

Научная статья
УДК 663.813

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ СНИЖЕНИЯ ЭНЕРГО- И РЕСУРСОПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВ ОСВЕТЛЕННЫХ СОКОВ

Тимур Зарифович Минбагисов, Максим Алексеевич Безматерных¹

Уральский федеральный университет имени первого Президента
России Б. Н. Ельцина, Екатеринбург, Россия

¹ m.a.bezmaternyh@urfu.ru

Аннотация. В данном исследовании была выявлена и обоснована возможность применения мембранного биореактора в технологии получения осветленного сока с целью снижения энерго- и ресурсопотребления производств данного сока. Произведено сравнение текущих и теоретических энерго- и ресурсозатрат при внедрении мембранного биореактора. Приведен экономический расчет. На основании исследования предложено внедрение мембранного биореактора, который позволит увеличить ресурсо- и энергосбережение при производстве осветленного сока.

Ключевые слова: энергосбережение, ресурсосбережение, осветленный сок, мембранный биореактор

Для цитирования: Минбагисов Т. З., Безматерных М. А. Оценка возможности снижения энерго- и ресурсопотребления производств осветленных соков // Энерго- и ресурсосбережение. Энергообеспечение. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Атомная энергетика. Даниловские чтения — 2021 = Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021 : сборник научных трудов. Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2023. С. 364–369.

Original article

ASSESSMENT OF THE POSSIBILITY OF REDUCING ENERGY AND RESOURCE CONSUMPTION OF THE PRODUCTION OF LIGHTED JUICES

Timur Z. Minbagisov, Maksim A. Bezmaternykh¹

Ural Federal University named after the First President of Russia B. N. Yeltsin,
Ekaterinburg, Russia

¹ m.a.bezmaternyh@urfu.ru

Abstract. In this study, the possibility of using a membrane bioreactor in the technology of obtaining clarified juice for reduce the energy- and resource-consumption of the juice production was identified and justified. Comparison of current and theoretical energy and resource consumption after the introduction of a membrane bioreactor was carried out. The economic calculation was given. Based on the study, the introduction of a membrane bioreactor was proposed, which will increase resource- and energy-saving in the clarified juice production.

Keywords: energy saving, resource saving, clarified juice, membrane bioreactor

For citation: Minbagisov T. Z. and Bezmaternykh M. A. (2023). Otsenka vozmozhnosti snizheniya energo- i resursopotrebleniya proizvodstv osvetlennykh sokov [Assessing the Possibility of Reducing the Energy and Resource Consumption of the Clarified Juice Production]. *Ehnergo- i resursosberezhenie. Ehnergoobespechenie. Netradicionnye i vozobnovlyaemye istochniki ehnergii. Atomnaya ehnergetika. Danilovskie chteniya — 2021* [Energy and Resource Saving. Power Supply. Non-traditional and Renewable Energy Sources. Nuclear Energy. Danilov Readings — 2021]. Ekaterinburg : Ural University Publishing House, 2023. P. 364–369. (In Russ).

Осветленный сок — один из постоянных продуктов, потребляемых как в России, так и в мире. На 2018 г. производство данных соков (концентраты и натуральные) в России составило 385,8 млн л, а их импорт в нашу страну: 123,6 млн л (суммарно 509,4 млн л) [1]. Притом в 2018 г. в России было произведено всего 2,4 млрд л соков и 188,5 млн л — импортировано (суммарно 2,488 млрд л). Так, осветленные соки занимают 20,47 % российского рынка суммарно.

Существует ряд технологий по осветлению сока:

1) оклеивание (обработка танином или желатином (1 %)) — недорогой, но требующий подбора дозировок веществ, метод. Неверная пропорция добавляемого к соку компонента дает слабо осветленный сок [2, с. 215];

2) применение бентонитовых глин — подразумевает намывание глины (0,8 % от массы сока) на фильтр для создания поверхности, захватывающей пектин. Процесс ведется от нескольких часов до 3-х дней. Требуется подготовки глины (разведение в воде и обработка острым паром до 70–75 °С) [3, с. 104];

3) нагревание — подразумевает нагрев сока до 80–90 °С и выдержку в течение 10 с (для денатурации белков) и далее — резкое охлаждение до 15–40 °С [4]. Метод прост, но требует создания «мгновенных» перепадов температуры, не позволяет отделять пектин и остальные коллоидные вещества;

4) ферментативная обработка — обработка пектолитическими ферментами в количестве до 0,03 % от массы сока [5, с. 263].

Наиболее часто применима ферментативная обработка. Причины (преимущества): простота, доступность, нетоксичность, малозатратность (по ферменту) и высокая скорость осветления. Недостатки, во-первых, необходимость поддержки оптимальных условий действия ферментов (температура $t = 37$ °С и рН: для грибной пектинэстеразы рН 3,5–4,0; для растительной 6,0–8,0 [6, с. 180]), быстрая инактивация ферментов. Решение: контроль температуры и рН, стабилизация ферментов иммобилизацией на/в носителях. Во-вторых, дороговизна ферментов — частично компенсируется увеличением кратности их применения, а также — путем иммобилизации, осуществимой в таком оборудовании, как мембранный биореактор.

