БИФИДОГЕННАЯ КОРМОВАЯ ДОБАВКА
НА ОСНОВЕ ВТОРИЧНОГО МОЛОЧНОГО И РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

Марина Васильевна Каледина, канд. техн. наук, доцент
E-mail: kaledinamarina@yandex.ru
Виктория Петровна Витковская, канд. с.-х. наук, старший преподаватель
Юлия Венидиктовна Волоскова, начальник центра инновационной ветеринарной медицины
Дарья Александровна Литовкина, аспирант
Белгородский государственный аграрный университет им. В. Я. Горина, пос. Майский

В связи с интенсификацией животноводства и птицеводства, увеличения численности поголовья и его концентрации, на производственных площадях повысился процент заболеваемости кишечными инфекциями. Что, в свою очередь, повышает уровень падежа и браковки, снижает сохранность и продуктивность. Один из способов решения обозначенной проблемы – разработка и применение в профилактических мерах в кормлении особых кормовых добавок: про- и пребиотиков. В статье описан способ эффективного и экологичного метода получения пребиотиков пектиновых олигосахаридов с использованием культивирования дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* для гидролиза пектина яблочных выжимок в среде молочной сыворотки с целью получения бифидогенного корма для животных. Использовали соотношение сыворотки и яблочных выжимок 5:1, при котором биомасса дрожжей через 24 часа ферментации и дозировки внесения дрожжей 0,3 % от массы увеличилась на 56,3 %, что свидетельствует о достаточно интенсивном росте и использовании в качестве субстрата продуктов гидролиза пектина. Оценка продуктов гидролиза показала, что в смеси содержится 32 % олигосахаридов средней молекулярной массы. Для устранения возможного негативного эффекта при потреблении лактозы сыворотки, а также с целью повышения выхода биомассы дрожжей предложено использование ферментативного гидролиза сывороточно-яблочных смесей препаратом *β*-галактозидазы, полученного путем глубинного культивирования штамма *Bacillus licheniformis*. Установлено, что оптимальные параметры гидролиза при получение кормовой добавки: pH = 6,0, температура 25 °C, дозировка фермента 0,04 % от массы смеси, продолжительность 6 ч. Технологический процесс получения разработанной бифидогенной кормовой добавки включает следующие этапы: подготовка сырья, составление сывороточно-растительной смеси в соотношении 5:1, постепенный нагрев и выдержка смеси при 65 °C, охлаждение до 22–25 °C и внесение сухих дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*, ферментацию, раскисление, внесение фермента лактазы, термическую обработку готовой добавки. В готовой кормовой добавке содержится 20 % сухих веществ, 3,5 % азотистых веществ, 0,6 % пектина, 0,3 % пектиновых олигосахаридов, 0,2 % остаточной лактозы, витамины и минеральные вещества.

Ключевые слова: кормовая добавка, пребиотики, пектиновые олигосахариды, дрожжи *Saccharomyces cerevisiae*, *β*-галактозидаза, молочная сыворотка, яблочные выжимки, вторичное сырье

Для цитирования: Бифидогенная кормовая добавка на основе вторичного молочного и растительного сырья / М. В. Каледина, В. П. Витковская, В. Ю. Венедиктова, Д. А. Литовкина // Молочная промышленность. 2024. № 5. С 70–76. https://www.doi.org/10.21603/1019-8946-2024-5-6

ВВЕДЕНИЕ

Многие сельскохозяйственные животные в период новорожденности и молочный период развития подвержены стрессу окружающей среды, который проявляется дисбалансом микробиоценоза кишечника. Данная проблема сопутствует проявлению гастритов, значительно влияет на иммунную функцию, что повышает риск возникновения патогенных инфекций. В первые дни и недели жизни значительно изменяется микробиом пищеварительного тракта [1].

