

Оптимальные параметры процесса экстрагирования сахарозы с применением наноразмерного гидроксида алюминия

В.В. ОЛИШЕВСКИЙ, канд. техн. наук, доц. каф. технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования¹ (e-mail: valinter@ukr.net)

Л.М. ХОМИЧАК, д-р техн. наук, профессор, член-корр. НААН, зав. отделом технологии сахара, сахаросодержащих продуктов и ингредиентов (e-mail: Lhomichak@ukr.net)

Институт продовольственных ресурсов НААН Украины

Е.Н. БАБКО, канд. техн. наук, доц. каф. технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования¹ (e-mail: babkoe@ukr.net)

С.Ю. ЛЕМЕНТАР, канд. техн. наук, доц. каф. технологического оборудования и компьютерных технологий проектирования¹ (e-mail: lementar911@ukr.net)

¹Национальный университет пищевых технологий

Введение

Современные тенденции развития сахарного производства базируются на использовании научных подходов, обеспечивающих максимальное использование сырья и высокое качество конечных продуктов при снижении материальных и энергетических ресурсов. Существующая технология извлечения сахарозы из свекловичной стружки предусматривает её противоточную экстракцию предварительно подготовленным экстрагентом с использованием дополнительных химических реагентов при температуре процесса в пределах 72–75 °С [1–6]. При этом из свекловичной стружки в диффузионный сок переходит 95–98 % сахарозы и около 80 % растворимых несахаров. Все несахара в большей или меньшей мере препятствуют получению кристаллической сахарозы и увеличивают выход мелассы, поэтому одной из основных задач технологии сахарного производства является максимальное предупреждение процесса образования и перехода растворимых несахаров в диффузионный сок при минимально возможной величине его отбора. Это позволит увеличить эффект очистки на диффузии и снизить потребности топливно-энергетических ресурсов на стадии известково-углекислотной очистки.

Цель работы – выбор оптимальных параметров технологического режима процесса экстракции сахарозы с применением наноразмерного гидроксида алюминия.

Задачи исследования – изучение комплексобразующих свойств наноразмерного гидроксида алюминия и определение оптимального его количества в процессе диффузионно-прессового способа извлечения сахарозы.

Условия и методы исследований

При проведении исследований использовали наноразмерный коагулянт ГОАЭС, полученный электроискровым способом [7].

Для извлечения сахарозы из свекловичной стружки применяли лабораторные установки [8, 9], а технологические показатели диффузионного сока и жома определяли согласно методикам, описанным в [10, 11].

Результаты и обсуждение

Полученные результаты свидетельствуют о том, что коагулянт ГОАЭС способствует повышению чистоты диффузионного сока, содержания СР в прессованном жоме и уменьшению содержания пектинов в диффузионном соке. При этом эффективная доза коагулянта ГОАЭС находится в пределах 0,002–0,005 % от количества стружки. Достигнутый эффект можно объяснить тем, что коагулянт ГОАЭС имеет высокую селективную способность к отрицательно заряженным веществам (несахарам) благодаря наноразмерности частиц алюминия (5–65 нм) и высоким положительным электрокинетическим потенциалом (+32,2 мВ). Это способствует укреплению клеточных стенок свекловичной ткани за счёт образования нерастворимых комплексов с пектинами (пектатов алюминия) и, как следствие, снижению содержания в диффузионном соке несахаров и повышению его чистоты.

Результаты исследований влияния коагулянта ГОАЭС на качественные показатели полупродуктов свеклосахарного производства представлены в таблице.

На основе статистической обработки экспериментальных данных с использованием пакета Mathcad 15 установлено эффективное количество коагулянта ГОАЭС в процессе экстрагирования.

Влияние ГОАЭС на свойства продуктов экстрагирования сахарозы

Схема экстрагирования	Концентрация		Показатели диффузионного сока		Сухие вещества прессованного жома (СВ), %
	АI в ГОАЭС, %	ГОАЭС в экстрагенте, %	Содержание пектиновых веществ, % к м. с.	Чд.с., %	
Без использования ГОАЭС	—	—	0,275	87,0	23,1
С использованием ГОАЭС	0,2	0,0001	0,197	87,5	23,8
		0,0002	0,19	87,7	24
		0,0003	0,188	88	24,2
		0,0004	0,181	88,1	24,4
		0,0005	0,176	88,1	24,7
		0,0006	0,166	88,4	24,9
		0,0007	0,158	88,5	25
		0,0008	0,148	89	25,1
		0,0009	0,139	89,4	25,2
		0,001	0,129	89,6	25,9
		0,002	0,128	90,1	26
		0,003	0,126	90,3	26,3
		0,004	0,128	90	26,2
		0,005	0,13	89,8	26
		0,006	0,131	89,6	26
		0,007	0,133	89,4	25,8
		0,008	0,135	89,4	25,7
0,009	0,137	89,2	25,6		
0,01	0,142	89	25,6		

Для решения поставленной задачи по оптимизации исследовательских данных использовали обобщённый критерий оптимизации [12, 13], что позволяет одним количественным показателем обобщить несколько избранных локальных критериев оптимальности:

$$F = \prod_{i=1}^n f_i(x)^{\lambda_i} \rightarrow \max,$$

где $f_i(x)$ – локальные критерии оптимальности в безразмерной форме; λ_i – весовые коэффициенты, $i = 1-3$.

