

Деминерализация свекловичной мелассы электромембранными методами в целях её дальнейшего обессахаривания

О.К. НИКУЛИНА, канд. техн. наук, зав. научно-исследовательской лабораторией сахарного производства*
(e-mail: sugar@belproduct.com)

М.Р. ЯКОВЛЕВА, магистр техн. наук, мл. научн. сотрудник научно-исследовательской лаборатории сахарного производства*
(e-mail: sugar@belproduct.com)

О.В. КОЛОСКОВА, канд. техн. наук, ст. научн. сотрудник научно-исследовательской лаборатории сахарного производства*
(e-mail: sugar@belproduct.com)

О.В. ДЫМАР, инженер, д-р техн. наук, проф., техн. директор представительства АО «МЕГА» в Республике Беларусь
(e-mail: dymarov@tut.by)

*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию»

Введение

В свекловичной мелассе, являющейся отходом сахарного производства, остаётся около 15 % сахара, вводимого в производство с сырьём. Имеющимися в распоряжении технолога методами выделение сахара из мелассы непосредственно кристаллизацией на сахарном заводе технологически сложно и экономически нецелесообразно. Поиск недорогого и эффективного способа обессахаривания мелассы представляет значительный интерес.

На настоящий момент известны химические и физико-химические методы выделения сахара из мелассы. Химические методы основаны на взаимодействии сахарозы с гидроксидами кальция, стронция или бария и как результат – образовании соответствующих сахаратов, представляющих собой осадки, которые отделяют фильтрацией, а затем разрушают, переводя сахарозу в раствор. Физико-химические методы основаны на удалении несахаров при помощи осмоса, электроосмоса и ионообменных смол. Однако указанные методы не признаны эффективными и не применяются на предприятиях Республики

Беларусь, а потери сахара с мелассой по-прежнему остаются самыми значительными в производстве. В Российской Федерации и странах Европейского союза при глубокой переработке мелассы для получения дополнительного количества сахарозы используют фракционную хроматографию, что подразумевает переоснащение свеклоперерабатывающих предприятий и связано со значительными материальными затратами.

Известно, что катионы щелочных металлов (таких как калий и натрий) являются сильнейшими мелассообразователями [2–4]. Одна часть ионов калия или натрия уводит в мелассу пять частей сахарозы. Предполагается, что снижение зольности мелассы позволит извлечь дополнительное количество сахарозы при помощи классических способов кристаллизации путём установления оптимальных технологических режимов, а полученный на данном этапе жёлтый сахар может быть использован для получения новых пищевых продуктов на его основе. Таким образом, снижение содержания зольных элементов в мелассе за счёт применения электромембранных технологий не только

станет первым этапом в разработке эффективной технологии её обессахаривания, но и улучшит физико-химические и органолептические свойства [5].

Анализ способов обессахаривания свекловичной мелассы, а также их достоинств и недостатков показал, что разработка технологии извлечения сахара из мелассы с применением электродиализа и без добавления химических реагентов является актуальной, так как позволяет увеличить выход сахара, не используя при этом дорогостоящих вспомогательных материалов. Применение электродиализной очистки не только освобождает сахарный раствор от несахаров, но и меняет их качественный состав, что даёт возможность влиять на кристаллизацию сахарозы из деминерализованных продуктов [1].

Анализ компонентного состава свекловичной мелассы

С целью определения компонентного состава и его изменения в процессе электромембранной обработки проводили исследования свекловичных меласс, произведённых ОАО «Городейский сахарный комбинат» при переработке

сахарной свёклы урожаям 2021 и 2022 гг., а также меласс, деминерализованных в лабораторных и в промышленных условиях (табл. 1).

Анализ обобщённых данных таблицы показывает следующее.

1. Свекловичная меласса, произведённая в рассматриваемые сезоны ОАО «Городейский сахарный комбинат», содержала 6,6–9,4 % золы, 1,32–1,79 % общего азота, из него 0,31–0,54 % нитратов (доля в общем азоте 23,5–30,2 %), 0,040–0,052 % α -аминного азота (доля в общем азоте 2,2–3,9 %). Мелассообразующий коэффициент составил 1,30–1,47.