Решать поставленные задачи по регенерации биоценоза кишечника можно разными способами. В настоящее время накоплен обширный опыт применения пробиотиков. Однако, поскольку развитие дисбиоза характеризуется не банальным дефицитом представителей облигатной и/или факультативной микрофлоры, а является индикатором, свидетельствующим о нарушении микроэкосистемы, простого потребления пробиотиков с целью коррекции микробиоценоза бывает явно недостаточно.

В данной работе выбрано иное направление профилактики и коррекции дисбиозов – получения пребиотических компонентов на основе вторичного молочного и растительного сырья и их использование в производстве бифидогенной кормовой добавки.

В многочисленных исследованиях вторичное растительное сырье ранее было изучено в процессах производства различных биологически активных веществ, а ягодный, свекловичный и яблочный жом, которые богаты пектином, рассматривались как основа для обогащения рационов животных [2].

Вторичное молочное сырье, в том числе молочная сыворотка, достаточно давно используется для производства жидких, сгущенных и сухих кормовых добавок бифидогенного действия. В отечественной практике применяются пребиотики «Кумелакт» (на основе экстракта семян тыквы с концентратом лактулозы и яблочной кислоты) и «Лактумин» (на основе экстракта топинамбура с концентра-

том лактулозы и янтарной кислоты), способствующие профилактике дисбактериозов у телят. Хорошо зарекомендовала себя в рационе поросят-сосунков кормовая добавка «Лактобел», а в рационах поросят разных возрастных групп – кормовая добавка «Бикидо». В настоящее время проводят научно-производственные опыты на сельскохозяйственных животных и птице бифидогенной добавки «Ветелакт», которая также содержит в качестве основного действующего вещества лактулозу [3–5].

Вместо лактулозы в качестве эффективного пребиотика в кормовой добавке на основе молочной сыворотки предлагается использование пектиновых олигосахаридов (ПОС), которые можно получить из побочных продуктов сельского хозяйства, богатых пектином: яблочные выжимки, жом сахарной свеклы, отходы переработки картофеля и цитрусовых. Пектин является сложным и гетерогенным полисахаридом, присутствующим в первичной клеточной стенке и межклеточных областях высших растений [6]. Он составляет семейство полисахаридов, в состав которых входит галактуроновая кислота, гомогалактуронан и рамногалактуронан, а также нескольких нейтральных сахаров и полимеров, таких как арабинаны, галактаны и арабиногалактаны, которые присоединены в виде боковых цепей [7].

Экстракция этих нейтральных и кислых полимеров в форме пектинового олигосахарида представляет собой перспективный шаг к производству пребиотиков из вторичного сельскохозяйственныого сырья [8]. Пектиновые олигосахариды являются неперевариваемыми олигосахаридами, благотворно воздействующими на организм животных, избирательно стимулируя рост и активность определенных видов микроорганизмов в толстой кишке, в основном бифидобактерий и лактобактерий [9]. Пектиновые олигосахариды также подавляют активность патогенных микроорганизмов. С помощью ферментации ПОС в желудочно-кишечном тракте образуются короткоцепочные жирные кислоты, а они, в свою очередь, необходимы в пищеварении, подавляют активность патогенных бактерий, учувствуют в процессе усвоения минеральных веществ, положительно влияют на иммунную систему [10].

Для получения пектиновых олигосахаридов из вторичного растительного сырья можно использовать различные подходы: химические, включая обработку кислотами, гидротермальные или ферментативные [11–13]. Вопросами получения и выделения пектиновых олигосахаридов как эффективных пребиотиков в настоящее время занимаются в основном зарубежные специалисты, такие как Tuohy K. M., Widmer W. W., Nunez A., Gibson, G.R., Rastall R. A. и т. д. В отечественной практике в настоящее время медицинские эффекты пектиновых олигосахаридов изучаются такими учеными как Оводов Ю. С., Донченко Л. В., Валышев А. В., Головченко В. В. и т. д.