Для оценки зависимости эффективности извлечения сахарозы и очистки диффузионного сока с учётом затрат дополнительного реагента избраны следующие локальные критерии (в натуральной форме):

- $f_1(x) = y_1$ – чистота диффузионного сока, %;
- $f_2(x) = y_2$ – содержание сухих веществ в прессованном жоме, %;
- $f_3(x) = y_3$ – содержание пектиновых веществ в диффузионном соке, % к м. с.

Весовые коэффициенты с учётом важности локальных критериев оптимизации выбрано соответственно такие: 0,3 : 0,3 : 0,1.

Нахождение коэффициентов уравнений регрессии выполняли с помощью Microsoft Excel. Полученные уравнения (в натуральных значениях факторов) и графическая интерпретация зависимости показателей от затрат коагулянта ГОАЭС представлена на рис. 1–3.

Использование обобщённого критерия оптимизации требует преобразования локальных критериев оптимальности из натуральной в безразмерную форму, которое осуществляли по методу Харрингтона с помощью функции желательности, которая меняется от 0,1 до 0,5.

Диапазон 0,1–0,5 делится на пять интервалов желательности и определяет соответствующие понятия:

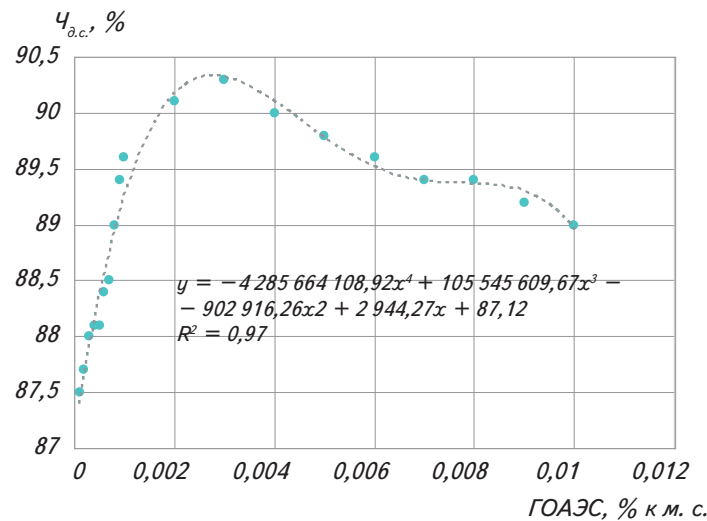


Рис. 1. Зависимость чистоты диффузионного сока ($Ч_{д.с.}$) от количества ГОАЭС при экстрагировании

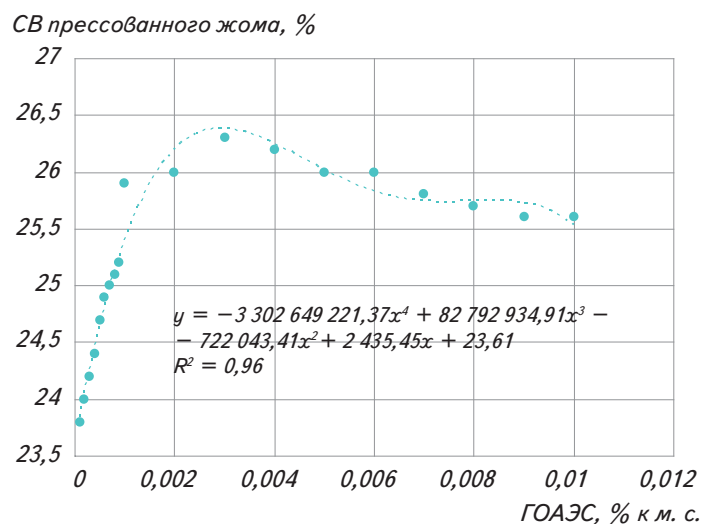


Рис. 2. Зависимость содержания СВ прессованного жома от количества ГОАЭС при экстрагировании

