним из важных свойств является способность этих веществ образовывать и стабилизировать прямые и обратные эмульсии типа «масло в воде» и «вода в масле». Таким образом, эти соединения относятся к неионогенным поверхностно-активным веществам, которые в свою очередь применяются для изготовления продукции различного назначения (Fregolente, Batistella, Filho, Maciel, 2006, p. 680-693).

Рассмотрим результаты исследований и технологическую схему, используемую в рассмотренном проекте.

Материалы и методы исследования

Программа отработки технологических процессов

В рамках проекта была определена программа отработки технологических процессов экспериментальных партий инновационных эмульга-

торов. Программа отработки технологических процессов включает в себя следующие основные стадии:

- на 1-ой стадии происходит смешивание глицерина и масла, при пониженном давлении (5 мм. рт.ст./105 °С) происходит высушивание и деаэрация при интенсивном перемешивании;
- на 2-ой стадии создается инертная атмосфера в реакционной, и добавляется катализатор;
- на 3-ей стадии происходит повторная деаэрация реакционной смеси;
- на 4-ой стадии происходит непосредственно процесс глицеролиза при 210°;С
- на 5-ой стадии происходит нейтрализация катализатора минеральной кислотой, фильтрование минерального остатка;
- на 6-ой стадии происходит вакуумное фракционирование реакционной смеси, которая приводит к целевому продукту.

Лабораторный стенд, предназначенный для отработки технологических процессов

В рамках реализации методики испытаний был разработан лабораторный стенд, предназначенный для отработки технологических процессов и параметров получения химических соединений с заданными физико-химическими свойствами с последующей разработкой исходных данных для проектирования промышленной линии.

Лабораторный стенд для наработки состоит из следующих отдельных блоков:

- блок гидрирования рапсового масла;
- блок гидролиза рапсового масла;
- блок нейтрализации гидрогенизированных жирных кислот;
- блок-дезодоратор гидрогенизированных жирных кислот;
- блок глицеролиза гидрогенизированных жирных кислот;;
- блок фракционирования олигоглицеридов;
- мембранный фильтр-пресс;
- корпусный блок;
- система управления;
- блок охлаждения.

Блоки имеют следующие особенности:

Химические блоки стенда являются вертикальными, цилиндрическими устройствами среднего и

² Пищевая химия. Добавки: учебное пособие / Л.В. Донченко, В.Н. Сокол, Е.В. Щербакова, Е.А. Красноселова. 2-е изд., испр. и доп. М.: Издательство Юрайт, 2019. 223 с.

низкого давления, снабженные охлаждаемой/подогреваемой рубашкой и мешалкой.

В конструкции химических блоков предусмотрено расположения внутренних датчиков для анализа температуры и давления, и необходимое количество входных фланцев для подвода реагентов.

Контроль каждой стадии осуществляется автономно. Регулируемыми и контролируемыми параметрами являются: температура, давление, скорость перемешивания продукта, кислотность среды.

Помимо этого, необходим подбор концентрации щелочного катализатора. Количество вносимого катализатора, проводимое на стадии глицеролиза, определяется исходя из химического состава гидрогенизированных триглицеридов. При внесении недостаточного количества – скорость реакции может упасть более чем на 90%. При его избытке-происходит защелачивание среды, что приводит к необходимости дополнительной очистки конечного продукта из реакционной смеси.

Разрабатываемая методика получения олигоглицеридных эмульгаторов предусматривает оптимизацию процесса получения химических веществ, подбор оптимальных параметров проведения химических реакций для максимизации выхода целевых соединений³.

