

**Семенихин С.О., Даишева Н.М., Котляревская Н.И., Усманов М.М.  
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ ПОДГОТОВКИ  
ЭКСТРАГЕНТА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
ОБЕССАХАРЕННОЙ СВЕКЛОВИЧНОЙ СТРУЖКИ**

Семенихин Семен Олегович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов

Краснодарский НИИ хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ)

E-mail: [semenikhin\\_s\\_o@mail.ru](mailto:semenikhin_s_o@mail.ru)

Даишева Наиля Мидхатовна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

E-mail: [daisheva\\_n\\_m@mail.ru](mailto:daisheva_n_m@mail.ru)

Котляревская Наталья Ивановна, научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиала ФГБНУ СКФНЦСВВ

E-mail: [kotlyarevskaya\\_n\\_i@mail.ru](mailto:kotlyarevskaya_n_i@mail.ru)

Усманов Мирсабир Миразалович, научный сотрудник отдела технологии сахара и сахаристых продуктов КНИИХП – филиал ФГБНУ СКФНЦСВВ

E-mail: [usmanov\\_m\\_m@mail.ru](mailto:usmanov_m_m@mail.ru)

*Процесс диффузионного обессахаривания свекловичной стружки, с точки зрения обеспечения стабильности режима его проведения, в большей степени предопределяется физико-химическими свойствами свекловичной стружки, обычно не контролируемые производственными лабораториями предприятий. В статье рассмотрены основные критерии, необходимые для достижения высоких физико-химических свойств свекловичной стружки, способствующих поддержанию оптимального гидродинамического режима в диффузионном аппарате. Описан метод проведения лабораторных исследований величины деформации, косвенно характеризующей модуль упругости обессахаренной свекловичной стружки, при трех наиболее распространенных в промышленности способах подготовки экстрагента, а именно: сульфитацией, подкислением серной кислотой и добавлением суспензии гипса. Приведены графические зависимости величины деформации сжатием с течением времени при различных величинах создаваемого давления. Дана характеристика способов подготовки экстрагента с точки зрения их влияния на физико-химические свойства обессахаренной свекловичной стружки. Установлено, что три, наиболее применяемые в промышленности, способа подготовки экстрагента не оказывают негативного влияния на диффузионный процесс, тем не менее, сульфитация экстрагента способствует большей деформационной способности обессахаренной свекловичной стружки – на 6,3 % (относительных), ввиду чего последующее ее прессование будет более эффективным, по сравнению с другими способами подготовки экстрагента.*

**Ключевые слова:** диффузионный процесс, обессахаренная свекловичная стружка, сульфитация, серная кислота, гипс.

**Для цитирования:** Семенихин С.О., Даишева Н.М., Котляревская Н.И., Усманов М.М. Исследование влияния способов подготовки экстрагента на физико-химические свойства обессахаренной свекловичной стружки // Новые технологии. 2019. Вып. 1(47). С. 162-170. DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10116

**Semenikhin S.O., Daisheva N.M., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M.  
RESEARCH OF THE IMPACT OF THE METHODS OF EXTRAGENT  
PREPARATION ON PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES  
OF EXHAUSTED BEET SLICES**

Semenikhin Semeon Olegovich, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Sugar and Sugary Products Technology Krasnodar SRI for Storage and Processing of Agricultural Products - a branch of FSBSI «The North Caucasus Federal Research Center for Horticulture, Viticulture, and Wine-Making» (KSRICHI - a branch of FSBSI NCFSCGHV)

E-mail: [semenikhin\\_s\\_o@mail.ru](mailto:semenikhin_s_o@mail.ru)

Daisheva Nailya Midkhatovna, Candidate of Technical Sciences, a senior researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products KSRICHI - a branch of FSBSI NCFSCGHV

E-mail: [daisheva\\_n\\_m@mail.ru](mailto:daisheva_n_m@mail.ru)

Kotlyarevskaya Natalya Ivanovna, a researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products KSRICHI - a branch of FSBSI NCFSCGHV