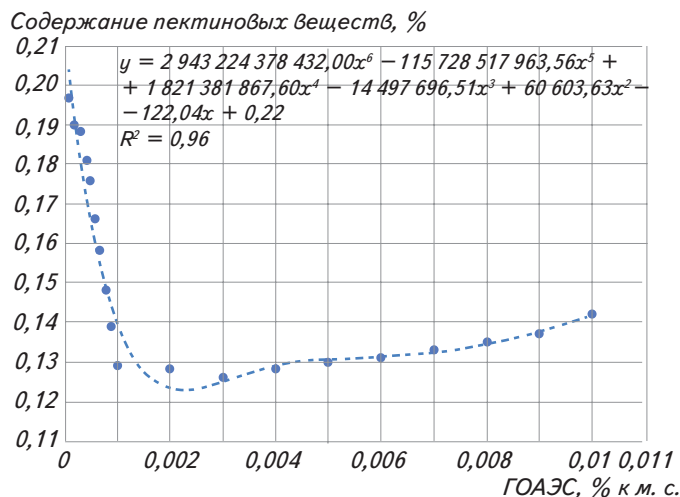


Рис. 3. Зависимость содержания пектиновых веществ в диффузионном соке от количества ГОАЭС при экстрагировании

- 0–0,1 – плохо;
- 0,1–0,2 – удовлетворительно;
- 0,2–0,3 – хорошо;
- 0,3–0,4 – очень хорошо;
- 0,4–0,5 – отлично.

Интервалы желательности выбирались с учётом рассчитанных значений локальных критериев оптимальности. Полученная зависимость обобщённого критерия оптимальности представлена на рис. 4.

Таким образом, полученные обобщённые критерии оптимизации позволили определить эффективное количество коагулянта ГОАЭС как дополнительного коагулянта в процессе извлечения сахарозы, а именно 0,0028 % от количества свекловичной стружки. Такое оптимальное количество ГОАЭС обеспечивает получение максимально больших значений показателей чистоты диффузионного сока, содержания СВ в пресованном жоме, а также максимальное уменьшение содержания пектиновых веществ в диффузионном соке.

Заключение

Полученные обобщённые критерии оптимизации позволили определить оптимальные параметры технологического режима процесса экстракции сахарозы с применением наноразмерного гидроксида алюминия. Установлено оптимальное количество коагулянта ГОАЭС в процессе извлечения

сахарозы, а именно 0,0028 % от количества свекловичной стружки, что обеспечивает получение максимальных значений показателей чистоты диффузионного сока, содержания СВ в пресованном жоме, а также максимальное уменьшение содержания пектиновых веществ в диффузионном соке.

Список литературы

1. *Asadi, M.* Beet Sugar Handbook / M. Asadi. – New Jersey : John Wiley and Sons, Hoboken, 2007. – Pp. 162–163, 435–450.
2. *Bogdanovic, B.V.* The influence of extraction parameters on the quality of dried sugar beet pulp / B.V. Bogdanovic, Z.I. Seres, J.F. Gyura. – Hemijska industrija, 2013. – № 67(2). – P. 269–275.
3. *Prati, E.* How to improve the performance of pulp pressing / E. Prati, F. Maniscalco // Sugar industry-zuckerindustrie. – 2013. – № 138(3). – P. 171–174.
4. *Prati, E.* Recommendations on how to increase the sugar beet pulp press efficiency / E. Prati, F. Maniscalco // International sugar journal. – 2013. – № 115(1373) – P. 339–343.
5. *Prati, E.* The role and the influence of fine pulp in sugar beet processing / E. Prati // Sugar industry-zuckerindustrie. – 2015. – 140(6). – June. – P. 370–374.
6. *Nykytiuk, T.* Impact of nanosized aluminum hydroxide on the structural and mechanical properties of sugar beet tissue / T. Nykytiuk, V. Olisheskiy, E. Babko, O. Prokopiuk // Ukrainian Food Journal. – 2018. – Vol. 7. – Is. 3. – P. 88–498.
7. *Хомичак, Л.М.* Результаты практической реализации применения наноразмерного гидроксида алюминия в условиях сахарных заводов Украины. Л.М. Хомичак, В.В. Олишевский, Е.Н. Бабко, К.Г. Лопатько // Сахар. – № 5. – 2020. – С. 18–22.
8. *Лысянский, В.М.* Процесс экстракции сахара из свёклы. Теория и расчёт / В.М. Лысянский. – М. : Пищ. пром-сть, 1973. – 224 с.