В настоящем исследовании получение комплекса галактозосодержащих пребиотиков осуществляли путем гидролиза природного галактозосодержащего полимера (пектина) ферментами дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. О наличии пектиназы у дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* свидетельствуют экспериментальные данные по изучению секреции пектиназы из дрожжевой клетки винных дрожжей в виноматериал [14, 15] и собственные исследования [16]. Жизнеобеспечивающим процессом для роста дрожжей при отсутствии в питательной среде доступных сахаров и наличии только пектина является синхронно протекающий ферментативный ступенчатый его гидролиз. Расщепление пектина неизбежно связано с образованием в среде фрагментов молекулы кислотного типа, состоящих из α-D-галактуроновой кислоты и ее метилированной формы, объединенных общим понятием пектиновые олигосахариды [17].

Цель работы – разработать технологию бифидогенной кормовой добавки для сельскохозяйственных животных на основе гидролиза яблочного жмыха в среде молочной сыворотки.

Источник изображения: unsplash.com

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объекты исследования:

- яблочные выжимки (сухие вещества = 91,0 ± 0,5 %) из свежих яблок сорта Джаноголд (массовая доля пектина 0,9 ± 0,1 %, степень этерификации = 65–67 %). Размер частиц 3–5 мм;
- творожная сыворотка, соответствующая ГОСТ 34352-2017;
- NOLA FIT® фермент бета-галактозидазы (Кр. Хансен);
- дрожжи сухие *Saccharomyces cerevisiae* (дрожжи «Воронежские», ГОСТ 547311-2011).

Методы исследований предствалены в таблице 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Проводили исследование роста дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в сывороточно-яблочных смесях при температуре 22–24 °С и соотношении яблочные выжимки и творожная сыворотка 1:5. Составляли смеси при комнатной температуре, перемешивали, плавно повышали температуру до 65 °С и выдерживали в течение часа. Далее образцы охлаждали до 22–24 °С, вносили 0,1 и 0,3 % сухих дрожжей от массы. Компоненты смеси взвешивали на лабораторных весах с точностью до ± 0,001 г в начале опыта, через 24 и 72 часа. Количество дрожжей измеряли массой сырого осадка, взвешенного после центрифугирования проб со скоростью вращения центрифуги 10000 об/мин в течение 10 мин. В контроль дрожжи не вносили, пробы центрифугировали при тех же условиях. Массу дрожжей определяли по разности общей массы осадка опытных образцов и массой осадка в контрольной пробе. Установлено, что в присутствии кислорода и отсутствия иных источников питания дрожжи сбраживают пектин яблочных выжимок по типу дыхания с максимальным наращиванием биомассы на 56,3 %. Рекомендуемая дозировка составляет 0,3 %, так как внесение свыше данного уровня не дает значительного повышения количества биомассы дрожжей (рис. 1).

