

Ю. Н. Погорелова, ст. преподаватель; Ж. В. Бондаренко, доцент

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕКЛОВИЧНОГО ЖОМА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

New directions of use beet press in Byelorussia are considered. It is shown, that by bioconversion by way solidphases fermentations with application of association mushrooms *Aspergillus sp.* ТБ 03 and *Trihoderna viride* it is possible to receive the carbohydrates-albuminous fodder additive with the contents of a crude protein up to 19%. Process of reception of pectin is investigated and parameters of its carrying out: temperature 70°C, pH 1,0–1,1, a sulfuric acid in quality extractions agent are established. An output of pectin from raw material up to 20–26%, a degree esterification up to 55% is shown.

**Введение.** Пищевая промышленность Республики Беларусь перерабатывает многокомпонентное сырье сельскохозяйственного происхождения с целью извлечения из него, как правило, одного основного компонента – сахара из сахарной свеклы, крахмала из картофеля, растительного масла из рапса и др. При этом сырье используется на 15–30%, а остальная его часть переходит в отходы, которые являются вторичными сырьевыми ресурсами, поскольку содержат значительные количества ценных веществ – витаминов, клетчатки, белка, микроэлементов и др. Однако содержание сухих веществ в таких отходах (вторичных ресурсах) составляет 5–10%, они нестойкие при хранении, быстро закисают, сбраживаются, теряя ценные компоненты и загрязняя окружающую среду. Хранение их в таком состоянии возможно без потерь только в течение нескольких суток. Поэтому возникает необходимость в повышении степени переработки сырья за счет более полного извлечения из него всех полезных компонентов и применения отходов.

В современных условиях одним из путей интенсификации пищевой промышленности является внедрение новых мало- и безотходных технологий и производств. Это предполагает не только повышение степени и полноты переработки сельскохозяйственного сырья с более полным извлечением из него полезных компонентов, но и вовлечение в народнохозяйственный оборот отходов производства с целью дополнительного получения из них товарной продукции.

Вовлечение в оборот вторичного сырья может осуществляться по следующим основным направлениям:

- выработка дополнительной продукции пищевого, кормового и технического назначения;
- использование в виде кормов, а также в качестве удобрений;
- применение в качестве сырья для получения компонентов, используемых в химической, фармацевтической, косметической и других отраслях промышленности.

К вторичным сырьевым ресурсам можно отнести свекловичный жом, образующийся в значительном количестве (70–90% от массы свеклы) при получении сахара. В состав жома

входят (% к общей массе): пектиновые вещества – 48–50, целлюлоза – 22–25, гемицеллюлозы – 21–23, азотистые вещества – 1,8–2,5, зола – 0,8–1,3, сахара – 0,15–0,20, а также витамины (В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>6</sub>, С и др.), ферменты, небольшие количества жира и фитостероидов, микроэлементов [1]. Из данных можно сделать вывод, что свекловичный жом является ценным источником микроэлементов, аминокислот и белков и вследствие этого может считаться одним из основных компонентов кормов, используемых в животноводстве. Свекловичный жом относится к наиболее перспективному сырью для получения низкоэтерифицированного пектина, т. е. пектина со степенью этерификации менее 50%. Низкоэтерифицированный пектин находит широкое применение в медицине, фармакологии, кондитерской промышленности.

В настоящее время промышленность ориентирована на использование свекловичного жома в основном в непереработанном виде. Однако это приводит к потере имеющихся в нем питательных веществ (до 40%). Кроме того, избыточное содержание воды в жоме затрудняет и удорожает его транспортировку.

Наиболее эффективным способом сохранения питательной ценности жома является его сушка до влажности 10–12%. Поэтому в республике на Слуцком сахарорафинадном и Скидельском сахарном комбинатах создано производство сухого свекловичного жома. Это позволяет предприятиям увеличить объем переработки сахарной свеклы, срок хранения жома для обеспечения сухим продуктом хозяйств республики, возможна и организация экспорта жома. Однако при сушке жома для получения одной кормовой единицы необходимо затратить около 0,6–1,0 кг условного топлива [2]. Также во время продолжительной сушки сахар, белки, витамины жома частично разрушаются.

