

УДК 664.1.035.1

Профессор Н.Г. Кульнева, аспирант М.В. Журавлев,
студент К.А. Парамонова

(Воронеж. гос. ун-т. инж. технол.) кафедра технологии бродильных и сахаристых
производств. тел. (473) 255-07-51
E-mail: zyrav2014@yandex.ru

Professor N.G. Kulneva, graduate M.V. Zhuravlev,
student K.A. Paramonova.

(Voronezh state university of engineering technologies) Department of fermentation
and sugar industries technology. phone (473) 255-07-51
E-mail: zyrav2014@yandex.ru

Разработка эффективного способа экстрагирования сахарозы из свеклы

Development of the effective method for the extraction of sucrose

Реферат. Использование диффузионных аппаратов наклонного типа сопровождается неравномерным обогревом соко-стружечной смеси по длине аппарата, что приводит к снижению степени извлечения сахарозы из стружки и интенсивному развитию микроорганизмов внутри аппарата, увеличению потерь сахарозы при экстрагировании и продолжительности процесса в целом. Предложен способ предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием горячими растворами химических агентов. Экспериментально установлено, что лучшие качественные показатели имеет сок, полученный из стружки, обработанной раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, или раствором хлорной извести концентрацией 0,10 %. Тепловая обработка свекловичной стружки растворами солей $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент массоотдачи свекловичной ткани, увеличивая ее проницаемость. Омывающий поверхность свекловичной стружки раствор сульфата алюминия снижает растворимость белковых и пектиновых веществ, повышая прочность и упругость свекловичной стружки. Стабилизируется pH среды, что уменьшает переход несахаров из свекловичной стружки в диффузионный сок в процессе экстрагирования сахарозы. Совмещение тепловой и химической обработки позволяет стабилизировать коллоиды свекловичной ткани и подогреть свекловичную стружку до оптимальной температуры диффузионного процесса 70-72 °C до поступления в диффузионный аппарат, повысить ее структурно-механические свойства. Использование предварительной тепловой обработки свекловичной стружки позволяет повысить эффективность протекания диффузионного процесса, блокировать переход веществ белково-пектинового комплекса из свекловичной стружки в диффузионный сок, за счет чего их содержание в диффузионном соке снижается; снизить цветность очищенного сока на 15,1 %, содержание солей кальция на 31,3 % в сравнении с типовым способом; повысить чистоту очищенного сока на 1,2 %, что соответствует увеличению выхода сахара-песка на 0,3 %.

Summary. Application of slanted diffusers is accompanied with irregular heating of juice- and chips mixture in the unit length, which reduces the degree of extraction of sucrose from chips and microorganisms intensive growth inside the apparatuses, increases the sucrose loss during the extraction and the time of the whole process. A method for preprocessing of beet chips prior to extraction with hot solutions of chemical agents was suggested. It was experimentally found out that the best quality indicators are inherent to the juice obtained from chips treated with a solution of 0.05 % aluminum sulfate or with 0.10% bleach solution. Thermal processing of beet chips with the solutions of $Al_2(SO_4)_3$ with a concentration of 0.05% and bleach with a concentration of 0.10 % results in a gradual beet chips uniform heating and denaturation of the proteins, which increases the mass transfer coefficient of sugarbeet tissue, increasing its permeability. Beet chips surface washing aluminum sulfate solution reduces the solubility of the protein and pectin substances, increasing the strength and elasticity of beet chips. pH of the medium is stabilized, which reduces the transition of non-sugars from beet chips into the diffusion juice in the process of sucrose extraction. Combination of thermal and chemical treatment allows to stabilize the colloids of sugarbeet tissue and to heat beet chips to the optimum temperature of the diffusion process of 70-72 °C before entering the diffusion apparatus and to improve its structural and mechanical properties. The use of preliminary heat treatment of beet chips: improves the efficiency of diffusion processes; blocks the transition of substances of protein-pectin complex of beet chips into the raw juice, whereby their content in the diffusion juice is reduced; reduces the color of purified juice by 15.1 %, the content of calcium salts by 31.3 % in comparison with the standard method; -improves the purity of the purified juice by 1.2 %. All this corresponds to the increase in the yield of sugar by 0.3 %.

Ключевые слова: свеклосахарное производство, обработка свекловичной стружки, экстрагирование.

Keywords: beet-sugar production, processing of beet chips, extraction.

© Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Парамонова К.А., 2014

Сахарная промышленность является важной экономической отраслью во многих странах мира, в том числе в России [1]. Одной из важнейших технологических операций сахарного производства является экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки. От того, насколько эффективно осуществляется протекание технологических процессов на данном этапе сахарного производства, зависит бесперебойная работа всех последующих технологических станций, а также качество и выход готовой продукции. Поэтому одной из важнейших технологических задач при производстве сахара-песка является поддержание максимальной эффективности работы данного технологического участка, а также своевременное выявление и устранение проблем, возникающих в процессе экстрагирования сахарозы. Такими проблемами являются: падение pH сока в диффузионном аппарате, интенсивное развитие микрофлоры, высокие потери сахарозы в отжатом жоме, низкая степень извлечения сахарозы из стружки и др.

На большинстве сахарных заводов экстрагирование осуществляют в наклонных диффузионных аппаратах. Их достоинством является возможность подогревания стружки непосредственно в аппарате. Проведение диффузионного процесса в аппаратах такой конструкции сопровождается рядом проблем: неравномерный обогрев сокоотружечной смеси по длине аппарата, что приводит к снижению степени извлечения сахарозы из стружки, а также интенсивному развитию микроорганизмов внутри аппарата. Как следствие, увеличиваются продолжительность процесса и потери сахарозы на станции экстрагирования.

При экстрагировании сахарозы из свекловичной стружки наиболее существенными с точки зрения обеспечения нормальной работы наклонных диффузионных аппаратов, являются структурно-механические свойства свекловичной ткани (упругость, твердость и т.д.). При низких значениях этих показателей из-за слипания стружки и дробления ее происходит увеличение количества брака в сокоотружечной смеси, в результате чего слой стружки уплотняется. Как следствие, уменьшается живое сечение стружечного слоя и затрудняется прохождение экстрагирующей жидкости, что влечет за собой увеличение содержания жома, продолжительности процессов, ухудшение качества получаемого сока вследствие перехода в него сахаров. Максимально эффективное извлечение сахарозы из стружки при высоком качестве диффузионного сока может быть достигнуто при таком режиме диффузионного процесса, когда свекловичная ткань имеет оптимальные показатели прочности, упругости и т.д.

Одно из направлений упрочнения свекловичной ткани при экстракции и ускорения извлечения сахара – химическое воздействие на свекловичную стружку. В качестве такого воздействия можно рассматривать предварительную обработку свекловичной стружки горячими жидкими реагентами (ошпаривание) [2]. В качестве реагентов нами предлагается использовать водные растворы сернокислого глинозема $Al_2(SO_4)_3$ и хлорной извести.

Растворы реагентов в количестве 10 % к массе стружки нагревали до температуры 70 °С и проводили ошпаривание свекловичной стружки нагретым раствором в течение 1 мин. В качестве экстрагента использовали аммиачную воду, которую затем добавляли в количестве 90 % при температуре 70 °С. Диффузию проводили при температуре 70 °С в течение 60 мин [3]. После экстрагирования из сокоотружечной смеси отделяли диффузионный сок, термостатировали его при температуре 20 °С, осуществляли анализ показателей полученного сока (таблица 1). Далее проводили преддефекацию диффузионного сока при температуре 55-60 °С продолжительностью 15 мин с добавлением суспензии сока I сатурации и известкового молока до pH сока 11,0-11,6, затем тепло-горячую основную дефекацию добавлением известкового молока до pH 12,0-12,2 и обрабатывали диоксидом углерода (I сатурация) при температуре 90 °С до pH 11,0-11,2, отделяли осадок. Процесс II сатурации проводили при температуре 95 °С с доведением pH сока до 9,0-9,2. (таблица 2).