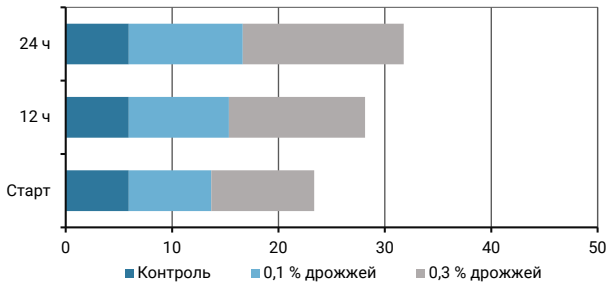

Рисунок 1. Прирост дрожжевой биомассы в смеси сыворотка – яблочные выжимки

Таблица 1
Используемые методы исследований

Показатели	Метод определения	Примечание
Содержания сухих веществ	Высушивание до постоянной массы ГОСТ Р 54951-2012	Экспресс-метод на Эвлас-2М для определения сухих веществ в сывороточно-яблочных растворах
Углеводный состав	Высокоэффективная жидкостная хроматография	В фильтратах образцов. По методике к прибору, Aminex HPX-42A Column, RCM Monosaccharide Ca^{2+}
Активная кислотность	Потенциометрия по ГОСТ 32892-2014	–
Вязкость экстрактов	Вискозиметрия	Вискозиметром Оствальда в отфильтрованных экстрактах
Содержание лактозы	По ГОСТ Р 54667-2011; ГОСТ 34304-2017	–
Прирост биомассы дрожжей	Весовой метод	Центрифугирование (5000 об/мин) образцов в начальной и конечной точке и взвешивание осадка
Количество микроорганизмов	Количественный учет	Посевы на специализированные селективные среды и прямой подсчет
Содержание сырого протеина	По Къельдалю по ГОСТ 32044.1-2012	–
Массовая доля пектиновых веществ	По ГОСТ 29059-91	–
Общая кислотность	По ГОСТ 13496.12-98	–
Редуцирующие сахара	По ГОСТ 26176-2019	–
Сырая клетчатка*	По ГОСТ 31675-2012	–
Минеральные элементы*	Спектометрия	С использованием атомно-абсорбционнго спектрометра AAS-1N «CarlZeis» (Германия)
Витамины*	Методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс–селективным детектированием	–

*Испытательная лаборатория ФГБОУ ВО Белгородского ГАУ им. В. Я. Горина

Косвенными признаками брожения по типу дыхания являлось наличие небольших равномерно распределенных пузырьков газа, слабый дрожжевой запах и постоянный доступ воздуха при ферментации. Кроме того, вязкость образцов относительно контроля снизилась на 21,2 и 30,5 % для дозировки дрожжей 0,1 и 0,3 % соответственно, что показывает протекание гидролиза.

Увеличение времени культивирования технологически не целесообразно, так как прирост массы дрожжей относительно первых 24 часов небольшой (табл. 2), при этом растут расходы на энергоресурсы.

Полученные образцы сывороточно-яблочных смесей оценивали по характеристикам продуктов гидролиза (рис. 2), выход пектиновых олигосахаридов составил 32 %.

В составе разрабатываемой кормовой добавки творожная сыворотка используется в роли питательной среды оптимальной pH для роста дрожжей *Saccharomyces cerevisiae*. Проблема содержания молочного сахара, нежелательного для кормления животных и птицы, решалась путем ферментативного гидролиза сыворотки ферментом лактазы NOLA® Fit, получаемого с использованием селекционного штамма *Bacillus licheniformis* [18].

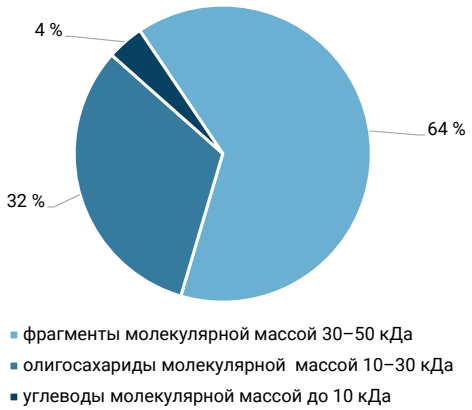

Рисунок 2. Химическая характеристика продуктов гидролиза пектина яблочных выжимок в творожной сыворотке

Согласно полученным результатам, ферментный препарат NolaF наиболее активный при pH равном 6,0 и понижает свою активность при подкислении среды (pH = 4,0 и pH = 3,0). Степень гидролиза при pH = 5 составила менее 50 %, при pH = 4 фермент проявляет минимальную активность, степень гидролиза лактозы – 12,6 %. Степень гидролиза при остальных оптимальных параметрах составляла 65–67,5 %. При температуре 10 °C активность фермента низкая. С повышением температуры среды активность ферментного препарата NolaFit дифференцированно возрастает. Необходимо отметить, что фермент лактаза относится к ферментам обратимого действия. При температуре 20 °C процесс гидролиза лактозы достигает равновесного максимума через 6 часов, степень гидролиза составила 65,7 %. Скорость процессов для 30 и 40 °C и степень гидролиза практически сопоставимы, процесс завершался через 6 часов. Доза внесения фермента также значительно влияет на процесс гидролиза. Минимальная степень гидролиза была при дозировке ферментного препарата 0,01–17,5 %. При дозе внесения ферментного препарата 0,05 и 0,07 % к массе смеси процесс гидролиза лактозы достигает равновесного уровня (67,5–65,5 %) за 6 часов. Повышение дозы фермента до 0,1 % приводила к замедлению процесса гидролиза в связи с ингибированием действия фермента, образующимися продуктами гидролиза и вновь их перегрупировки с образованием трисахаров (галактоолигосахаридов).