Методы лабораторного анализа

Получаемый продукт, для оценки его качества, подвергся лабораторному анализу с использованием следующих лабораторных методов (Rarokar, Menghani, Kerzare, Khedekar, 2017):

- превращение глицерина, моно-, ди-, триглицеридов в более летучие силильные производные в присутствии пиридина и N-метил-N-(триметилсилил)трифторацетамида (MSTFA);
- растворение определенной массы растительного масла в растворителях или смеси растворителей с последующим титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия;
- получение золы – остатка минеральных веществ, образующегося в результате полного сжигания органической части навески продукта и последующего весового определения массовой доли золы;

- минерализация продукта способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции;
- измерение интенсивности окраски раствора комплексного соединения мышьяка с диэтилдитиокарбаматом серебра в хлороформе;
- определение количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов посевом в агаризованные питательные среды основан на высеве продукта или разведения навески продукта в питательную среду, инкубировании посевов, подсчете всех выросших видимых колоний;
- определение НВЧ мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов основан на высеве продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую питательную среду, инкубировании посевов, учете видимых признаков роста микроорганизмов, пересеве, при необходимости, культуральной жидкости на агаризованные питательные среды для подтверждения роста микроорганизмов, подсчете их количества с помощью таблицы НВЧ;
- выявление и определение НВЧ колиформных бактерий;
- выявления и определение НВЧ *E.Coli*.

При проведении испытаний использовались следующие основные методы:

- первый метод заключался в превращении глицерина, моно-, ди-, триглицеридов в более летучие силильные производные в присутствии пиридина и N-метил-N-(триметилсилил)трифторацетамида (MSTFA);
- второй метод заключался в растворении определенной массы растительного масла в растворителях или смеси растворителей с последующим титрованием имеющихся свободных жирных кислот водным или спиртовым раствором гидроокиси калия или гидроокиси натрия;
- третий метод был основан на получении золы – остатка минеральных веществ, образующегося в результате полного сжигания органической части навески продукта и последующего весового определения массовой доли золы;
- четвертый метод был основан на минерализации продукта способом сухого или мокрого озоления и определении концентрации элемента в растворе минерализата методом пламенной атомной абсорбции;

³ Акаева Т.К., Петрова С.Н. Основы химии и технологии получения и переработки жиров: учебное пособие. Иваново: Ивановский государственный химико-технологический университет, 2007. Ч. 1. 124 с.

- пятый метод был основан на измерении интенсивности окраски раствора комплексного соединения мышьяка с диэтилдитиокарбаматом серебра в хлороформе;
- шестой метод был основан на экстракционном концентрировании ртути раствором дитизона в четыреххлористом углеороде, восстановлении ртути в органической фазе после гомогенизации этиловым спиртом и последующем определении ее абсорбцией «холодных паров».

Метод определения количества мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов посевом в агаризованные питательные среды основан на высеve продукта или разведения навески продукта в питательную среду, инкубировании посевов, подсчете всех выросших видимых колоний

Метод определения НВЧ мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов основан на высеve продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую питательную среду, инкубировании посевов, учете видимых признаков роста микроорганизмов, пересеве, при необходимости, культуральной жидкости на агаризованные питательные среды для подтверждения роста микроорганизмов, подсчете их количества с помощью таблицы НВЧ.

Методы выявления и определения НВЧ колиформных бактерий основаны на высеve определенного количества продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой, инкубировании посевов, учете положительных пробирок, пересеве культуральной жидкости в жидкую селективную среду для учета газообразования или пересева, при необходимости, культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды для подтверждения по биохимическим и культуральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к колиформным бактериям.

Методы выявления и определения НВЧ колиформных бактерий основаны на высеve определенного количества продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой, инкубировании посевов, учете положительных пробирок, пересеве культуральной жидкости в жидкую селективную среду для учета газообразования или пересева, при необходимости, культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды для подтверждения по биохимическим и культу-

ральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к колиформным бактериям.

Методы выявления и определения НВЧ *E.Coli* основаны на высеve определенного количества продукта и (или) разведений навески продукта в жидкую селективную среду с лактозой, инкубировании посевов, учете положительных колб (пробирок), пересеве культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды для дальнейшего подтверждения по биохимическим и культуральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к *E.coli*.