E-mail: [kotlyarevskaya\\_n\\_i@mail.ru](mailto:kotlyarevskaya_n_i@mail.ru)

Usmanov Mirsabir Mirabzalovich, a researcher of the Department of Technology of Sugar and Sugary Products KSRICHI - a branch of FSBSI NCFSCGHV

E-mail: [usmanov\\_m\\_m@mail.ru](mailto:usmanov_m_m@mail.ru)

*From the point of view of ensuring the stability of the mode of its conduct, the process of diffusion desugarization of beet slices, is largely determined by physical and chemical properties of beet slices, which are usually not controlled by production laboratories of enterprises. The article considers the main criteria necessary to achieve high physical and chemical properties of beet slices, which help to maintain the optimal hydrodynamic regime in a diffusion apparatus.*

*A method is described for conducting laboratory studies of the amount of deformation, which indirectly characterizes the elastic modulus of sugar-free beet slices, with the three most widely used methods for preparing the extragent, namely sulfitation, acidification with sulfuric acid and addition of a gypsum slurry. Graphic dependences of the magnitude of the deformation by compression over time at various values of the generated pressure are given. The characteristic of the methods of extragent preparation is given from the point of view of their influence on physical and chemical properties of sugar-free beet slices.*

*It has been established that the three most widely used in the industry methods of extragent preparing do not adversely affect the diffusion process, however, the sulfation of the extragent contributes to a greater deformation capacity of sugar-free beet slices - by 6.3% (of*

*relative), therefore its subsequent pressing will be more effective compared to other methods of extragent preparation.*

**Key words:** *diffusion process, exhausted beet slices, sulfitation, sulfuric acid, gypsum.*

**For citation:** Semenikhin S.O., Daisheva N.M., Kotlyarevskaya N.I., Usmanov M.M. Research of the impact of the methods of extragent preparation on physical and chemical properties of exhausted beet slices // *Novye tehnologii (Majkop)*. 2019. Iss. 1(47). P. 162-170. (In Russ., English abstract). DOI: 10.24411/2072-0920-2019-10116

Диффузионный процесс – один из важнейших при переработке сахарной свеклы, все элементы его проведения должны быть направлены на достижение высоких показателей выхода сахара и его качества. От результатов процесса экстрагирования сахарозы из свекловичной стружки в значительной степени зависят потери сахара в жоме, а также работа последующих отделений завода и эффективность производства в целом [1].

Успешная работа современных диффузионных установок во многом зависит от совершенства схем подготовки экстрагента, поэтому большое количество исследований посвящено этой проблеме.

Решающая роль в процессе извлечения сахарозы принадлежит не только качеству экстрагента, а именно, соблюдению оптимальных параметров для эффективного извлечения сахарозы, но, также, и стабильности технологического режима при проведении самого процесса.

Одним из основных условий успешного проведения экстракции сахарозы является качественное изрезывание свеклы. При некачественно проведенной резке корнеплодов сахарной свеклы стружка имеет значительные механические поверхностные повреждения, способствующие в большей степени переходу в диффузионный сок различных несахаров (в основном целлюлозы, гемицеллюлозы и пектиновых веществ), что значительно снижает качество диффузионного сока. Качество изрезывания зависит в основном от заточки ножей, а также от количества примесей, сорта свеклы и условий ее выращивания, поэтому контролировать его регулировкой технологического режима не представляется возможным.

Тем не менее, при переработке сахарной свеклы с высоким качеством получение технологичной свекловичной стружки, то есть с оптимальными, в зависимости от конструкции диффузионного аппарата, длиной 100 граммов и формой резки, «шведским» фактором выше 10 единиц, а также малым процентом брака, еще не является гарантией получения качественного диффузионного сока.

Высокое качество диффузионного сока, при соблюдении вышеуказанных показателей в оптимальных диапазонах, может быть достигнуто только в том случае, когда свекловичная ткань в процессе ее диффузионного обессахаривания имеет оптимальные физико-химические свойства.