Для кормовой добавки с использованием биопотенциала дрожжей температура смеси должна быть 20–25 °C, при оптимальном pH = 6,0 и дозе фермента 0,05 % к массе смеси. Замедление гидролиза лактозы за счет снижения температуры до 20–25 °C, будет способствовать плавному синхронному потреблению продуктов гидролиза лактозы, а также росту дрожжей и накоплению биомассы.

Для оценки влияния гидролизованной лактозы на рост дрожжей образцы готовили следующим образом. Составляли сывороточно-яблочные

Таблица 2
Влияние времени культивирования на рост хлебопекарных дрожжей

Время, ч	Кислотность, °Т	Вязкость относительно контроля	Масса осадка, г (100 см^3 смеси)	Масса дрожжей, г (100 см^3 смеси)
0	70 ± 1	1,00	7,72 ± 0,02	1,81 ± 0,02
24	85 ± 2	0,86	9,45 ± 0,01	3,52 ± 0,01
72	84 ± 2	0,83	10,35 ± 0,03	4,44 ± 0,03
120	82 ± 1	0,81	10,41 ± 0,02	4,50 ± 0,02

*контроль: общая масса осадка 5,91 г

смеси в соотношении 5:1 при комнатной температуре, перемешивали, постепенно доводили температуру до 65 °С и выдерживали в течение часа, происходило набухание растительных компонентов. Далее образцы охлаждали до 22–25 °С, вносили 0,3 % дрожжей, выдерживали 14 часов для гидролиза пектинсодержащего сырья пектолитическими ферментами дрожжей до пектиноолигосахаридов (ПОС) при одновременном повышении массы дрожжей. Далее смесь нейтрализовали гидроксидом аммония до pH = 6,0 и вносили ферментный препарат NolaFit для гидролиза лактозы и последующей утилизации продуктов гидролиза (глюкозы и галактозы) за счет дыхания дрожжей. Дыхание, как известно, является самым энергетически эффективным способом повышения биомассы дрожжей. Процесс осуществляли в течение 8 часов при 22–25 °С. Контроль – образец без *β*-галактозидазы.

Источник изображения: unsplash.com

При проведении процесса гидролиза лактозы количество биомассы дрожжей возрастало на 12 % и составило практически 19 г/л (рис. 3). Помимо простых углеводов, образующихся при гидролизе лактозы, росту дрожжей также способствовало наличие аммонийных групп вносимого регулятора кислотности.

Стоит отметить, что присутствие дрожжей, которые используют в своем питании глюкозу и, соответственно, снижают концентрацию ингибиторов в системе, способствует протеканию дальнейшего гидролиза лактозы под действием *β*-галактозидазы. Остаточное содержание лактозы в смеси составило – 0,2 %.

На основании проведенных исследований, технологический процесс разработанной кормовой добавки из яблочного жмыха и молочной сыворотки следующий.

