

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОНИЦАЕМОСТИ ТКАНЕЙ КЛЕТОК САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Семенихин С.О., канд. техн. наук, Городецкий В.О., канд. техн. наук

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения
и переработки сельскохозяйственной продукции –
филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр
садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар

Аннотация. Приведены результаты отечественных и зарубежных исследований по применению электрических и электромагнитных полей с целью повышения проницаемости клеточных стенок сахарной свеклы для интенсификации диффузионного извлечения сахарозы.

Стадия извлечения сахарозы во многом предопределяет себестоимость товарного сахара-песка, которая является одним из основных показателей эффективности работы свеклосахарных заводов. От качества диффузионного сока зависят как прямые затраты на удаление из него несахаров, так и стабильность показателей работы завода в целом. Для интенсификации процесса извлечения сахарозы из свекловичной стружки и повышения качества диффузионного сока тканям сахарной свеклы необходимо придать более проницаемую структуру.

При обычных условиях переход сахарозы в экстрагент при противоточной диффузии практически не возможен, так как размер пор протоплазмы клеток тканей сахарной свеклы меньше размера молекул сахарозы, ввиду чего вначале необходимо произвести денатурацию протоплазмы (плазмолиз) [1, 2]. После проведения плазмолиза молекулы сахарозы переходят из вакуоли во внутреннее пространство клетки, что способствует её диффузии в экстрагент.

В современной технологии переработки корнеплодов сахарной свеклы применяется тепловой плазмолиз клеток, заключающийся в тепловой обработке стружки. Оптимальной температурой считается 70-72 °С, так как более высокая приводит к развариванию стружки, а более низкая не обеспечивает достаточной проницаемости протоплазмы, что в значительной мере затрудняет ведение диффузионного процесса.

Однако, степень плазмолиза лишь косвенно характеризует диффузионные свойства свеклы, так как тепловая обработка практически не оказывает влияния на стенку клетки, которая после денатурации протоплазмы остается основным препятствием для экстрагирования сахарозы. На проницаемость клеточной стенки, в свою очередь, влияет ряд факторов таких, как вегетативное состояние корнеплодов (степень их зрелости), зараженность какими-либо болезнями, специфические свойства конкретного сорта, воздействие на корнеплоды окружающей среды в ходе их вегетации и тд. В результате этого, даже при обеспечении высокой степени плазмолиза проницаемость клетки может оставаться достаточно низкой.

Для повышения проницаемости стенок клеток как отечественными, так и зарубежными исследователями проводятся работы по воздействию на ткани свеклы импульсных электрических и переменных электромагнитных полей.

Исследования зарубежных ученых в основном посвящены обработке свекловичной стружки импульсными электрическими полями. В результате такой обработки происходит эффект электропорации – создания пор в бислойной клеточной мембране под воздействием на образующие ее белки и липиды электрического поля.

На первом этапе исследований было установлено, что обработка импульсным электрическим полем с напряженностью 600 В/см в течении от 10 до 50 мс способствует размягчению тканей и приданию им характеристик, свойственных классической денатурации, протекающей при температуре 70 °С и используемой в настоящее время [3].

Исследования, направленные на установление влияния обработки свекловичной стружки импульсным электрическим полем на качество получаемого диффузионного сока, предполагали экстракцию сахарозы из предварительно обработанной стружки при тех же параметрах импульсного поля при пониженной температуре проведения процесса, а именно, при 30 °С и 50 °С, в сравнении с классическим извлечением без предварительной обработки при 70 °С [4]. В результате, в экспериментальных образцах чистота получаемого диффузионного сока составила 93,40, 93,35, а в контрольном – 92,85 %. Однако, содержание сухих веществ в диффузионном соке при этом составило 13,4, 14,6 и 14,8 % соответственно. Кроме этого, при более низкой температуре процесса степень перехода в диффузионный сок веществ коллоидной дисперсности снижается с 0,2 до 0,1 % к массе сока, а переход пектиновых веществ исключается практически полностью. Мутность и цветность диффузионных соков в экспериментальном варианте снизились с 10×10^3 до 7×10^3 и с $0,7 \times 10^3$ до $0,6 \times 10^3$ ед. ICUMSA соответственно.

Дальнейшие исследования по известково-углекислотной очистке получаемых диффузионных соков при равном расходе раствора гидроксида кальция позволили получить очищенные соки с чистотой около 94,5 % в контрольном опыте и около 96,0 % – при экспериментальном опыте [5, 6]. Показатель цветности сока, полученного в экспериментальном опыте, был ниже в 2 раза и составил 600 ед. ICUMSA против 1200.