Для сохранения и увеличения кормовой ценности свекловичного жома его подвергают различным технологическим приемам – силосованию, гранулированию, обогащению заменителями протеина. За рубежом активно ведутся разработки по комплексному использованию сырья и безотходной переработке образующихся вторичных ресурсов с применением

микробиологической биотрансформации сырья, главным образом в направлении обогащения его белком, синтезируемым бактериями, дрожжами или грибами в целях получения кормов и кормовых добавок. В странах СНГ к инновационным направлениям относят разработку и внедрение технологий, направленных на получение из свекловичного жома осветленных свекловичных волокон, биологически активных добавок, пектина и других продуктов.

**Основная часть.** Целью работы являлось исследование процесса биоконверсии субстратов на основе свекловичного жома с получением углеводно-белковой кормовой добавки, а также исследование процесса получения пектина из свекловичного жома.

Имеются рекомендации и опыт получения белковых кормовых препаратов на основе отходов пищевой промышленности (клеточный сок картофеля, картофельная мезга, свекловичный жом) методом глубинной ферментации с помощью мицелиальных грибов родов *Penicillium*, *Gliocladium*, *Aspergillus* [3]. Однако получение белковых продуктов данным способом требует стадии отделения образовавшейся биомассы от жидкой среды путем фильтрации или сепарации, что в некоторой степени усложняет технологию, и, кроме того, требует утилизации образующихся сточных вод. Избежать этих сложностей можно путем твердофазной ферментации, которая позволяет обогатить растительный субстрат белком под действием микроорганизмов или ферментных препаратов для повышения его перевариваемости и питательной ценности.

Свекловичный жом, применяемый в качестве субстрата для твердофазной ферментации, имел химический состав, представленный в табл. 1.

Таблица 1

**Химический состав свекловичного жома**

Наименование компонентов	Содержание компонентов, % от абсолютно сухого сырья
Легкогидролизуемые полисахариды	19,1
Клетчатка	21,3
Истинный белок	3,7
Сырой протеин	4,9
Зольные вещества	3,5

Из приведенных данных следует, что по своему составу свекловичный жом может быть использован в качестве субстрата для биоконверсии, так как содержит значительное количество полисахаридов и азотистых веществ.

При осуществлении твердофазной ферментации важное значение имеют способы предварительной обработки субстрата и виды применяемых культур. Подбор культур осуществляли на основе имеющихся литературных данных

о составе их биомассы, о способности вырабатывать ферменты, наиболее полно деградирующие компоненты субстрата.

Из литературных данных [4] известно, что процесс твердофазной ферментации длится в основном 4–7 сут в зависимости от вида субстрата. Поэтому на предварительном этапе исследовался процесс биоконверсии свекловичного жома культурой *Aspergillus sp.* ТБ 03, выделенной из верхового торфа [5], в течение 5 сут.

Показатели биоконверсии свекловичного жома представлены в табл. 2.

Таблица 2

**Показатели биоконверсии свекловичного жома мицелиальными грибами *Aspergillus sp.* ТБ 03**

Продолжительность ферментации, ч	Содержание сырого протеина, % от массы абсолютно сухого субстрата
Исходная навеска	4,9
24	10,4
72	15,6
96	16,4
120	17,0

Как видно из приведенных результатов, после 2 сут ферментации наблюдается увеличение содержания белка в субстрате. В этот период завершается лаг-фаза роста культур и начинается фаза ускоренного роста. Наибольшее накопление белка достигается на 3–4 сут процесса. Учитывая, что содержание белка после 4 и 5 сут культивирования отличается незначительно, а дальнейшее увеличение продолжительности процесса нецелесообразно с технологической точки зрения, рекомендуется проводить процесс биоконверсии жома с использованием монокультуры *Aspergillus sp.* ТБ 03 в течение 3 сут.

Была изучена также биоконверсия свекловичного жома различными монокультурами мицелиальных грибов и ассоциациями культур на протяжении 3 сут.

Полученные экспериментальные данные представлены в табл. 3.