Яблочный жмых заливают очищенной творожной сывороткой в соотношении 1:5 и оставляют для набухания 1 час. Далее смесь нагревают до 65 °С выдерживают 3 часа, охлаждают до 22–25 °С и вносят сухие дрожжи *Saccharomyces cerevisiae* в количестве 0,3 % от массы. Смесь ферментируется 16 часов при периодическом перемешивании по 10–15 минут каждые 2 часа. По истечении времени гидролиза в смеси устанавливают pH = 6,0–6,5 путем введения гидроксида аммония и вносят 0,04 % от массы смеси фермент лактазы NOLA® Fit. После чего смесь снова перемешивают 10–15 минут и выдерживают при тем-

Рисунок 3. Выход биомассы хлебопекарных дрожжей

пературе 22–25 °С в течение 8 часов с периодическим перемешиванием по 10–15 минут каждые 2 часа. Готовый продукт пастеризуют при температуре 90–95 °С в течение 10 минут для обеспечения микробиологической безопасности и инактивации ферментов.

Разработанный продукт относится к балансирующим кормовым добавкам, регулирующим баланс микрофлоры в пищеварительном тракте и связывающих токсические метаболиты. Представляет собой вязкую, текучую жидкость от светло-коричневого до слабо-коричневого цвета, с неоднородными включениями мелкодисперсного гидролизованного жмыха (рис. 4), с характерным сывороточно-дрожжевым запахом и привкусом печеных яблок. Допускается при хранении образование осадка, который необходимо взбалтывать перед применением. Не допускается наличие посторонних кормовых и выраженного спиртового запахов.

Кормовая добавка имеет комплексный состав, который включает в себя клетчатку, яблочный пектин, органические кислоты, пребиотики – пектиновые олигосахариды, азотистые соединения, витамины группы В, минеральные компоненты (табл. 3).

Качество продукта в процессе хранения в течение 15 суток при температуре 6–8 °С в жидком виде и 3 месяцев при температуре –18 °С практически не изменяется, признаков плесени и микробиологической порчи не обнаружено. Допустимо замораживание и хранение кормовой добавки при температуре –18 °С в течение 3 месяцев.

ВЫВОДЫ

Доказанные свойства про- и пребиотиков сделали их в настоящее время весьма значимыми в питании животных, особенно для молодняка для профилактики инфекционных болезней ЖКТ и/или улучшения показателей выращивания. Особенно важны подобные добавки для снижения стресса и после перенесенных воспалительных заболеваний. В данной работе представлен новый подход получения кормовой добавки на основе молочной сыворотки с бифидогенными свойствами. Пребиотические компоненты – пектиновые олигосахариды получают с использованием ферментативного гидролиза яблочных выжимок при культивировании дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* в творожной сыворотке. При этом в разработанной технологии невысокий расход энергоносителей и отсутствуют побочные продукты. Используемые компоненты кормовой добавки имеют низкую стоимость, расширяют сферу применения вторичных ресурсов АПК. ■

Таблица 3
Органолептические, физико-химические показатели и состав кормовой добавки

Наименование показателя	Значение
Органолептические показатели	
Внешний вид и консистенция	Текучая масса, допустим осадок
Цвет	От светло-коричневого до темно-коричневого
Запах	Выраженный, приятный, яблочный. Характерный слабо дрожжевой запах. Вкус – сладко-солоноватый, слегка кисловатый, без наличия посторонних привкусов.
Физико-химические показатели продукта	
Общая кислотность, %	0,25
Плотность, г/см^3	1,25–1,28
pH, ед.	5,5–6,0
Массовая доля сухого вещества в продукте, %	10,0 ± 0,2
Содержание основных компонентов в 100 г сухого вещества продукта	
Массовая доля сырого протеина, %	20,54 ± 0,50
Массовая доля сырого жира, %	8,64 ± 0,50
Массовая доля сырой клетчатки, %	17,83 ± 0,50
Массовая доля сырой золы, %	12,80 ± 0,50
Массовая доля редуцирующих сахаров, %	8,64 ± 0,50
Безазотистые экстрактивные вещества (БЭВ), %	2,5 ± 0,1
Пектин, %	3,1 ± 0,1
Пектиновые олигосахариды, %	1,5 ± 0,1
Содержание отдельных витаминов группы В и минеральных веществ в 100 г продукта	
Витамин B_1, мг	0,30 ± 0,03
Витамин B_2, мг	0,20 ± 0,03
Витамин B_6, мг	18,70 ± 0,50
Железо, мг	25,20 ± 0,50
Медь, мкг	110,0 ± 5,5
Цинк, мг	1,50 ± 0,05