Методы определения количества *E.coli* посевом в или на агаризованные селективно-диагностические среды основаны на высеve определенного количества продукта или его разведений в или на агаризованную селективно-диагностическую среду, инкубировании посевов, подсчете типичных для *E.coli* колоний, подтверждении по биохимическим и культуральным признакам роста принадлежности выделенных колоний к *E.coli*.

Методы выявления и определения НВЧ *S. aureus* посевом с предварительным обогащением основаны на высеve навески продукта и (или) разведении навески продукта в жидкую селективную среду, инкубировании посевов, пересеве культуральной жидкости на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды, подтверждении по биохимическим признакам принадлежности выделенных характерных колоний к *S. Aureus*

Методы выявления и определения количества *S. aureus* посевом на агаризованные селективно-диагностические среды основаны на высеve навески продукта или разведения навески продукта на агаризованную селективно-диагностическую среду, инкубировании посевов, подсчете количества характерных колоний (при определении количества *S. aureus*), подтверждении по биохимическим признакам принадлежности выделенных характерных колоний к *S. aureus*.

Метод определения количества бактерий вида *Pseudomonas aeruginosa* посевом на агаризованные селективно-диагностические среды основан на высеve определенного количества продукта и/или его разведений на поверхность агаризованной селективно-диагностической среды, инкубировании посевов, подсчете типичных колоний, подтверждении по биохимическим признакам принадлежности выделенных типичных колоний к бактериям вида *Pseudomonas aeruginosa*.

Процедура наработки эмульгатора

Наработка эмульгаторов и исследование их характеристик реализована на разработанном лабораторном стенде. Процесс наработки эмульгатора включает следующие стадии (Nord, 2015):

Процесс гидрогенизации

Емкость вакуумируется, жидкое рапсовое масло засасывается в емкость, включаются мешалка и вакуумный насос, масло нагревается до 110-120°C и циркулируется циркуляционным насосом для удаления влаги. После высушивания масла через воронку подачи сухих компонентов засасывается никель-платиновый катализатор, емкость несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода. Открывается подача водорода для создания рабочего давления (до 20 бар), включается нагреватель. Реакция проводится под температурным контролем. Первичный нагрев ведется до 120-140°C, затем смесь разогревается самопроизвольно благодаря экзотермическому эффекту при поглощении водорода. Температура контролируется в пределах 200°C.

После окончания реакции перекрывается подача водорода, смесь охлаждается подачей теплоносителя (воды) в контур охлаждения. Охлаждение ведется до 100-105°C. Избыточное давление снимается путем стравливания в атмосферу. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного водорода. Для осаждения катализатора через воронку подачи сухих компонентов засасывается отбельная глина, ведется перемешивание в течение 1 часа, затем смесь с температурой 90-100°C пропускается через фильтр для удаления отработанного катализатора и направляется на выгрузку или по обогреваемому трубопроводу в реакторы гидролиза.

Процесс гидролиза

Расплавленное гидрогенизированное рапсовое масло перекачивается в емкость из реактора гидрирования (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости). Включаются нагрев и перемешивание. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода. В емкость подается рассчитанное количество воды, после чего смесь нагревается до 220-250°C и выдерживается в течение необходимого времени. После окончания реакции смесь охлаждается до 90-95°C, перемешивание выключается. После того как произойдет разделение жировой и водно-глицериновой фаз,

последняя (нижняя) фаза сливается через кран выгрузки в нижней части емкости. В емкость заливается новая порция воды, процедура повторяется до этапа охлаждения смеси включительно. Вторая порция водно-глицериновой смеси сливается через кран выгрузки, продукты реакции (смесь предельных жирных кислот) направляется на стадию нейтрализации.