Из приведенных в табл. 3 данных можно сделать вывод, что большее содержание сырого протеина в конечном продукте получено при использовании для биоконверсии свекловичного жома микромицетов *Aspergillus sp.* ТБ 03, а также ассоциации микромицетов *Aspergillus sp.* ТБ 03 и *Trihododerma viride*. Оно составило 17,0 и 19,2% соответственно. Эти результаты можно считать достаточно удовлетворительными, так как они сопоставимы с данными, полученными при твердофазной ферментации других видов растительного сырья мицелиальными грибами. В частности, при использовании

стержней кукурузных початков в процессе твердофазной ферментации мицелиальными грибами содержание сырого протеина в конечном продукте составляет 10,0–14,5%, а при использовании соломы, в зависимости от способа предварительной обработки, – 9,5–17,6% [6].

Таблица 3

**Показатели процесса биоконверсии  
свекловичного жома монокультурами  
и ассоциациями мицелиальных грибов**

Используемые культуры грибов	Содержание сырого протеина, % от массы абсолютно сухого субстрата
<i>Trihoderna viride</i>	9,4
<i>Penicillium notatum</i>	11,3
<i>Aspergillus niger</i>	13,4
<i>Aspergillus sp.</i> ТБ 03	17,0
<i>Trihoderna viride</i> , <i>Aspergillus niger</i>	16,1
<i>Penicillium notatum</i> , <i>Aspergillus niger</i>	10,4
<i>Trihoderna viride</i> , <i>Aspergillus sp.</i> ТБ 03	19,2

Одними из компонентов свекловичного жома, содержащихся в нем в значительном количестве (до 50%), являются пектиновые вещества. Они в больших количествах присутствуют также в корзинках подсолнечника, выжимках цитрусовых, яблочных выжимках, а также картофельных волокнах. Критерием оценки промышленной значимости сырья для получения пектина является содержание галактуроновой кислоты, которой больше содержится в корзинках подсолнечника и выжимках цитрусовых. Однако климатические условия не позволяют выращивать эти культуры на территории Беларуси. В качестве промышленного пектинсодержащего сырья в республике целесообразно использовать свекловичный жом, являющийся отходом сахарного производства.

Пектины – широко применяемые в промышленности природные соединения. В качестве универсальных, натуральныхжелирующих и стабилизирующих средств пектины используются при производстве многих продуктов, прежде всего в пищевой, фармацевтической, косметической, а также и в других отраслях промышленности. Мировое производство пектина в настоящее время составляет около 80 тыс. т в год.

Крупнейшими производителями пектина являются фирмы Hercules Inc. (США), Herbstreith und Fox KG (Германия), Grill & Grossman (Австрия), Copenhagen pectin fabric (Дания), Pectowin (Польша).

Однако, несмотря на достаточно обширную сферу использования пектинов, крупномасштабное производство данных продуктов

в странах СНГ в настоящее время отсутствует. Существовавшие ранее производства вследствие экономической нестабильности, большой энергоемкости были закрыты. Связано это, вероятно, и с неправильным планированием мощностей этих предприятий.

В связи с изменением рационов питания и развитием производства низкокалорийных продуктов в последние годы возникла необходимость широкого применения пектинов в пищевых технологиях, поскольку пектины относятся к биологически активным веществам, не имеющим пищевой и энергетической ценности. Отсутствие отечественного производства пектинов приводит к закупке их за рубежом, что ставит предприятия республики в зависимость от импортеров. Этим объясняется актуальность данного направления исследований.

В лабораторных условиях было изучено влияние вида экстрагента и температуры процесса на выход пектина из свекловичного жома, а также на его основные показатели качества. В ходе эксперимента изменяли температуру стадии «гидролиз – экстракция» свекловичного жома в диапазоне 60–95°C, в качестве экстрагента использовали соляную и серную кислоты, которые добавляли до рН среды 1,0–1,1.