BIFIDOGENIC FEED ADDITIVE BASED ON SECONDARY DAIRY AND PLANT RAW MATERIALS

Marina V. Kaledina, Viktoria P. Vitkovskaya, Yulia V. Voloskova, Daria A. Litovkina
Belgorod State Agricultural University, Maisky

ORIGINAL ARTICLE

Gastrointestinal infectious diseases accompany the growth of animal and poultry farming: as the livestock population increases, its high concentration on farms raises the level of mortality and rejection, thus reducing the overall safety and productivity. Probiotics and prebiotics used as feed additives may be an effective preventive measure. The article describes a sustainable and environmentally friendly method for obtaining prebiotics of pectin oligosaccharides by hydrolyzing apple pomace pectin in whey with *Saccharomyces cerevisiae* to produce bifidogenic animal feed. The 5:1 ratio of whey and apple pomace increased the yeast biomass by 56.3% after 24 h of fermentation and introducing 0.3% yeast by weight. The pectin hydrolysis products triggered an intensive growth of the substrate. The hydrolysis products contained 32% oligosaccharides of average molecular weight. The enzymatic hydrolysis of whey-apple mixes with a β-galactosidase preparation by deep cultivation of *Bacillus licheniformis* prevented the negative effect of serum lactose consumption, as well as increased the yield of yeast biomass. The optimal hydrolysis parameters were pH 6.0, 25 °C, 0.04% enzyme, and 6 h. The technological process included the following stages. The raw materials were prepared as a whey-vegetable mix (5:1), which was gradually heated to 65 °C. After cooling down to 22-25 °C, dry *Saccharomyces cerevisiae* provided fermentation and deoxidation. After introducing lactase enzyme and final thermal treatment, the finished feed additive contained 10% solids, 3.5% nitrogenous substances, 0.6% pectin, 0.3% pectin oligosaccharides, and 0.2% residual lactose, as well as vitamins and minerals.

Keywords: feed additive, prebiotics, pectin oligosaccharides, yeast *Saccharomyces cerevisiae*, *β*-galactosidase, whey, apple pomace, secondary raw materials