Таблица 1

Сравнительная оценка реагентов для предварительной обработки свекловичной стружки

Показатель	Типовая схема	Реагент для обработки	
		Сульфат алюминия	Хлорная известь
Чистота диффузионного сока, %	84,4	85,8	85,6
Массовая доля белков в диффузионном соке, г/100 г сухих веществ	1,1	0,79	0,81
Скорость отстаивания преддефекованного сока, см/мин	2,85	3,20	2,98
Скорость отстаивания сока I сатурации, см/мин	4,0	5,5	5,0
Объем осадка сока I сатурации, %	40	30	35

Т а б л и ц а 2

Показатели сока II сатурации при различных способах подготовки стружки к экстрагированию

Показатели	Типовая диффузия	Реагенты для предварительной обработки свежесколотой стружки	
		Хлорная известь	Сульфат алюминия
Чистота, %	90,2	91,4	91,7
Цветность, усл. ед.	19,1	18,6	17,9
Массовая доля солей кальция, % CaO	0,048	0,045	0,043

Для выбора рациональной концентрации предлагаемых реагентов их растворы с различной концентрацией при температуре 70 °С использовали для предварительной обработки стружки, добавляя в количестве 10 % к массе стружки, выдерживали 1 мин [6]. Далее к пробам добавляли экстрагент при температуре 70 °С в количестве 90 % по массе, проводили диффузию в течение 60 мин при перемешивании (таблицы. 3, 4). В результате анализа установлено, что самые высокие показатели имеет сок, полученный из стружки, обработанной раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, или раствором хлорной извести концентрацией 0,10 %.

Т а б л и ц а 3

Выбор оптимальной концентрации сульфата алюминия

Концентрация сульфата алюминия, %	Показатели диффузионного сока		
	Чистота, %	pH	Массовая доля белков, мг/см ³
0,01	83,6	6,18	0,77
0,05	84,3	6,15	0,48
0,10	83,8	6,12	0,66
Типовая схема диффузии	82,8	6,41	0,86

Т а б л и ц а 4

Выбор оптимальной концентрации хлорной извести

Показатели диффузионного сока	Типовая схема диффузии	Концентрация раствора хлорной извести, %	
		0,10	0,05
Чистота, %	82,3	83,8	82,9
pH	6,3	6,33	6,28
Массовая доля белка, %	0,56	0,39	0,44

Проведены исследования по сравнению эффективности обработки свежесколотой стружки растворами различных солей перед экстрагированием. Использовали растворы $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % (таблица 5, рисунок 1).

Т а б л и ц а 5

Сравнительная оценка способов подготовки стружки к экстрагированию

Показатели	Типовая схема диффузии	Реагенты для предва- рительной обработки	
		Сульфат алюминия, 0,05 % раствор	Хлорная известь, 0,10 % раствор
Диффузионный сок			
Чистота, %	82,5	84,4	83,1
Массовая доля бел- ков, %	0,39	0,32	0,38
Очищенный сок			
Чистота, %	91,2	92,4	91,8
Цветность, усл.ед.	16,0	14,2	15,2
Соли каль- ция, % СаО	0,048	0,033	0,039

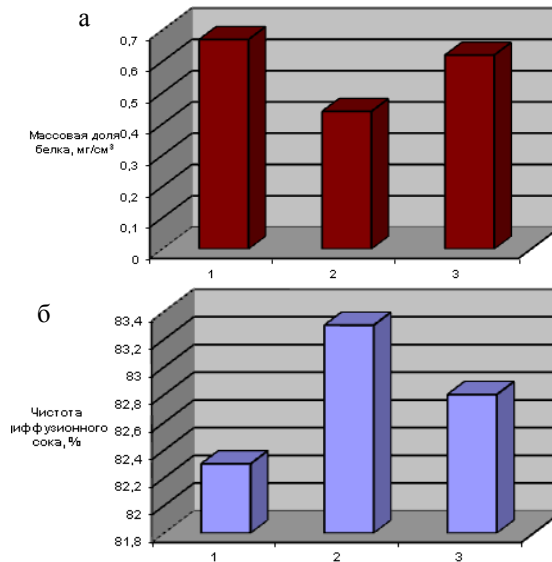


Рисунок 1. Сравнение массовой доли белка (а) и чистоты (б) в диффузионном соке, полученном различными способами: 1 - типовая диффузия; 2 - с предварительной обработкой 0,05 % раствором сульфата алюминия; 3 - с предварительной обработкой 0,10 % раствором хлорной извести

В результате проведенного исследования установлено, что обработка стружки раствором сульфата алюминия с концентрацией 0,05 %, позволяет достичь лучших показателей

по сравнению с раствором хлорной извести с концентрацией 0,10 %.