Вариации изменения режима известково-углекислотной очистки диффузионного сока, полученного при обработке свекловичной стружки импульсным электрическим полем, позволили получить более полные показатели качества полупродуктов [7]. Очистка диффузионного сока проводилась по общепринятой схеме. Чистота очищенного сока в экспериментальном опыте составила в среднем 96,0 %, а в контрольном 94,5 %. Содержание веществ коллоидной дисперсности в контрольном и экспериментальном случаях составило 1,0 и 0,9 г/л соответственно, а белков 16 и 11 мг/л. По цветности экспериментальные образцы превзошли контрольные в 2 раза – 600 и 1200 ед. ICUMSA соответственно, а мутность, в свою очередь, составила 150 и 200 ед. ICUMSA.

Исследования в области обработки свекловичной стружки, проводимые нами, были направлены на применение переменных электромагнитных полей, в результате чего связанная в клеточной стенке влага переводилась в свободную влагу, тем самым повышая ее проницаемость. Для этого свекловичную стружку обрабатывали электромагнитным полем сверхвысоких частот с частотой 2450 Гц в течение 1-3 минут при удельной мощности электромагнитного поля 450-720 Вт/дм³. В результате исследований было установлено, что чистота диффузионного сока возрастает в среднем на 1 %, а количество веществ коллоидной дисперсности снижается на 8-10 % по сравнению с классическим диффузионным извлечением сахарозы.

В настоящее время уже существуют опытные линии по обработке жидких продуктов импульсным электрическим полем с целью их обеззараживания, в качестве альтернативы пастеризации. Однако, ввиду высокой стоимости таких линий, которая составляет около 250000 Евро при производительности 1000 л/ч, возможность их применения в свеклосахарной отрасли достаточно сомнительна, так как средний объем сахарной свеклы, который необходимо переработать за 100 суток для одного завода находится в пределах от 0,5 до 1,0 млн. т. Учитывая это, на наш взгляд, промышленное внедрение разработок с применением электрического и электромагнитного полей в сахарной отрасли в ближайшие 20-25 лет может быть только на уровне полупромышленных установок, работающих параллельно основной линии, ввиду того, что полноценное применение будет крайне нерентабельно.

Литература:

1. Бугаенко, И.Ф. Общая технология отрасли: Научные основы технологии сахара [Текст] / И.Ф. Бугаенко, В.И. Тужилкин. – Ч.1. – СПб.: ГИОРД, 2007. – 512 с.
2. Сапронов, А.Р. Технология сахара [Текст] / А.Р. Сапронов, Л.А. Сапронова, С.В. Ермолаев. – СПб.: ИД «Профессия», 2013. – 296 с.
3. Filtration diffusivity and expression behaviour of thermally and electrically pretreated sugar beet tissue and press-cake (Фильтрационная диффузность и выраженные характеристики тканей сахарной свеклы, предварительно обработанных термически и электрически, а также получаемого прессованного жома) [Текст] / H. Mhemdi [et al.] / Separation and Purification Technology. – 2012. – № 95. – P. 118-125.
4. Quality and filtration characteristics of sugar beet juice obtained by «cold» extraction assisted by pulsed electric field (Качество и фильтрационные характеристики сока сахарной свеклы, полученного «холодной» экстракцией при помощи импульсного электрического поля) [Текст] / K. Loginova [et al.] / Journal of Food Engineering. – 2011. – №106. – P.144-151.
5. Better lime purification of sugar beet juice obtained by low temperature aqueous extraction assisted by pulsed electric field (Лучшая известковая очистка сока свеклы, полученного при низкотемпературной водной экстракции с

- помощью импульсного электрического поля) [Текст] / К. Loginova [et al.] / LWT – Food Science and Technology. – 2012. – № 46. – P. 371-374.
6. Impact of pulsed electric field and preheating on the lime purification of raw sugar beet expressed juices (Влияние импульсного электрического поля и предварительного нагрева на известковую очистку полученного прессованием диффузионного сока сахарной свеклы) [Текст] / Н. Mhemdi [et al.] / Food and Bioproducts Processing. – 2015. – № 95. – P. 323-331.
 7. Purification of juices obtained with innovative pulsed electric field and alkaline pressing of sugar beet tissue (Очистка соков, полученных при инновационном импульсном электрическом поле и щелочном прессовании сахарной свеклы) [Текст] / F. Almohammed, Н. Mhemdi, Е. Vorobiev / Separation and Purification Technology. – 2017. – № 173. – P. 156-164.