Процесс нейтрализации

Расплавленная смесь предельных жирных кислот перекачивается в емкость из реактора гидролиза (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости). Включаются нагрев и перемешивание. Смесь нагревается до 80-90°C. Через воронку в емкость подается раствор щелочи, перемешивание ведется до окончания протекания реакции. После завершения реакции смесь пропускается через обогреваемую центрифугу для отделения соапстока, жировая фаза возвращается в емкость циркуляционным насосом. После отделения соапстока к нейтрализованной смеси прибавляется рассчитанное количество воды. Промывание проводится при температуре 80-90°C и перемешивании, после чего водная фаза удаляется на обогреваемой центрифуге, жировая возвращается в емкость циркуляционным насосом. После отделения воды проводится просушка – включается вакуумный насос, смесь нагревается до 110-120°C и циркулирует в емкости для удаления влаги. После окончания сушки смесь охлаждается до 80-90°C.

Процесс отбеливания

После отделения соапстоков смесь нагревается до 100-105°C. Через воронку подачи сухих компонентов засасывается отбельная глина, при перемешивании проводится отбеливание. После окончания процесса смесь пропускается через обогреваемый фильтр для отделения отбельной глины и выгружается из емкости или подается в реактор деодорации.

Процесс дезодорации

Расплавленная смесь предельных жирных кислот перекачивается в емкость из реактора нейтрализации (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости). Рафинация жирных кислот проходит при создаваемом вакууме в 7 мм рт. ст. и температурном интервале от 220 до 250°C. Конденсация летучих соединений происходит на пластинчатых конденсаторах с последующим их отводом из реакционной среды. Очищенный про-

дукт через выгрузной штуцер поступает в реактор глицеролиза.

Процесс глицеролиза

Расплавленное гидрогенизированное рапсовое масло перекачивается в емкость из реакторов или извне (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости). Масло нагревается до 110-120°C и высушивается прокачиванием циркуляционным насосом (если необходимо). Включаются нагрев и перемешивание. В емкость подается глицерин (засасыванием с предварительным вакуумированием емкости), через воронку подачи сухих компонентов засасывается катализатор. Емкость вакуумируется и несколько раз продувается аргоном для удаления растворенного кислорода, затем вакуумируется снова. Смесь нагревается до 180-220°C и выдерживается при перемешивании заданное время. После окончания реакции смесь охлаждается до 150°C, засасыванием через воронку в емкость подает-

ся фосфорная кислота, после чего смесь охлаждается до 80-90°C. После окончания процесса смесь пропускается через обогреваемый фильтр для удаления катализаторного шлама, после чего подается на обогреваемую центрифугу для удаления глицерина и затем направляется на выгрузку или перекачивается в реактор. Таким образом, непрореагировавший глицерин поступает на рециркуляцию, что способствует снижению уровня отходов и увеличению конвекции реакции.

Результаты исследования

В соответствии с вышеописанной программой и методикой исследовательских испытаний технологического процесса 1 и 2 производства эмульгатора 1 и эмульгатора 2 была проведена наработка экспериментальной партии без дистилляции эмульгатора 1, результаты которых отражены ниже в Таблице 1.

Результаты анализа представлены в Таблице 2

Таблица 1
Результаты отработки технологии изготовления

№	Отрабатываемая технологическая последовательность	Статус	Результат*	Комментарии
1.	Приготовление дезинфицирующих растворов	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
2.	Санитарная подготовка оборудования, помещений, персонала	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
3.	Подготовка воды	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
4.	Загрузка сырья и вакуумирование	Выполнено	Удовлетворительно	
5.	Загрузка катализатора	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
6.	Нагрев и экспозиция	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
7.	Нейтрализация	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
8.	Охлаждение смеси	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
9.	Фильтрация	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
10.	Отделение глицерина	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют
11.	Повторное вакуумирование и сушка	Выполнено	Удовлетворительно	Отсутствуют

Результаты соответствуют ГОСТ 14.004-83, ГОСТ Р ИСО 9001-2015, ГОСТ Р 52249-2009.

