

Производство ферментированных кормов из свекловичного жома

В.М. ТКАЧЕНКО,

генеральный директор ООО «Промышленно-производственная система»

В связи с интенсификацией, современное животноводство нуждается в расширении традиционной кормовой базы. Внедрение инновационных технологий в производство животноводческой продукции должно сопровождаться опережающим ростом кормовой базы, обеспечивающей высококачественными энергетическими и белковыми кормами животноводческие фермы и комплексы. Одним из источников пополнения кормовой базы является свекловичный жом.

Производство сушеного жома в России возрастает с каждым годом. По оценкам Института конъюнктуры аграрного рынка (ИКАР), потенциальный рынок сбыта свекловичного жома для имеющегося поголовья животных в стране составляет 9 млн т в год. В связи с мировым ростом цен на зерновые культуры, актуальность использования малоценного растительного сырья, в частности свекловичного жома, в кормлении сельскохозяйственных животных и птицы будет возрастать и в дальнейшем.

Свекловичный жом представляет собой стружку толщиной не более 2 мм, влажностью около 70%, из которой диффузионным способом извлечено основное количество сахара. Свежий жом не подлежит длительному хранению, поэтому для хранения и транспортировки его высушивают и гранулируют. Высу-

шенный продукт содержит 7–9% протеина, 19–23 — клетчатки, 55–65 — БЭВ, 0,3–0,5% жира.

По сравнению со свежим, высушенный жом более питателен (в 7–8 раз), чем сырой; меньше портится при хранении; более транспортабелен, особенно в гранулированном виде; затраты на его перевозку, по сравнению с транспортировкой свежего жома, сокращаются более чем в 5 раз.

Сушеный жом можно вводить в состав комбикормов. В рационах свиней, например, он может заменять до 20–30%, крупного рогатого скота — до 50% ячменя или овса, способствуя повышению прироста живой массы или надоев молока. Клетчатка сухого жома слабо лигнифицирована (1–2%), поэтому питательные вещества хорошо переваривают не только жвачные, но и моногастричные животные.

Проблема заключается в том, что затраты на получение сушеного жома высоки, поэтому нужно искать пути снижения этих затрат либо повышать качественные показатели конечного продукта.

Для улучшения качественных показателей жома и, соответственно, увеличения коммерческой стоимости готового продукта предлагается перед его высушиванием осуществлять микробиологическую обработку жома, используя

технологии твердофазной биоферментации. Она позволяет в технологическом процессе снизить количество клетчатки и увеличить содержание протеина в жоме.

Микробный синтез сегодня — один из наиболее перспективных путей получения белка. Микроорганизмы могут накапливать с очень высокой скоростью до 70% сухой массы микробного белка, усваиваемость которого в организме животных достигает 95%. При этом используются дешевые субстраты — отходы пищевой и перерабатывающей промышленности, в том числе и сырой свекловичный жом, из которого можно получать высококачественные углеводно-белковые корма с повышенным содержанием витаминов.

В 2008 г. на площадке Шебекинского биохимического завода Белгородской области были проведены эксперименты по определению пригодности использования закваски Леснова и получения объективных данных ферментации свекловичного жома. Анализ исходного, ферментированного и высушенного продукта отправляли в ОТК ООО «Шебекинские корма» в аттестованную лабораторию.

Результаты экспериментов показали снижение клетчатки в свекловичном жоме на 18%, а рост протеина на 125% (табл. 1) по сравнению с нативным жомом. Например, содержание витамина В₁ увеличилось с 0,4 до 5,25 мг/кг, т.е. больше чем на 90%. После расчета технико-экономического обоснования ре-

Таблица 1. Результаты анализов ферментированного свекловичного жома по данным аккредитованной лаборатории ОТК ООО «Шебекинские корма»

Показатель	Жом		Жом после ферментации в течение	
	табличный	нативный	6 ч	9 ч
Массовая доля влаги, %	13,2	8,14	25,91	12,68
Сырая клетчатка на АСВ, %	19,0	23,69	19,40	19,42
Сырой протеин на АСВ, %	7,7	9,81	22,44	21,68

шено начать производство высокобелковых кормов на основе свекловичного жома.