Одним из показателей, характеризующих физико-химические свойства свекловичной ткани, является модуль упругости. Свекловичная стружка с высоким модулем упругости при деформации стремится к сохранению своей изначальной формы, полученной в результате изрезывания, тем самым обеспечивая равномерность извлечения сахарозы по всей длине аппарата и способствуя соблюдению в нем оптимального гидродинамического режима, при котором отсутствуют застойные зоны, зоны обратной

диффузии и «пробки». В то же время, высокий модуль упругости препятствует эффективному прессованию жома, ввиду чего снижается количество жомопрессовой воды, являющейся возобновляемым водным ресурсом и в настоящее время применяемой как компонент экстрагента, а также снижается концентрация сухих веществ в прессованном жоме, что в дальнейшем потребует большего количества топлива на высушивание жома [2]. Косвенным показателем модуля упругости свекловичной стружки является величина ее деформации при сжатии.

Целью работы являлось проведение сравнительной оценки величины деформации свекловичной стружки при различных способах подготовки экстрагента, применяемых в промышленности.

Подготовка экстрагента для диффузионного процесса предполагает использование такого химического реагента, который бы способствовал снижению рН, повышению прочности свекловичной ткани в процессе экстрагирования, предотвращению инвертирования сахарозы и коррозии металла и, в то же время, мог бы быть полностью удален из диффузионного сока на стадии очистки [3].

На сегодняшний день наиболее распространенными в свеклосахарной промышленности России способами подготовки экстрагента являются три – сульфитация, подкисление серной кислотой и добавление в экстрагент гипса [4].

В ходе сульфитационной обработки получаемый в результате сжигания технической серы сернистый ангидрид при контакте с экстрагентом образует в нем сернистую кислоту, являющуюся эффективным антисептиком и восстановителем. Она восстанавливает вещества, являющиеся непердельными соединениями, и превращает их в бесцветные соединения. Ввиду этого, сульфитация применяется на заводах не только на стадии подготовки экстрагента, но также и для обработки сока перед выпариванием и сиропа перед увариванием. Раствор при этом не очищается, так как обесцвеченные вещества остаются в растворе. Видимая эффективность обесцвечивания сахарных растворов диоксидом серы составляет не более 30 %, а истинная эффективность обесцвечивания за счет восстановления непердельных соединений только 8-10 %.

Другим способом, получившим распространение в промышленности, является подкисление серной кислотой ввиду простоты его осуществления. Однако, в отличие от сернистой кислоты серная является окислителем, что, в свою очередь, лишает ее эффекта обесцвечивания, а также вызывает негативный эффект – коррозию металлических поверхностей оборудования.

Третьим способом обработки экстрагента, способствующим повышению упругости свекловичной стружки, является добавление в него гипса. Известно, что ионы двух- и трехвалентных металлов способствуют укреплению ткани, делая ее более упругой, так как встраиваются в целлюлозную решетку [5]. Приготовление суспензии гипса проводится в заводских условиях путем добавления в известковое молоко раствора технической серной кислоты. Однако, зачастую на предприятиях добавляют в экстрагент природный гипс, обладающий низкой реакционной способностью и не оказывающий никакого влияния на свекловичную стружку, вводя в заблуждение инженерно-технический персонал, так как повышение содержание сухих веществ в прессованном жоме наблюдается на величину сухих веществ, привнесенных с гипсом.

Для экспериментальной проверки эффективности применяемых в промышленности способов подготовки экстрагента для обессахаривания свекловичной стружки в лабораторных условиях была выполнена серия исследований.

Отобранные для исследований образцы корнеплодов сахарной свеклы измельчали в стружку с последующей ее сортировкой – отбором для получения значения «шведского» фактора выше 10 единиц.