2. Процесс деминерализации позволяет удалить из мелассы 81,8 % золы и 97,2 % нитратов от их начального содержания, повысить чистоту мелассы на 8 единиц, снизить мелассообразующий коэффициент на 0,4 (30,8 % к начальному значению), что даёт возможность высвободить из раствора мелассы 6,9 % сахарозы. Показатели

деминерализованной мелассы, полученной при лабораторных исследованиях, сопоставимы с показателями деминерализованной мелассы, полученной в промышленных условиях.

3. При концентрировании деминерализованной мелассы её чистота снижается на 3,41 единицы за счёт спонтанного выкристаллизовывания сахарозы, расчётное количество которой – 1,1 % к массе мелассы.

4. Деминерализованная меласса (после её сгущения) по сравнению с заводской мелассой характеризуется:

– пониженным содержанием золы: 1,6 % вместо 6,6–9,4 %, низким содержанием нитратов: 0,007 % вместо 0,31–0,54 %, что предполагает улучшение её кормовых свойств;

– более высокой чистотой за счёт повышенного содержания сахара и более низким мелассообразующим коэффициентом – 0,88 вместо 1,3–1,5, что допускает

возможность выделения из неё сахара технологическими приёмами (дополнительно к спонтанной кристаллизации).

Производственные испытания деминерализации свекловичной мелассы

На предприятии ОАО «Городейский сахарный комбинат» проводили исследования процесса деминерализации мелассы. В течение производственного сезона отбирали пробы, наблюдали изменение физико-химического состава (чистоты; содержания кондуктометрической золы, солей кальция, щелочных металлов). Обработку выполняли на электродиализной установке последовательно после 8 рабочих циклов без смены концентрата перед испытаниями и после 9 рабочих циклов (на той же установке) со сменой концентрата перед обработкой. На основании полученных данных производили расчёт мелассообразующего коэффициента, резерва сахара.

Таблица 1. Результаты исследований компонентного состава свекловичных меласс

| Наименование мелассы | Зола кондуктометрическая, % к массе продукта | СаО, % к массе продукта | Сухие вещества, % к массе продукта | Сахароза, % к массе продукта | Чистота, % | Калий, % к массе продукта | Натрий, % к массе продукта | Мелассообразующий коэффициент (m) | Резерв сахара, % к массе продукта | Общий азот, % к массе продукта | α -аминный азот, % к массе продукта | Нитраты, % к массе продукта |
|---|--|-------------------------|------------------------------------|------------------------------|------------|---------------------------|----------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|--|-----------------------------|
| Компонентный состав меласс | | | | | | | | | | | | |
| Из сырья 2021 г. | 6,6 | 0,61 | 76,50 | 48,21 | 63,02 | 2,90 | 0,34 | 1,30 | – | 1,32 | 0,052 | 0,310 |
| Из сырья 2022 г. | 9,4 | 0,24 | 82,94 | 49,96 | 60,24 | 4,19 | 0,45 | 1,47 | – | 1,79 | 0,040 | 0,540 |
| Деминерализация мелассы в лабораторных условиях | | | | | | | | | | | | |
| Разбавленная до деминерализации | 2,2 | 0,21 | 26,07 | 16,43 | 63,02 | 0,99 | 0,12 | 1,30 | 0,0 | 0,45 | 0,018 | 0,106 |
| После деминерализации | 0,4 | 0,12 | 24,34 | 17,28 | 70,99 | 0,32 | 0,07 | 0,90 | 6,9 | 0,40 | 0,017 | 0,003 |
| Изменение показателей при деминерализации | 1,8 | 0,08 | 1,73 | +0,85 | +8,0 | 0,67 | 0,05 | 0,40 | 6,9 | 0,05 | 0,001 | 0,103 |
| Сгущение деминерализованной мелассы | | | | | | | | | | | | |
| Деминерализованная в промышленных условиях | 0,8 | 0,04 | 37,61 | 26,89 | 71,50 | 0,43 | 0,11 | 0,88 | 0,0 | 0,49 | 0,023 | 0,003 |
| После сгущения | 1,6 | 0,08 | 76,98 | 52,41 | 68,08 | 0,87 | 0,22 | 0,88 | –1,1 | 1,00 | 0,048 | 0,007 |

Результаты трёх обработок в начале и конце цикла, а также на 120-й минуте приведены в табл. 2. Точка процесса «120 минут» выбрана исходя из действующего в момент испытаний режима работы электродиализного цеха.