Исследования показали (табл. 4), что наибольший выход пектина – около 25% от массы исходного сырья – достигается в случае использования соляной кислоты при температуре процесса 70°C. Дальнейшее повышение температуры процесса приводит к снижению выхода пектина более чем в 2 раза. При использовании серной кислоты максимальный выход пектина достигается также при температуре 70°C, но он ниже на 4–7%. При последующем увеличении температуры при использовании и серной и соляной кислот выход пектина значительно снижается. Объясняется это, вероятно, различной активностью применяемых кислот. Возможно, это связано и с большим количеством веществ, перешедших в раствор, и их влиянием на диффузионные процессы.

Для качественного анализа полученного пектина были определены степень его этерификации и содержание чистого пектина (галактуроновой кислоты).

Полученные данные представлены в табл. 4.

Из представленных данных видно, что при использовании серной кислоты и температуре процесса 60–70°C степень этерификации пектина составляет 58–63%. Такое значение является характерным для пектина, полученного из свекловичного жома [7]. С увеличением температуры процесса до 90°C степень этерификации пектина уменьшается. Это объясняется тем, что повышение температуры приводит к более интенсивному гидролизу высокоэтерифицированной пектовой кислоты.

**Влияние температуры процесса и вида экстрагента на выход пектина, степень его этерификации и содержание галактуроновой кислоты**

Температура процесса, °С	Выход пектина, % от исходного сырья	Степень этерификации пектина, %	Содержание галактуроновой кислоты, %
Соляная кислота			
60	11,84	59,98	47,34
70	24,93	56,30	36,03
80	10,33	48,48	29,06
90	5,87	40,04	22,74
Серная кислота			
60	17,92	63,81	44,80
70	21,01	57,84	39,85
80	14,75	47,06	15,40
90	3,93	42,38	14,51

При использовании соляной кислоты содержание галактуроновой кислоты в образцах пектина несколько выше, чем при использовании серной. Повышение температуры процесса от 60 до 90°С приводит к снижению выхода чистого пектина – от 47 до 22% при использовании соляной от 44 до 14% при использовании серной кислот. Это можно объяснить ускорением деструкции полигалактуроновой кислоты при увеличении температуры процесса.

Анализ полученных экспериментальных данных позволил сделать вывод, что для получения пектина из свекловичного жома можно использовать соляную и серную кислоты. Процесс необходимо осуществлять при температуре 70°С и рН 1,0–1,1. При этом выход пектина от исходного сырья превышает 20%, содержание в нем галактуроновой кислоты составляет более 30%, а степень этерификации – около 55%.

**Заключение.** Полученные результаты свидетельствуют о том, что образующийся отход сахарного производства – свекловичный жом – можно подвергать биоконверсии, что позволяет получать углеводно-белковую кормовую добавку, а также применять для получения свекловичного пектина. Это повысит эффективность сахароперерабатывающих предприятий пищевой промышленности Республики Беларусь за счет более полного использования сахарной свеклы путем вовлечения в оборот от-

хода производства с целью получения из него товарной продукции.

### Литература

1. Демина, Н. В. Возможность использования вторичных сырьевых ресурсов свеклосахарного производства для дальнейшей переработки / Н. В. Демина, Л. В. Донченко, С. Е. Ковалева // Научный журнал Кубанского ГАУ. – 2006. – № 2. – С. 58–62.
2. Колесников, Н. В. Хранение и использование свекловичного жома / Н. В. Колесников. – М.: Россельхозиздат, 1980. – 155 с.
3. Белковые кормовые добавки грибного происхождения из отходов растительного сырья / Министерство сельского хозяйства БССР, Институт микробиологии АН БССР. – Минск, 1980. – 36 с.
4. Микробный синтез на основе целлюлозы: белок и другие ценные продукты / А. Г. Лобанок [и др.]; под ред. А. Г. Лобанка. – Минск: Наука и техника, 1988. – 261 с.
5. Погорелова, Ю. Н. Выделение и характеристика микромицетов, способных к биоконверсии верхового торфа / Ю. Н. Погорелова, Н. А. Белясова, В. С. Болтовский // Материалы. Технологии. Инструменты. – 2005. – Т. 10, № 4. – С. 80–82.
6. Бакай, С. М. Биотехнология обогащения кормов мицелиальным белком / С. М. Бакай. – Киев: Урожай, 1987. – 168 с.
7. Донченко, Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М.: ДеЛи принт, 2007. – 276 с.