После сортировки стружку делили на три равные части и помещали в диффузоры. Параллельно готовили три образца экстрагента для диффузионного процесса различными способами, но до одинаковой реакции среды – до значения рН 5,2-5,5 с температурой 70-72<sup>0</sup>С. Первый образец представлял собой сульфитированную воду, второй образец – воду, подкисленную серной кислотой, а третий – воду с содержанием свежеприготовленного гипса в количестве 3% к массе свекловичной стружки. Такой интервал значений рН обусловлен тем, что минимальная интенсивность образования гидратопектина наблюдается в интервале рН<sub>20</sub> 5,5-6,0, а при температуре экстрагента 64-65<sup>0</sup>С минимальному переходу протопектина в водорастворимые гидратные формы соответствуют значения рН 5,2-5,8.

Диффузоры помещали в водяную баню с температурой 72-74<sup>0</sup>С и проводили диффузионный процесс в течение 30 минут. После этого полученный диффузионный сок сливали и снова обрабатывали стружку экстрагентом в течение 30 минут. Гидро модуль при проведении 1 часа диффузии равен 1.

После окончания обессахаривания стружки жом помещали на фильтровальную бумагу для удаления поверхностной влаги и охлаждения исследуемых образцов до температуры 20-25<sup>0</sup>С.

После достижения всеми тремя образцами одинаковой температуры проводили серию экспериментов по деформации свекловичного жома сжатием при различных давлениях.

В первой серии экспериментов проводили прессование навески жома массой 25 г при давлении 0,13 кгс/см<sup>2</sup> в течение 10 минут. Контролировали величину упругой деформации каждые 20 секунд с 0 по 5<sup>ю</sup> минуту эксперимента и каждые 60 секунд с 6<sup>й</sup> по 10<sup>ю</sup> минуту. Графическая зависимость упругой деформации навески жома от способа обработки стружки с течением времени при давлении 0,13 кгс/см<sup>2</sup> представлена на рисунке 1.

Из представленных данных следует, что в большей степени деформируется жом после обработки стружки сульфитированным экстрагентом – на 19,29 %. Следует отметить, что жом после обработки экстрагентом со свежеприготовленным гипсом с течением времени начинает деформироваться сильнее (18,84 %), однако не так эффективно как жом после обработки сульфитированным экстрагентом. Менее всех деформировался жом после обработки серной кислотой – 18,07 %. Однако разница в величине деформации у всех трех образцов не является ярко выраженной – 2,3 % и 6,3 % (относительных).

Во второй серии экспериментов проводили прессование навески жома массой 25 г, однако, давление увеличили до 0,16 кгс/см<sup>2</sup>, а время деформации до 15 минут. Контролировали величину упругой деформации каждые 20 секунд с 0 по 5<sup>ю</sup> минуту эксперимента и каждые 60 секунд с 6<sup>й</sup> по 15<sup>ю</sup> минуту. Графическая зависимость упругой

деформации навески жома от способа обработки стружки при давлении  $0,16 \text{ кгс/см}^2$  с течением времени представлена на рисунке 2.