В итоге производственных испытаний выявлено, что деминерализация мелассы до 120 минут позволяет дополнительно получать 1,0–1,8 % сахара к массе дилуата, или 76,4–140,2 кг сахара с одной партии обрабатываемого оттока. После каждой обработки продукта необходима смена концентрата.

Установлено, что в процессе деминерализации мелассы в промышленных условиях при фактической загрузке электродиализного оборудования к концу производственного цикла (перед мойкой) при смене концентрата перед обработкой достигаются фактические и расчётные показатели, представленные в табл. 3.

Таким образом, в процессе деминерализации мелассы в про-

мышленных условиях при фактической загрузке электродиализного оборудования к концу производственного цикла (перед мойкой) при смене концентрата перед обработкой достигаются следующие фактические и расчётные показатели: массовая доля золы 2,2 % вместо 4,6 %, чистота мелассы 71,79 % вместо 69,72 %, мелассообразующий коэффициент 1,34 вместо 1,49.

Дальнейшие исследования процесса деминерализации мелассы в лабораторных и производственных условиях позволят найти его оптимальные технологические параметры и разработать технологические приёмы обессахаривания мелассы без использования дорогостоящих химических веществ.

Заключение

На основании определения компонентного состава и его изменения в процессе электромембранной обработки свекловичных меласс установлено следующее.

1. Процесс деминерализации позволяет удалить из мелассы 81,8 % золы и 97,2 % нитратов от их начального содержания, повысить чистоту мелассы на 8 единиц, снизить мелассообразующий коэффициент на 0,4 (30,8 % к начальному значению), что даёт возможность высвободить из раствора мелассы 6,9 % сахарозы;

2. По сравнению с заводской мелассой деминерализованная меласса (после её сгущения) характеризуется:

– пониженным содержанием золы: 1,6 % вместо 6,6–9,4 %, низким содержанием нитратов: 0,007 % вместо 0,31–0,54 %, что предполагает улучшение её кормовых свойств;

– более высокой чистотой за счёт повышенного содержания сахара и более низким мелассообразующим коэффициентом – 0,88 вместо 1,3–1,5, что допускает возможность выделения из неё сахара технологическими приёмами.

Таблица 2. Результаты производственных испытаний процесса электродиализа и расчётные показатели

| Время, мин. | Удельная электропроводимость, мСм/см | Деминерализация, % | Зола кондуктометрическая, % к массе продукта | Чистота, % | Мелассообразующий коэффициент (m) | Резерв сахара, % к массе продукта |
|-------------|--------------------------------------|--------------------|--|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Опыт 1 | | | | | | |
| 0 | 13,6 | 0 | 2,7 | 70,81 | 1,43 | 0 |
| 120 | 12,0 | 11,7 | 2,2 | 71,93 | 1,34 | 1,1 |
| 224 | 10,5 | 22,9 | 1,8 | 73,19 | 1,29 | 2,1 |
| Опыт 2 | | | | | | |
| 0 | 13,0 | 0 | 3,0 | 68,08 | 1,42 | 0 |
| 120 | 11,1 | 14,6 | 2,2 | 69,28 | 1,37 | 1,0 |
| 180 | 10,6 | 18,5 | 1,6 | 68,86 | 1,31 | 1,3 |
| Опыт 3 | | | | | | |
| 0 | 13,5 | 0 | 4,6 | 69,72 | 1,49 | 0 |
| 120 | 11,3 | 16,6 | 2,3 | 71,41 | 1,35 | 1,8 |
| 150 | 11,1 | 18,0 | 2,2 | 71,79 | 1,34 | 2,1 |