Тепловая обработка свекловичной стружки растворами солей $Al_2(SO_4)_3$ концентрацией 0,05 % и хлорной извести концентрацией 0,10 % приводит к постепенному равномерному прогреванию свекловичной ткани и денатурации белков, что повышает коэффициент массоотдачи свекловичной ткани, увеличивая ее проницаемость. Омывающий поверхность свекловичной стружки раствор сульфата алюминия снижает растворимость белковых и пектиновых веществ, повышая прочность и упругость свекловичной стружки. Стабилизируется pH среды, что уменьшает переход несахаров из свекловичной стружки в диффузионный сок в процессе экстрагирования сахарозы. Совмещение тепловой и химической обработки позволяет стабилизировать коллоиды

свекловичной ткани и подогреть свекловичную стружку до оптимальной температуры диффузионного процесса 70-72 °С до поступления в диффузионный аппарат, повысить ее структурно-механические свойства.

Использование предварительной тепловой обработки свекловичной стружки позволяет повысить эффективность протекания диффузионного процесса, блокировать переход веществ белково-пектинового комплекса из свекловичной стружки в диффузионный сок, за счет чего их содержание в диффузионном соке снижается; снизить цветность очищенного сока на 15,1 %, содержание солей кальция на 31,3 % в сравнении с типовым способом; повысить чистоту очищенного сока на 1,2 %, что соответствует увеличению выхода сахара-песка на 0,3 %.

REFERENCES

ЛИТЕРАТУРА

1 Голыбин В.А., Фурсов В.М., Зелепукин Ю.И., Кульнева Н.Г. и др. Водное хозяйство сахарных заводов: учеб. пособие. Воронеж: ВГТА, 2009. 124 с.

2 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Шматова А.И., Воронина И.С. Выбор оптимальных параметров предварительной обработки свекловичной стружки перед экстрагированием // Новое в технике и технологии функциональных продуктов питания на основе медико-биологических воззрений: Материалы III Международной научно-технической конференции. Воронеж: ВГУИТ, 2013. С. 340-342.

3 Колесников В. А., Нечаев Ю.Г. Теплосиловое хозяйство сахарных заводов. М.: Пищевая промышленность, 1980. 392 с.

4 Кульнева Н.Г., Журавлев М.В., Авилова Е.В., Воронина И.С. Разработка способа обработки свекловичной стружки перед экстрагированием // Российская наука глазами молодых исследователей: опыт и инновации: Материалы Всероссийской студенческой научно-практической конференции. Мичуринск, 2013. С.134-138.

5 Сапронов А.Р. Технология сахарного производства. М.: Колос, 1999. 495 с.

6 Журавлев М.В. Энергосберегающая технология извлечения сахарозы из свеклы в сахарном производстве // Фундаментальные исследования. 2013. № 11. С. 1582-1587.

1 Golybin V.A., Fursov V.M., Zelepukin Iu.I., Kulneva N.G. et al. Vodnoe khoziaistvo sakharnykh zavodov [Water management of sugar factories]. Voronezh, 2009. 124 p. (In Russ.).

2 Kulneva N.G., Zhuravlev M.V., Shmatova A.I., Voronina I.S. Selection of optimal parameters of preprocessing of beet chips before extraction. Novoe v tekhnike i tekhnologii i funktsional'nykh produktov pitaniia na osnove mediko-biologicheskikh vozzrenii: materialy III mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi [New in engineering and technology of functional foods on the basis of biomedical views: materials of the iii international scientific and technical conference]. Voronezh, VSUET, 2013. pp.340-342. (In Russ.).

3 Kolesnikov V.A., Nechaev Iu.G. Teplosilovoe khoziaistvo sakharnykh zavodov [Heat power of farming sugar refineries]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost', 1980. 392 p. (In Russ.).

4 Kulneva N.G., Zhuravlev M.V., Avilova E.V., Voronina I.S. Development of method of beet chips processing before extraction. Rossiiskaia nauka glazami molodykh issledovatelei: opyt i innovatsii: materialy Vserossiiskoi studencheskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii [Russian science by the eyes of young researchers: experience and innovation: materials of All-Russian student scientific conference]. Michurinsk, 2013. pp. 134-138. (In Russ.).

5 Sapronov A.R. Tekhnologiya sakharnogo proizvodstva [Sugar production technology]. Moscow, Kolos, 1999. 495 p. (In Russ.).

6 Zhuravlev M.V. Energy-saving technology of extraction of sucrose from beet in the sugar production. Fundamental'nye issledovaniia. [Fundamental researches], 2013, no. 11, pp. 1582-1587. (In Russ.).