Ферментированные корма на основе жома:

- не содержат токсичных веществ;
- обладают пониженным содержанием нитратно-нитритных компонентов;
- подавляют микотоксины;
- обогащаются ферментами и ароматическими веществами, привлекающими животных;
- прекрасно потребляются крупным и мелким рогатым скотом, свиньями, лошадьми, пушными зверями, кроликами, птицей;
- не оказывают отрицательного воздействия на организм животных.

Внедрение технологии ферментации в ООО «Агросоюз Удмуртии» дало хороший экономический эффект в 2007 г. (табл. 2), а в 2009 г. позволило увеличить удои на фуражную корову на 2 л; содержание в молоке белка на 0,1%, жира на 0,1–0,2%. Средний привес по группе у месячных, 5–6-месячных телят составил 700 г. Употребление всех кормов, включая солому, было 100%-ным, а общее самочувствие животных нормальным.

Организация крупнотоннажного производства биокормов методом твердофазной биоферментации отходов сахарной промышленности, повышение белковой составляющей в свекловичном жоме и создание таких производств при сахар-

ных заводах позволяют существенно снизить (в 2 раза) стоимость выработки сушеного жома и ввода его в комбикорма, а также сделать наиболее рентабельной сушку жома за счет более высокой коммерческой стоимости обогащенного белком корма из свекловичного жома.

Новизна разработки заключается в использовании твердофазной биоферментации с использованием универсальной закваски Леснова. В результате ферментации повышается энергетическая ценность в обрабатываемом сырье, синтезируются витамины (табл. 3), увеличивается белковая составляющая при параллельном разрушении клетчатки в нативном свекловичном жоме.

Технология твердофазной био-

ферментации с применением закваски Леснова позволяет:

- ✓ повысить перевариваемость и питательную ценность малоценного сырья;
- ✓ увеличить содержание протеина в сырье в 2–2,5 раза, уровень растворимых сахаров с 3 до 12%, т.е. в 3–4 раза;
- ✓ значительно обогатить корм витаминами группы Д, В, Е, К, Н, РР;
- ✓ обеспечить среднесуточный прирост живой массы свыше 1300 г на откорме КРС, увеличить надои молока на 20% без дополнительных затрат кормов;
- ✓ полностью исключить из рационов коров сахарную патоку, так как после обработки корм содержит достаточное количество глюкозы и мальтозы в пересчете на 1 кг сухого вещества;
- ✓ в течение 10–12 сут остановить диарею и диспепсию при попадании возбудителей инфекции в организм животных;
- ✓ повысить усвояемость кормов на 40%;

Таблица 2. Экономический эффект от внедрения технологии ферментации в ООО «Агросоюз Удмуртии» в 2007 г.

Показатель	Нативный вес, кг	АСВ, кг	Цена, руб.	Итого, руб
Силос из многолетних трав 75%	15	3,6	1	15
Отходы крупяного производства	2	2	4	8
Жом свекловичный ферментированный 80%	20	4	2,75	11
Сено	1	1	2,4	2,4
Солома ржаная	1	1	1,2	1,2
Итого	39	11,6		37,6

Таблица 3. Синтез витаминов в ферментированном свекловичном жоме по данным лаборатории ОТК ООО «Шебекинские корма»

Свекловичный жом	В1	В2	В3	В5	В12	Д	Угле-воды	Крах-мал	БЭВ
	мг/кг						%		
Нативный	0,4	Следы	1,5	1,6	Отсутствует	Отсутствует	6,2	Отсутствует	55,0
Ферментированный	5,25	0,58	20,2	39,8	0,003	1,65	12,8	10,6	38,0

✓ снизить себестоимость конечных продуктов более чем на 20%.

Разработка технологии включает новое технологическое оборудование с низкой металлоемкостью и энергоемкостью, обеспечивающее получение высокобелкового продукта. Экспериментальное производство подтвердило высокую эффективность биоферментации свекловичного жома, так как способствует снижению содержания клетчатки на 34% и увеличению содержания протеина на 95% в высушенном продукте (см. табл. 4).