Мембранные биореакторы (МБР) — оборудование комбинированного действия, объединяет в себе процессы биокатализа и фильтрации. Мембраны: микро- (диаметр пор 0,1–1,0 мкм) и ультрафильтрационные (диаметр пор 0,01–0,1 мкм) мембраны [7]. Преимущества МБР: обеспечение иммобилизации ферментов и комбинирование двух процессов (ферментативная обработка и фильтрация) в одном аппарате. Снижают операционные затраты на ферменты (за счет увеличения кратности их применения приблизительно вдвое), а также понижают металлоемкость производства (снижение количества емкостного оборудования на участке осветления сока как минимум в 2 раза). Обеспечивают энергосбережение за счет экономии электроэнергии, уходящей на работу мешалок и дополнительных насосов, суммарно до 7 кВт · ч.

По данным работы [8] стоимость пектиназы (препарат) составляет 250 руб. за 100 г, а с учетом загрузки 0,03 % фермента от массы сока при производительности линии по соку в 8 т/ч потребуется 48 000 руб.

за 19,2 кг/день. Примем торговую наценку на товар 30 % и вычтем ее. Получится, что за день уходит 36923 руб. Это 12,812 млн руб./г. При увеличении кратности применения фермента вдвое годовая экономия на ферменте: 6,406 млн руб. Стоимость МБР около 10,8 млн руб. (при курсе евро 84 руб.) [7]. Без учета экономии от затрат на электроэнергию окупаемость составит:

$$T = 10\,800\,000 / 6\,406\,000 = 1,68 \text{ (1 год и 9 мес.)}.$$

Из приведенного расчета следует, что МБР имеет приемлемый срок окупаемости. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что внедрение мембранного биореактора на производстве осветленного сока позволит снизить ресурсо- (эксплуатационные затраты, а также металлоемкость) и энергопотребление производства, к тому же окажется экономически целесообразным. Соответственно, данное оборудование предлагается для внедрения на производствах по осветлению сока.

Список источников

1. Спрос на осветленные соки в России падает // Discovery. URL: <https://drgroup.ru/press-relizy/1913-spros-na-osvetlennye-soki-v-rossii-padaet.html> (дата обращения: 03.12.2021).
2. Наместников А. Ф. Хранение и переработка овощей, плодов и ягод. М. : Высшая школа, 1969. 296 с.
3. Бачурская Л. Д., Гуляев В. Н. Пищевые концентраты. М. : Пищевая промышленность, 1976. 335 с.
4. Осветление сока // Foodtours. URL: <http://www.foodtours.ru/toiks-222-1.html> (дата обращения: 05.12.2021).
5. Гореньков Э. С., Горенькова А. Н., Усачева Г. Г. Технология консервирования. М. : Агропромиздат, 1987. 351 с.
6. Грачева И. М. Технология ферментных препаратов. М. : Агропромиздат, 1987. 335 с.
7. МБР // Membrane Engineering Systems. URL: <https://me-system.ru/tehnologii/mbr/> (дата обращения: 03.12.2021).
8. Пектиназа (Pectinase) 100 г фермент для расщепления пектина // Добровар шоп — Интернет магазин все для винокуров. URL: <https://dobrovar-shop.ru/oborudovanie-dlya-vinodeliya/ingredienty/ferment-pektinaza-pectinase-100-g/> (дата обращения: 05.12.2021).

References

1. The demand for clarified juices in Russia is falling // Discovery. URL: <https://drgroup.ru/press-relizy/1913-spros-na-osvetlennye-soki-v-rossii-padaet.html> (date of access: 03.12.2021).
2. Namestnikov A. F. Storage and processing of vegetables, fruits and berries. M. : Higher School, 1969. 296 p.
3. Bachurskaya L. D., Gulyaev V. N. Food concentrates. M. : Food industry, 1976. 335 p.
4. Juice clarification // Foodtours. URL: <http://www.foodtours.ru/toiks-222-1.html> (date of access: 05.12.2021).
5. Gorenkov E. S., Gorenkova A. N., Usacheva G. G. Canning technology. M. : Agropromizdat, 1987. 351 p.
6. Gracheva I. M. Technology of enzyme preparations. M. : Agropromizdat, 1987. 335 p.
7. MBR // Membrane Engineering Systems. URL: <https://me-system.ru/tehnologii/mbr/> (date of access: 03.12.2021).
8. Pectinase (Pectinase) 100 g enzyme for splitting pectin // Dobrovar shop — Online store everything for distillers. URL: <https://dobrovar-shop.ru/oborudovanie-dlya-vinodeliya/ingredienty/ferment-pektinaza-pektinase-100-g/> (date of access: 05.12.2021).

Информация об авторах

Тимур Зарифович Минбагисов — студент Химико-технологического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), tz-minbagisov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1216-338X>

Максим Алексеевич Безматерных — кандидат химических наук, доцент кафедры технологии органического синтеза Химико-технологического института Уральского федерального университета (Екатеринбург, Россия), m.a.bezmaternyh@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3286-9179>

Information about the authors

Timur Z. Minbagisov — Student of the Chemical Technology Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), tz-minbagisov@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1216-338X>

Maksim Al. Bezmatyernych — Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Organic Synthesis Technology of the Chemical Technology Institute of the Ural Federal University (Ekaterinburg, Russia), m.a.bezmaternyh@urfu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3286-9179>