Таблица 2
Результаты анализа полученного продукта

№	Качественные показатели	Соответствие нормативам	Результат	Комментарии*
1.	Содержание моноэфиров	Не менее 90 %	60%	Соответствует нормативам
2.	Внешний вид	Порошок, воскообразное вещество или маслянистая жидкость от белого до коричневого цвета	воскообразное вещество светло-коричневого цвета	Соответствует нормативам
3.	Свободный глицерин	Не более 2%	0,1 %	Соответствует нормативам

Таблица 2

№	Качественные показатели	Соответствие нормативам	Результат	Комментарии*
4.	Количество кислот	Не более 3	1	Соответствует нормативам
5.	Зольность	Не более 2 %	0,5 %	Соответствует нормативам
6.	Содержание тяжелых металлов	Не более 20,0 мг/кг	1 мг/кг	Соответствует нормативам
7.	Свинец	Не более 2,0 мг/кг	0,9 мг/кг	Соответствует нормативам
8.	Мышьяк	Не более 3,0 мг/кг	1,0 мг/кг	Соответствует нормативам
9.	Ртуть	Не более 1,0 мг/кг	0,03 мг/кг	Соответствует нормативам
10.	Кадмий	Не более 1,0 мг/кг	0,8 мг/кг	Соответствует нормативам
11.	Микроорганизмы	Не более 1000 КОЕ/г	5 КОЕ/г	Соответствует нормативам
12.	Дрожжи	Не более 10 КОЕ/г	0,4 КОЕ/г	Соответствует нормативам
13.	Плесень	Не более 10 КОЕ/г	3 КОЕ/г	Соответствует нормативам
14.	Бактерии группы кишечной палочки	Отрицательно по МНП	Отсутствуют	Соответствует нормативам

Таблица 3

Содержание веществ в конечном продукте

Наименование определяемых показателей	Значение показателей по результатам испытаний; %
Глицерин	5,7
Моноглицериды	39,6
Диглицериды	32,5
Триглицериды	7,5
Монопальмитин	2,7
Моноолеин	6,5
Моностеарин	27,4
Диолеин	–
Дистеарин	26,6
Трипальмитин	0,2
Триолеин	4,5

Рассматривая вопросы содержания моно-, ди- и триглицеридов, проведенный анализ образца эмульгатора дал следующие результаты (Таблица 3):

Выводы

Содержание моноэфиров в рамках текущей экспериментальной партии без дистилляции составило 60 %, что показывает необходимость дистилляции

наработанной экспериментальной партии для соответствия ТР ТС 029/2012 «Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств»⁴.

Химический процесс перезтерификации сопоставим с ферментным методом, но из-за цены и низкой устойчивости ферментных препаратов является, на сегодняшний день, более приемлемым и подходящим для крупномасштабного производства.

К основным выводам, полученным по результатам проведенного исследования, можно отнести:

- степень реакции гидрогенизации возрастает по мере повышения концентрации катализатора;
- активность катализатора зависит от количества активных центров, пригодных для гидрогенизации;
- при повторном использовании никель-платинового катализатора можно добиться определенных экономических преимуществ;
- моноглицериды целесообразно использовать не только как конечные поверхностные вещества, но и как сырье для дальнейшего производства (Зыков, Крысанов, Мокшина, 2015, с. 169-174);
- образование ненасыщенных жиров сопутствует гидрогенизации и связано с селективностью процесса (О'Брайен, 2007);
- для предотвращения забивания фильтрующего слоя взвешенными частицами во время филь-

⁴ ТР ТС 029/2012. Требования безопасности пищевых добавок, ароматизаторов и технологических вспомогательных средств [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/902359401> (дата обращения: 13.08.2020).

- трования, целесообразно использовать непрерывную подачу вспомогательных веществ;
- управление параметрами процесса, влияющими на протекание гидрогенизации, позволяет улучшить продукт с требуемыми функциональными свойствами;
- для повышения содержания моноэфиров в экспериментальной партии, целесообразно провести ее дистилляцию.