Если хранение сухого обогащенного белком жома организовано правильно, то он может сохранять свои качества долгое время с небольшими потерями питательных веществ, при скармливании животным он хорошо переваривается. При откорме свежим или кислым жомом в организм животного попадает значительное количество воды, что иногда является причиной физиологических нарушений. При скармливании скоту сушеного ферментированного жома таких нарушений не наблюдается. По своим кормовым качествам сухой жом занимает среднее положение между овсом и хорошим луговым сеном (0,85–0,9 кормовых единиц на 1 кг АСВ).

Сушеный жом как ферментированный из других продуктов растительного происхождения относится к группе капиллярно-пористых

гигроскопических материалов. Во влажном воздухе он способен либо поглощать, либо отдавать влагу вплоть до достижения состояния равновесия, устанавливающегося в зависимости от относительной влажности окружающей среды. При изменении относительной влажности воздуха и температуры равновесная влажность сушеного ферментированного жома также меняется. Для большинства растительных материалов, в том числе и для жома, содержание ее колеблется в пределах 12–15%.

Ферментация жома в начальной стадии процесса обусловлена, главным образом, жизнедеятельностью целлюлозолитических, пектолитических и амилалитических микроорганизмов, поступающих в обрабатываемое сырье вместе с закваской. Интенсивность ферментации объясняется рядом причин, основными из которых являются:

■ *состав материала*: биоферментации легче подвергаются вещества, которые могут служить питательной средой для разного рода микроорганизмов, входящих в состав закваски;

■ *влажность субстрата*: с повышением влажности уменьшается его водоудерживающая способность, понижается осмотическое давление сока, а это, в свою очередь, позволяет успешно развиваться микроорганизмам закваски;

■ *пористость продукта*: фермен-

тации легче подвержены продукты, внутри которых имеется определенное количество воздуха для образования белка;

■ *размер ферментационного аппарата*: чем больше масса жома, тем меньше отношение его поверхности к массе, соответственно меньше теплоотдача и испарение воды, замедляется воздухообмен, а следовательно, и повышается интенсивность ферментации в микроаэрофильном режиме;

■ *внешняя температура воздуха* в производственном помещении и *температура жома* во время загрузки также влияют на интенсивность развития микроорганизмов закваски и скорость ферментации при периодическом культивировании.

По мере повышения температуры жизнедеятельность микроорганизмов усиливается: они интенсивнее размножаются и становятся наиболее активными при оптимальной температуре, которая для ферментации колеблется в пределах 50–60 °С; при 65–70 °С бактерии развиваться не могут. По отношению к низким температурам микроорганизмы очень устойчивы. Холод хоть и не убивает бактерии, тем не менее резко тормозит их развитие, поэтому всякое охлаждение оказывает отрицательный эффект и останавливает процессы биоферментации.

При ферментации различают несколько фаз:

- ♦ начальную (индукционный период);
- ♦ экспоненциального роста;
- ♦ линейного роста;
- ♦ замедленного роста;
- ♦ стационарную (равновесие);
- ♦ отмирания (завершение процесса).

Таблица 4. Результаты анализов ферментированного свекловичного жома по данным лаборатории ОТК ООО «Шебекинские корма»

Свекловичный жом	Массовая доля, %	Сырой протеин на АСВ, %	Сырая клетчатка на АСВ, %	Общая кислотность, рН
Нативный	56,09	8,98	23,61	2,8
После ферментации:				
- проба 1	54,66	17,51	15,59	5,6
- проба 2	51,00	17,05	16,75	5,2

В начальной фазе, благодаря наличию в массе жом кислорода воздуха, начинают развиваться аэробные (живущие при доступе воздуха) микроорганизмы, нередко доводящие окисление органических веществ субстрата до конечных продуктов: углекислоты, воды, аммиака — с выделением большого количества тепла.