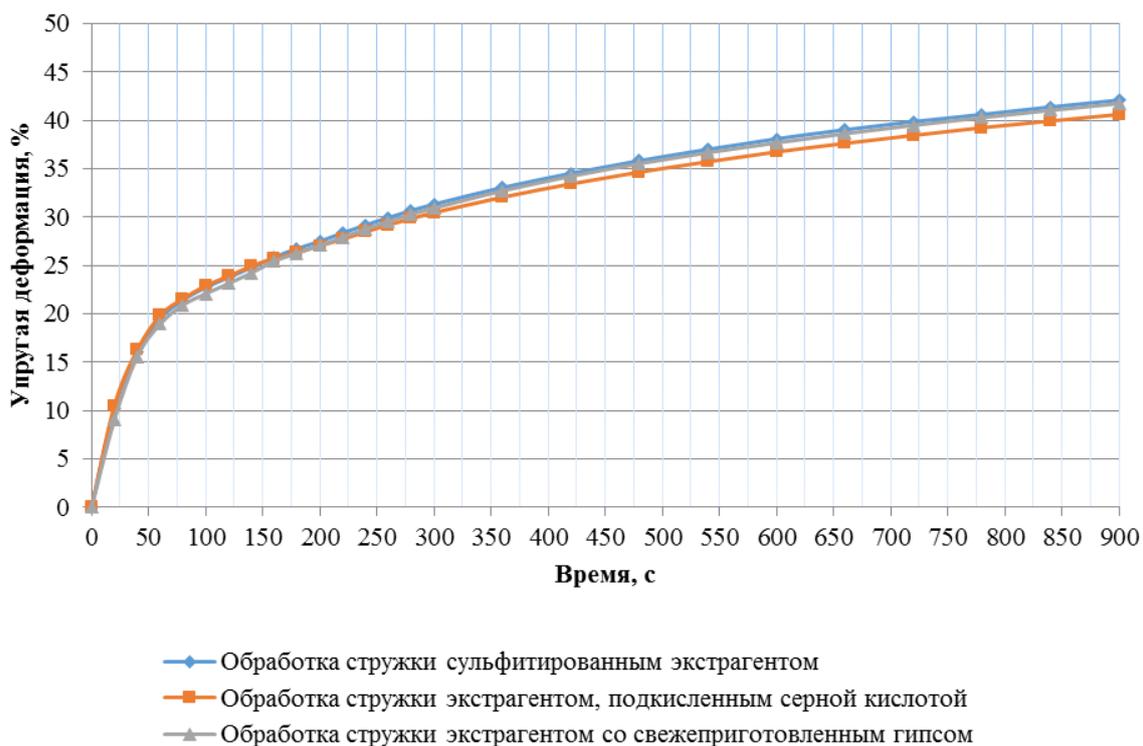


Рис. 1. Упругая деформация навески жома при давлении  $0,13 \text{ кгс/см}^2$  с течением времени

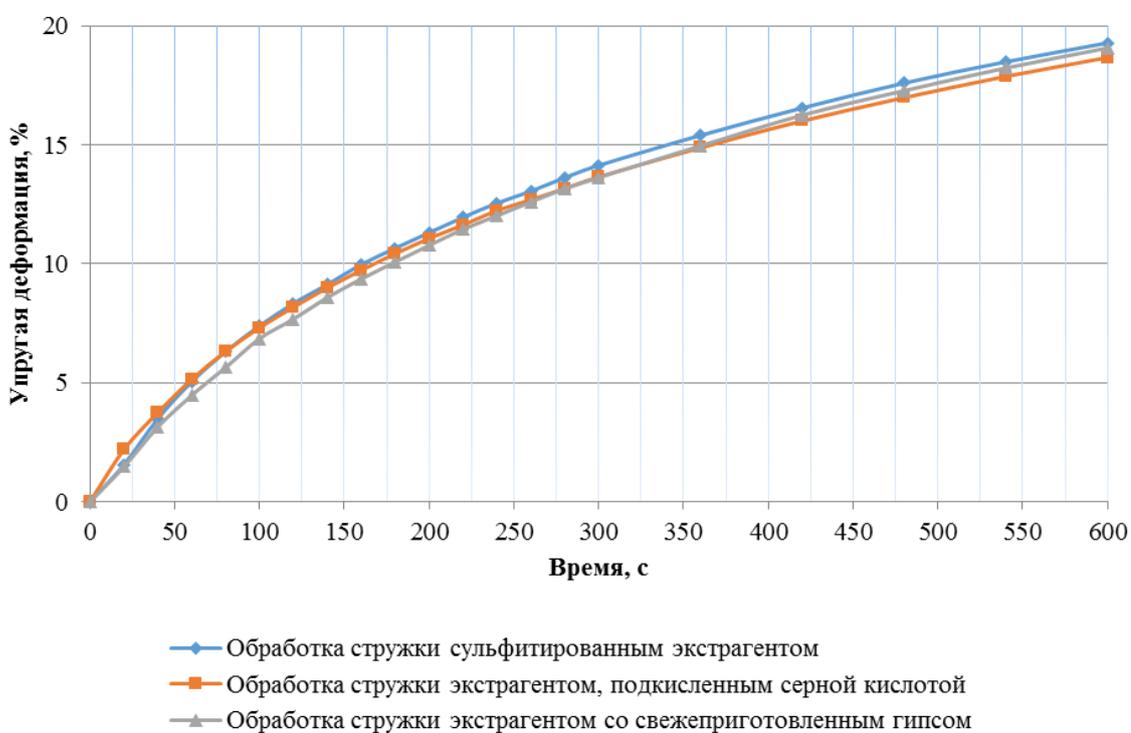


Рис. 2. Упругая деформация навески жома при давлении  $0,16 \text{ кгс/см}^2$  с течением времени