Благодарности

Рассматриваемый проект реализуется при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ (Соглашение 075-11-2019-042 от «26» ноября 2019 г.).

Литература

- Берестова А.В., Зинюхин Г.Б., Межуева Л.В. Особенности технологии пищевых масложировых эмульсий функционального назначения // Вестник ОГУ. 2014. № 1(162). С. 150-155.
- Бутова С.В., Шахова М.Н., Панина Е.В. Исследование показателей растительных масел из мало-распространенного сырья // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2018. № 1(10). С. 38-43.
- Вдовичева В.В., Гущина Е.А., Тихомиров Г.А. К вопросу применения эмульгаторов в пищевой и легкой промышленности // Новая наука: теоретический и практический взгляд. 2016. № 1-2. С. 158-163.
- Зыков А.В., Крысанов В.А., Мокшина Н.Я. Газохроматографическое определение количественного состава пищевых эмульгаторов Е471 // Аналитика и контроль. 2015. Т. 19. № 2. С. 169-174. <https://doi.org/10.15826/analitika.2015.19.2.004>
- О'Брайен Р. Жиры и масла. Производство, состав и свойства, применение / пер. с англ. В.Д. Широкова, Д.А. Байбекина, Н.С. Селиванова, Н.В. Магды. 2-е изд. СПб.: Профессия, 2007. 752 с.
- Терещук Л.В., Савельев И.Д. Обоснование технологических параметров производства сливочно-растительных спредов с использованием дезодорированного рапсового масла // Техника и технология пищевых производств. 2010. № 4(19). С. 54а-59.
- Fregolente L.V., Batistella C.B., Filho R.M., Maciel M.R.W. Optimization of Distilled Monoglycerides Production // Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals / J.D. McMillan, W.S. Adney, J.R. Mielenz, K.T. Klasson. ABAB Symposium: Humana Press, 2006, pp. 680-693. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-268-7_55
- Nord V. Emulsifiers in Food Technology. 2nd ed. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015. 360 p.
- Rarokar N.R., Menghani S., Kerzare D., Khedekar P.B. Progress in Synthesis of Monoglycerides for Use in Food and Pharmaceuticals // Journal of Experimental Food Chemistry. 2017. Vol. 3, issue 3. P. 1-6. <https://doi.org/10.4172/2472-0542.1000128>

Research of technological processes for the production of food emulsifiers based on rapeseed oil

Denis Ksenafontov

LLC "Green lines"

6, Ilyinsky tupik, Krasnogorsk city,
Moscow region, itk 35, 143405, Russian Federation
E-mail: ksenafontov@ssnab.ru

Pavel Vyushinsky

LLC "Green lines"

6, Ilyinsky tupik, Krasnogorsk city,
Moscow region, itk 35, 143405, Russian Federation
E-mail: vyushinskij@ssnab.ru

Konstantin Zagorodnikov

Moscow State University of Food Production

11, Volokolamskoe highway, 11, Moscow, 125371, Russian Federation
E-mail: pss28@mail.ru

Alexey Yakushev

Moscow State University of Food Production

11, Volokolamskoe highway, 11, Moscow, 125371, Russian Federation
E-mail: pss28@mail.ru