Обладая малой теплопроводностью, жом начинает усиленно разогреваться. Жизнедеятельность аэробных микроорганизмов обуславливает довольно быстрое повышение температуры жом, при этом выделяющаяся при аэробной стадии ферментации влага постепенно передается в верхние слои обрабатываемого жом и увлажняет его. Далее, после прекращения развития аэробных микроорганизмов начинают развиваться анаэробные (живущие без доступа кислорода воздуха) термофильные микроорганизмы, особенно интенсивно при температуре 50–55 °С. В результате их жизнедеятельности наблюдается дальнейшее увеличение температуры жом.

Повышенная температура подавляет жизнедеятельность всех микроорганизмов и, достигнув 65–70 °С, убивает их. Анаэробные бактерии гибнут и в том случае, если в ферментационный аппарат поступает воздух. При анаэробном разложении веществ образуется большое количество кислот (главным образом муравьиной, уксусной, масляной) и различных газобразных продуктов (сероводорода, аммиака, метана, альдегидов, аминов — индола, скатола). Все эти вещества обладают резко выраженным и чаще всего неприятным запахом. Поэтому по запаху можно определить, какой процесс

преобладает — аэробный или анаэробный. Но при контролируемом ведении ферментации запах готового продукта — хлебный. Важно регулировать процессы ферментации и создавать в ферментационных аппаратах микроаэрофильные условия.

Несмотря на то, что при температуре выше 65–70 °С все микроорганизмы погибают, образовавшиеся продукты биологического обмена веществ, а также повышенная температура являются своего рода стартерами для превращений питательных веществ в микробный белок. При биоферментации пектиновые вещества растворяются с выделением клейкой массы — пектинового клея, который способствует образованию сильно спрессованных или монолитных участков в уже обогащенном белком продукте, что негативно сказывается на равномерности высушивания жом.

С точки зрения способности к сушке и хранению пересушенный ферментированный жом так же нежелателен, как и недосушенный. Жом влажностью ниже 8–10% очень ломкий, легко крошится и истирается как в жомосушильном барабане, так и в транспортирующих устройствах, образуя при этом много мелких комочков и пыли. Пересушенный обогащенный белком жом плохо гранулируется (брикетируется), причем понижается производительность прессов и повышается истирание гранул (брикетов).

При сильном пересушивании обогащенного белком свекловичного жом на складе может возникнуть пожар вследствие попадания с потоком воздуха при пневмоподаче тлеющих или обуглившихся частиц жом. Эти частицы, ввиду их высокой способности присоеди-

нять кислород воздуха, могут воспламениться. Это обстоятельство надо учитывать при транспортировке и приемке жом на склад.

Основными факторами, способствующими слеживаемости жом, являются:

- ⇒ длительность хранения;
- ⇒ высота насыпи хранящегося жом;
- ⇒ увлажнение жом при транспортировке, загрузке и хранении;
- ⇒ неравномерное высушивание при выработке;
- ⇒ наличие большого количества пыли и значительная неоднородность частиц по размеру высушенного обогащенного белком жом.

Промышленное производство высокобелковых кормов на основе свекловичного жом имеет следующие преимущества:

⇒ значительно меньшая трудоемкость по сравнению с получением сельскохозяйственной продукции. Ниже приведено время удвоения биомассы различными микроорганизмами, растениями и животными: микроорганизмы вырабатывают углеводы, липиды, витамины. Их продуктивность превышает продуктивность растений и сельскохозяйственных животных во много раз.

Удвоение биомассы различными живыми биоорганизмами

<i>Бактерии, мин</i>	<i>20</i>
<i>Дрожжи, ч</i>	<i>2</i>
<i>Грибы и водоросли, ч</i>	<i>6</i>
<i>Лиственные растения, травы, недели</i>	<i>2</i>
<i>Птица, недели</i>	<i>4</i>
<i>Поросята, недели</i>	<i>6</i>
<i>Телята, мес</i>	<i>2.</i>

Из приведенных данных видно, что микроорганизмы растут в 500 раз быстрее самых урожайных сель-