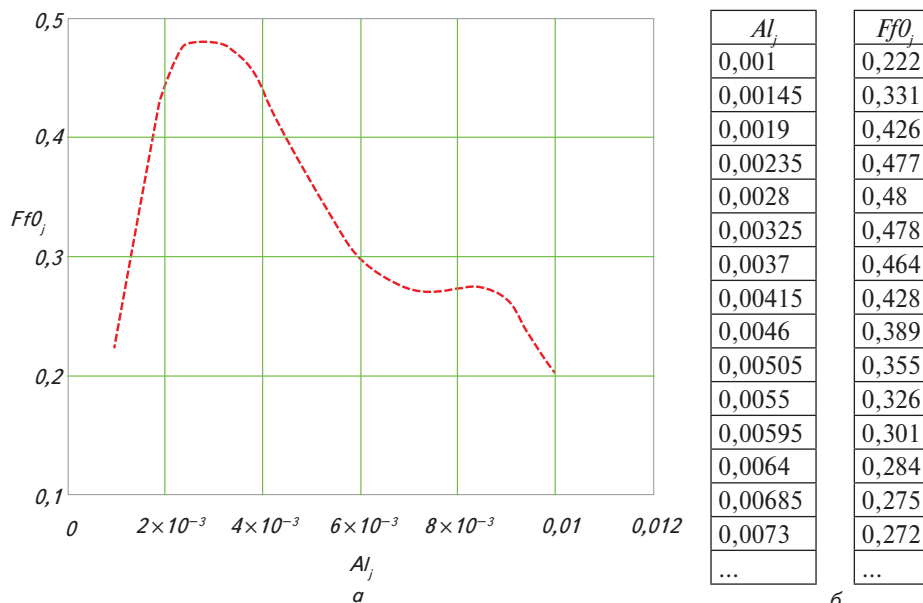


Рис. 4. Обобщенный критерий оптимизации для извлечения сахарозы а – графическая зависимость обобщённого критерия оптимизации от количества коагулянта ГОАЭС; б – численные значения обобщённого критерия оптимизации

Мы знаем о сахаре всё!

А вы?



9. Люлька, О.М. Удосконалення робочих органів бурякорізальних машин цукрового виробництва: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 / О.М. Люлька // НУХТ. – Київ, 2015. – 140 с.

10. Патент України 114866UA, МПК С13В С13В 10/08 (2011.01). Спосіб екстрагування сахарози з бурякової стружки / Олішевський В.В., Українець А.І., Пушанко Н.М., Маринін А.І., Бабко Є.М., Лопатько К.Г.; заявник і патентовласник НУХТ. – № а 2016 06321; заявл. 10.06.2016; опубл. 10.08.2017, Бюл. № 15, 2017 р.

11. Инструкция по химико-технологическому контролю и учёту сахарного производства. – Киев : ВНИИСП, 1983. – 476 с.

12. Винарский, М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.И. Лурье. – Киев : Техника, 1975. – 168 с.

13. Ахназарова, С.Л. Использование функции желатильности Харрингтона при решении оптимизационных задач химической технологии / С.Л. Ахназарова, Л.С. Гордеев. – М. : РХТУ, 2003. – 76 с.

Аннотация. В статье проанализировано применение наноразмерного коагулянта ГОАЭС в процессе извлечения сахарозы из свекловичной стружки. Установлено, что благодаря его свойствам улучшаются структурно-механические свойства свекловичной ткани, в результате чего наблюдается повышение показателей диффузионного сока и прессованного жома. Кроме того,

он является перспективным реагентом для использования в диффузионно-прессовом способе извлечения сахарозы из свекловичной стружки. Полученные обобщённые критерии оптимизации позволили определить эффективное количество коагулянта ГОАЭС как дополнительного коагулянта в процессе извлечения сахарозы, а именно 0,0028 % от количества свекловичной стружки, что обеспечивает максимально большее значение показателей чистоты диффузионного сока, содержания СР в прессованном жоме, а также максимальное уменьшение содержания пектиновых веществ в диффузионном соке.

Ключевые слова: свекловичная стружка, наноразмерный гидроксид алюминия, экстрагирование, диффузионный сок, пектиновые вещества.

Summary. The article analyzes the application of the GOAES nanosized coagulant in the process of extracting sucrose from beet chips. It was found that its use improves the structural and mechanical properties of beet tissue, as a result of which there is an increase in the indicators of diffusion juice and pressed bagasse, and is a promising reagent for use in the diffusion-press method for extracting sucrose from beet chips. The obtained generalized optimization criteria made it possible to determine the effective amount of coagulant GOAES as an additional coagulant in the process of sucrose extraction, namely 0.0028% of the amount of beet chips, which ensures the highest possible purity of diffusion juice, the content of SR in pressed pulp, and the maximum decrease in the content of pectin substances in the diffusion juice.

Keywords: beet chips, nanosized aluminum hydroxide, diffusion juice, pectin substances.