Представленные данные подтверждают тенденцию первой серии экспериментов. Также как и в предыдущей серии экспериментов, в большей степени деформируется жом после обработки стружки сульфитированным экстрагентом – 42,1 %, затем жом после обработки стружки экстрагентом со свежеприготовленным гипсом – 41,75 %, и в меньшей

степени деформируется жом, полученный с использованием подкисленного серной кислотой экстрагента – 40,62 %.

Полученные результаты исследований упругой деформации свекловичной стружки сжатием не позволяют однозначно определить, какой из способов является наиболее эффективным, с точки зрения физико-химических свойств свекловичной ткани, так как величина деформации во всех случаях примерно одинаковая и отличается не более чем на 6,3 % (относительных) при различных создаваемых давлениях.

Тем не менее, с точки зрения обеспечения оптимального гидродинамического режима в диффузионном аппарате все вышеуказанные способы будут эффективны при переработке сахарной свеклы с высоким технологическим качеством. Однако, как уже упоминалось ранее, больший модуль упругости приводит к меньшей степени прессования, ввиду чего, сульфитационная обработка экстрагента является несколько более предпочтительным способом подготовки экстрагента.

#### ***Литература:***

1. Сапронов А.Р., Сапронова Л.А., Ермолаев С.В. Технология сахара. Санкт-Петербург: Профессия, 2013. 296 с.

2. Факторы, влияющие на эффективность прессования свекловичного жома / Городецкий В.О. [и др.] // Научные труды Кубанского государственного технологического университета. 2018. №4. С. 10-16.

3. Современные технологии и оборудование свеклосахарного производства / В.О. Штангеев [и др.]. Киев: Цукор України, 2003. 352 с.

4. Городецкий В.О., Семенихин С.О., Котляревская Н.И. Особенности технологических схем подготовки экстрагента диффузионного процесса свеклосахарного производства // Научные труды государственного научного учреждения Северо-Кавказского зонального научно-исследовательского института садоводства и виноградарства российской академии сельскохозяйственных наук. 2018. №20. С. 51-56.

5. Семенихин С.О., Городецкий В.О. Влияние кальцийсодержащих реагентов на физико-механические свойства свекловичной стружки, жома и качество диффузионного сока // Наука Кубани. 2015. №1. С. 32-38.

#### ***Literature:***

1. Sapronov A.R., Sapronova L.A., Ermolaev S.V. Sugar technology. St. Petersburg: Profession, 2013. 296 p.

2. Factors affecting the efficiency of beet pulp pressing / Gorodetsky V.O. [et al.] // Scientific works of Kuban State Technological University. 2018. No. 4. P. 10-16.

3. Modern technologies and equipment of sugar beet production / V.O. Stangeev [et al.]. Kiev: Tsukor Ukraini, 2003. 352 p.

4. Gorodetsky V.O., Semenikhin S.O., Kotlyarevskaya N.I. Features of technological schemes for the preparation of the extragent of the diffusion process of sugar beet production // Scientific works of the State scientific institution of the North Caucasus Zonal Scientific Research Institute of Horticulture and Viticulture of the Russian Academy of Agricultural Sciences. 2018. No. 20. P. 51-56.

5. Semenikhin S.O., Gorodetsky V.O. Influence of calcium-containing reagents on physical and mechanical properties of beet slices, pulp and quality of diffusion juice // Science of Kuban. 2015. No. 1. P. 32-38.