Таблица 3. Техничко-экономические показатели деминерализации мелассы

| Наименование технико-экономического показателя | Свекловичная меласса | Деминерализованная меласса |
|--|----------------------|----------------------------|
| Массовая доля золы, % | 4,6 | 2,2 |
| Массовая доля сахарозы, % | 26,06 | 26,42 |
| Чистота, % | 69,72 | 71,79 |
| Содержание солей кальция, % к СВ | 0,058 | 0,047 |
| Мелассообразующий коэффициент (m) | 1,49 | 1,34 |
| Резерв сахара, % | – | 2,1 |

Темы конгресса

- Состояние отрасли: развитие технологий и рынка биотоплива
- Производство пищевого и технического спирта: тонкости технологии, реконструкция заводов, новые виды сырья
- Топливный биоэтанол, бутанол и другие виды транспортного биотоплива
- Пиролиз и газификация: бионефть и сингаз
- Биодизель, биокеросин и растительные масла как топливо
- Виды твёрдого биотоплива: пеллеты, брикеты, щеп
- Другие вопросы биотопливной отрасли

+7 (495) 585-5167

info@biotoplivo.ru

www.biotoplivo.com

В производственных условиях ОАО «Городейский сахарный комбинат» было выявлено, что деминерализация мелассы до 120 минут позволяет дополнительно получать 1,0–1,8 % сахара к массе дилуата, или 76,4–140,2 кг сахара с одной партии обрабатываемого оттока.

Также установлены фактические и расчётные показатели деминерализации мелассы в промышленных условиях при фактической загрузке электродиализного оборудования к концу производственного цикла.

Список литературы

1. Бобровник, Л.Д. Электромембранные процессы в пищевой промышленности / Л.Д. Бобровник, П.П. Загородний. – Киев : Вища школа. Головное изд-во, 1989. – 272 с.

2. Силин, П.М. Химический контроль свеклосахарного производства: учеб. для вузов пищевой промышленности / П.М. Силин, Н.П. Силина. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Пищепромиздат, 1960. – 267 с.

3. Азотистые вещества сахарной свёклы и продуктов сахарного производства и экспресс-методы их определения / В.Н. Кухар, А.П. Чернявский, Л.И. Чернявская, Ю.А. Моканюк // Сахар. – 2019. – № 4. – С. 42–59.

4. Руководство по организации контроля технологического потока производства сахара из сахароносного растительного сырья (сахарной свёклы) / М.И. Егорова, Л.И. Беляева, Л.Н. Пузанова [и др.]. –

Курск : Курский федеральный аграрный научный центр, 2022. – 186 с. – ISBN 978-5-907407-76-3. – EDN KKEDZX.

5. Электрохимическая коррекция минерального состава свекловичной мелассы / О.В. Дымар, М.Р. Яковлева, О.К. Никулина, О.В. Колоскова // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2021. – Т. 14. – № 2 (52). – С. 84–90. – DOI 10.47612/2073-4794-2021-14-2(52)-84-90. – EDN YUVKUA.

Аннотация. Рассмотрен вопрос о возможности применения электромембранных процессов для деминерализации свекловичной мелассы с целью её дальнейшего обессахаривания. Проведён анализ компонентного состава свекловичных меласс, а также меласс, деминерализованных в лабораторных и в промышленных условиях. Приведены данные производственных испытаний процесса деминерализации мелассы при помощи электродиализа.

Ключевые слова: электродиализ, электромембранные технологии, деминерализация, свекловичная меласса, мелассообразующий коэффициент, обессахаривание мелассы.

Summary. The possibility of electromembrane processes application for the beet molasses demineralization with the aim of its further desugarization is considered. The analysis of elementary composition of the beet molasses, as well as demineralized molasses in laboratory and industrial conditions was carried out. The data of industrial tests of the molasses demineralization process by means of electrodiagnosis are presented.

Keywords: electrodiagnosis, electromembrane technologies, demineralization, beet molasses, molasses-forming coefficient, molasses desugarization.