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Панова, Н. М.** Функциональные кормовые добавки на основе сыворотки / Н. М. Панова, А. Г. Храмцов, О. В. Меркулова // Молочная промышленность. 2012. № 7. С. 70. https://elibrary.ru/ozmakx
2. **Пестис, В. К.** Сухой свекловичный жом в комбикормах телок / В. К. Пестис, В. Н. Сурмач, А. А. Сехин, В. Г. Гурский // Сельское хозяйство - проблемы и перспективы : сборник научных трудов. Том 35. 2016. С. 128–134. https://elibrary.ru/xrqxjb
3. **Балышев, А. В.** Влияние препарата Кумелакт на эффективность вакцинации телят против парагриппа - 3 и инфекционного ринотрахеита КРС / А. В. Балышев // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2011. № 2(22). С. 142–146. https://elibrary.ru/nwaxeh
4. **Николаев, С. И.** Влияние биологически активных кормовых добавок "Лактумин", "Лактофит" и "Лактофлекс" на гематологические показатели молодняка свиней / С. И. Николаев, Г. В. Волколупов, В. И. Водянников, В. В. Шкаленко // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 2(42). С. 147–152. https://elibrary.ru/wimhaf
5. **Абрамкова, Н. В.** Эффективность применения препаратов "Олин" и "Ветелакт" для телят / Н. В. Абрамкова // Вестник аграрной науки. 2020. № 3(84). С. 38–43. https://doi.org/10.17238/issn2587-666X.2020.3.38; https://elibrary.ru/gckyap
6. **Донченко, Л. В.** Современные особенности пектинопрофилактики / Л. В. Донченко, Д. О. Ластков, А. Ю. Коханный [и др.] // Сахар. 2022. № 9. С. 38–43. https://doi.org/10.24412/2413-5518-2022-9-38-43; https://elibrary.ru/wiigep
7. **Оводова, Р. Г.** Новейшие сведения о пектиновых полисахаридах / Р. Г. Оводова, В. В. Головченко, С. В. Попов, Ю. С. Оводов // Известия Коми научного центра УрО РАН. 2010. № 3(3). С. 37–45. https://elibrary.ru/ndbxcr
8. **Валышев, А. В.** Пребиотическая активность пектинов и их производных / А. В. Валышев, В. В. Головченко // Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2012. № 3. С. 5. https://elibrary.ru/reypat
9. **Каледина, М. В.** Пектиновые олигосахариды как фактор роста пробиотиков / М. В. Каледина, А. Н. Федосова, Н. П. Шевченко [и др.] // Молочная промышленность. 2020. № 2. С. 50–53. https://doi.org/10.31515/1019-8946-2020-02-50-52; https://elibrary.ru/ztscub
10. **Wilkowska, A.** Structurally different pectic oligosaccharides produced from apple pomace and their biological activity in vitro / A. Wilkowska [et al]. // Foods. 2019. Vol. 9(9). 365. https://doi.org/10.3390/foods8090365
11. **Babbar, N.** Pectic oligosaccharides from agricultural by-products: production, characterization and health benefits / N. Babbar, W. Dejonghe // Critical reviews in biotechnology. 2016. Vol. 36(4). P. 594–606. https://doi.org/10.3109/07388551.2014.996732
12. **Gómez, B.** Production of pectin-derived oligosaccharides from lemon peels by extraction, enzymatic hydrolysis and membrane filtration / B. Gómez B [et al.] // Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2023. Vol. 91. P. 234–247. https://doi.org/10.1002/jctb.4569
13. **Gullon, B.** Pectic oligosaccharides: manufacture and functional properties / B. Gullon [et al.] // Trends in Food Science & Technology. 2023. Vol. 30. Iss. 2. 2013. 153–161. Trends in Food Science & Technology
14. **Лисовец, У. А.** Секреция ферментов из дрожжевой клетки в виноматериал в технологии белых столовых вин / У. А. Лисовец, Н. М. Агеева // Электронный сетевой политематический журнал "Научные труды КубГТУ". 2017. № 5. С. 93–106. https://elibrary.ru/znlrux
15. **Исламмагомедова, Э. А.** Физиолого-биохимические особенности дрожжей Saccharomyces cerevisiae в зависимости от состава среды культивирования / Э. А. Исламмагомедова, С. Ц. Котенко // Пиво и напитки. 2007. № 4. С. 14–15. https://elibrary.ru/ndcfbz
16. **Федосова, А. Н.** Исследование пектолитической способности дрожжей Saccharomyces Cerevisiae / А. Н. Федосова, М. В. Каледина, Н. П. Шевченко [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 3. С. 78–89. https://doi.org/10.36107/spfp.2019.184; https://elibrary.ru/qbdfci
17. **Wilkowska, A.** Combined yeast cultivation and pectin hydrolysis as an effective method of producing prebiotic animal feed from sugar beet pulp / A. Wilkowska [et al.] // Biomolecules. 2020. Vol. 10. P. 1–16. https://doi.org/10.3390/biom10050724
18. **Czyżewska, K.** Encapsulated NOLA™ Fit 5500 Lactase - An Economically Beneficial Way to Obtain Lactose-Free Milk at Low Temperature / K. Czyżewska, A. Trusek // Catalysts. 2021. Vol. 11(5). 527. https://doi.org/10.3390/catal11050527