скохозяйственных культур и в 1000–5000 раз быстрее самых быстрорастущих пород животных;

✦ организация производства возможна в любой географической точке Земли, так как микроорганизмы выращивают в компактных автоматизированных установках, не требующих больших площадей, а получение микробного белка не зависит от климата, плодородия почв и времени года;

✦ высокая продуктивность, высокий КПД превращения субстрата в продукт;

✦ получение кормов с высоким содержанием белка;

✦ всесторонний контроль качества получаемого продукта;

✦ метод твердофазной ферментации эффективен и экономичен в сравнении с глубинным культивированием белка, так как последнее имеет недостатки: значительные размеры установок для ферментации; огромная металлоемкость; высокая стоимость аппаратуры, особенно для перемешивания и аэрации культуральной среды; большой расход электроэнергии для сушки и сбора готовой продукции; загрязнение окружающей среды сточными водами; высокая стоимость транспортировки готового продукта.

При выборе продуцента кормового белка микробного происхождения важным доводом в пользу универсальной закваски Леснова явилась положительная экономическая составляющая, которая выгодно отличает её от других продуцентов при биосинтезе кормового белка из свекловичного жома:

✓ минимальный расход закваски — 5 г на 1 т обрабатываемого сырья;

✓ скорость роста белковой биомассы — 8–12 ч;

✓ не требуется предварительного гидролиза полисахаридов для ферментации;

✓ не требуется стерилизации, так как микрофлора не синтезирует патогенных и токсичных микроорганизмов, а наоборот подавляет их развитие;

✓ не требует создания асептических условий, а значит — применения дорогостоящего оборудования и операций при приготовлении кормов и кормовых добавок;

✓ нет больших энергозатрат для осуществления биоферментации при периодическом культивировании в микроаэрофильном режиме.

Цеха, перерабатывающие жом, могут быть созданы на предприятиях, расположенных в непосредственной близости от доступных источников малоценного кормового сырья, различных видов растительных отходов и животноводческих ферм и комплексов.

Технология представляет большой интерес для развивающихся стран. В этой связи нельзя не отметить и вероятную выгоду от получения обогащенных белком продуктов для населения конкретной местности, связанной с производством определенного вида сырья.

В проведенных экспериментах выяснилось, что при использовании свежего сырья оптимальное время для ферментации — 6–8 ч. Полученные данные свидетельствуют о том, что белковую составляющую в свекловичном жоме можно увеличить в 2,3 раза, а количество клетчатки — снизить до 20%.

*Доклад подготовлен на основе материалов канд. эконом. наук
А.П. Леснова*

Свеклосахарная промышленность по праву может быть отнесена к отраслям, обеспечивающим получение энергоресурсов и химических веществ из возобновляемого растительного сырья — сахарной свеклы.

Сахарная свекла — уникальная техническая культура умеренного климата с высоким потенциалом продуктивности. При возделывании она больше других сельскохозяйственных культур поглощает CO_2 и выделяет кислород (выделенный 1 га сахарной свеклы кислород достаточен для дыхания 62 человек в течение 1 года; по своему положительному воздействию на воздух и климат поле сахарной свеклы превосходит лес на идентичной площади почти в 4 раза). Образующиеся в первый год вегетации листья (ботва) сахарной свеклы считаются ценным органическим удобрением, урожай ботвы в 400–500 ц/га соответствует 30 т/га навоза. Корнеплоды первого года развития служат источником промышленного производства сахара. При переработке сахарной свеклы, кроме основного продукта — сахара, образуются побочные — жом, меласса, фильтратный осадок, являющиеся ценными вторичными сырьевыми ресурсами (табл. 1, рис. 1). Кроме того, сахарная свекла, благодаря высокому уровню биологической энергии, пригодна для производства биоэтанола с целью замены дизельного топлива и добавления к бензину.

Свекловичная меласса — один из самых ценных побочных продуктов свеклосахарного производства. Визуально это сиропобразная непрозрачная жидкость темно-бурого цвета с высокой вязкостью и специфическим запахом, многокомпонентного состава, содержащая мно-