An urgent issue of the modern food industry is the improvement of production processes and technologies for the development and synthesis of modern emulsifiers based on the raw material available for our country - rapeseed oil. With the financial support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, the Moscow State University of Food Production, together with OOO Zelenye Linii, is implementing the project "Development of technology and creation of domestic production of food emulsifiers by deep processing of fat and oil raw materials." Within the framework of this project, a study was made of the effect of modification of the reaction medium and physical parameters on the properties of emulsifiers. The essence of the study is that the composition of the reaction medium affects the composition and physical properties of the resulting products. The reaction medium affects the catalyst, changing its state - composition, structure, properties. The efficiency of the process is primarily determined by this state, which in the non-stationary mode often provides greater activity and, which is especially important, the selectivity of the catalyst in comparison with the stationary state, when the composition and temperature of the gas phase do not change over time. As a result of the study, it was found that when the temperature regimes of molecular distillation change, the crystallization rate of the final product changes. The same processes occur when the pressure in the evaporator changes. The content of monoesters within the studied experimental batch of emulsifiers without distillation was 60%, which showed the need for distillation of the accumulated experimental batch. The results obtained showed the further direction of the development of technology and the creation of domestic production of food emulsifiers by deep processing of fat and oil raw materials.

Key words: Emulsifier, development, technical solution, production, technological processes, food industry

References

- Berestova A.V., Zinyukhin G.B., Mezhueva L.V. Oso-
bennosti tekhnologii pishchevykh maslozhirovykh
emul'sii funktsional'nogo naznacheniya [Features
of the technology of edible fat and oil emulsions
for functional purposes]. Vestnik OGU [Bulletin
of Orenburg State University], 2014, no. 1(162),
pp. 150-155.
- Butova S.V., Shakhova M.N., Panina E.V. Issledovanie
pokazatelei rastitel'nykh masel iz maloraspros-

- tranennogo syr'ya [Investigations of indicators of vegetable oils from low-spread raw materials]. *Tekhnologii i tovarovedenie sel'skokhozyaistvennoi produktsii* [Technology and commodity science of agricultural products], 2018, no. 1(10), pp. 38-43.
- O'Braien R. Zhiry i masla. Proizvodstvo, sostav i svoystva, primeneniye [Fats and oils. Production, composition and properties, application]. 2nd ed. S-Petersburg: Professiya, 2007. 752 p.
- Tereshchuk L.V., Savel'ev I.D. Obosnovaniye tekhnologicheskikh parametrov proizvodstva slivochno-rastitel'nykh spredov s ispol'zovaniem dezodorirovannogo rapsovogo masla [Substantiation of technological parameters for the production of butter-vegetable spreads using deodorized rapeseed oil]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv* [Technique and technology of food production], 2010, no. 4(19), pp. 54a-59.
- Vdovicheva V.V., Gushchina E.A., Tikhomirov G.A. K Voprosu primeneniya emul'gatorov v pishchevoi i legkoi promyshlennosti [On the issue of the use of emulsifiers in the food and light industry]. *Novaya nauka: teoreticheskii i prakticheskii vzglyad* [New science: theoretical and practical view], 2016, no. 1-2, pp. 158-163.
- Zykov A.V., Krysanov V.A., Mokshina N.Ya. Gazo-khromatograficheskoe opredeleniye kolichestvennogo sostava pishchevykh emul'gatorov E471 [Gas chromatographic determination of the quantitative composition of food emulsifiers E471]. *Anali-tika i kontrol'* [Analytics and control], 2015, vol. 19, no. 2, pp. 169-174. <https://doi.org/10.15826/anali-tika.2015.19.2.004>
- Fregolente L.V., Batistella C.B., Filho R.M., Maciel M.R.W. (2006) Optimization of Distilled Monoglycerides Production. *Twenty-Seventh Symposium on Biotechnology for Fuels and Chemicals*. ABAB Symposium: Humana Press, 2006, pp. 680-693. https://doi.org/10.1007/978-1-59745-268-7_55
- Nord V. Emulsifiers in Food Technology. 2nd ed. New Jersey: Wiley-Blackwell, 2015. 360 p.
- Rarokar N.R., Menghani S., Kerzare D., Khedekar P.B. Progress in Synthesis of Monoglycerides for Use in Food and Pharmaceuticals. *Journal of Experimental Food Chemistry*, 2017, vol. 3, no. 3, pp. 1-6. <https://doi.org/10.4172/2472-0542.1000128>