



## СОДЕРЖАНИЕ

**З. В. Ловкис, А. Г. Мойсеенок, А. А. Шепшелев.** Из истории научно-исследовательской работы в пищевой промышленности в 1930-е годы. .... 3

### ТЕХНОЛОГИИ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ

**З. В. Ловкис, А. А. Пушкарь, Л. Г. Сергеенко, А. А. Шепшелев, Д. А. Зайченко, Н. Н. Якимович, А. А. Бильдюкевич.** Технология и опытный образец оборудования по переработке послеспиртовой барды с получением дрожжевого кормового концентрата ..... 10

**А. А. Шепшелев, Д. А. Зайченко, Л. Г. Сергеенко, А. А. Пушкарь, В. Н. Аникеев, А. А. Садовский.** Разработка ресурсосберегающей технологии и изготовление опытного образца оборудования, позволяющих сократить выход послеспиртовой барды для завода производительностью 1000 дал/сутки ..... 16

**А. В. Темрук, О. Л. Сороко, А. А. Литвинчук, В. В. Соловьев, А. В. Садовская.** Переработка отходов пивоваренного и солодовенного производства ..... 23

**З. В. Ловкис, И. К. Шрамякова, Д. В. Хлиманков, А. А. Шепшелев, Д. А. Зайченко, В. Н. Аникеев.** Разработка технологии комплексной переработки послеспиртовой барды ..... 32

**А. В. Куликов, М. П. Шабета, Н. Н. Петюшев, Ч. С. Дашкевич.** Технология производства сухой картофельной мезги ..... 36

**О. В. Дымар, И. В. Миклух, Е. В. Беспалова, А. П. Райский.** Современные селективные методы переработки молочной сыворотки и технология санитарной обработки мембранных установок ..... 44

**О. В. Дымар, В. А. Варганов, Е. В. Ефимова, А. П. Райский.** Новые виды продуктов на основе молочной сыворотки ..... 49

**О. В. Дымар, Л. Н. Соколовская, А. П. Райский.** Комбинация ферментативного гидролиза лактозы и электродиализа — основа производства сгущенных и сухих молочных продуктов нового поколения ..... 55

**О. В. Дымар, И. В. Миклух, Л. Н. Соколовская.** Новые рецептуры и оборудование для приготовления заменителей цельного молока методом сухого смешивания ..... 64

**О. Л. Сороко, С. К. Протасов, А. А. Дементьев, А. А. Дук, О. В. Желткевич.** Процесс очистки дурно пахнущих вентиляционных выбросов электрофизическим способом на опытном образце установки Ш12-ЭРУОВ ..... 69

**Т. Н. Головач, Н. К. Жабанос, Н. Н. Фурик, В. П. Курченко, С. В. Ризевский.** Особенности совместной ферментации белков молока молочнокислыми бактериями различных групп .... 76

**К. А. Алексанян, Т. М. Тананайко, О. Н. Урсул, Л. А. Ткачук, О. Л. Зубковская.** Влияние состава сырья и технологических обработок на стабильность коньяков ..... 84

**М. Р. Мардар.** Изменение основных биополимеров зерновых продуктов в процессе технологической обработки ..... 95

**Л. А. Мельникова.** Управление микробиологическими рисками при производстве пищевых продуктов ..... 101

*Статья посвящена вопросу истории становления и развития науки в области пищевой промышленности Беларуси. На основе исторических и архивных материалов описывается процесс становления первого НИИ пищевой промышленности, основные направления деятельности и достижения белорусских ученых в тридцатые годы XX в.*

## **ИЗ ИСТОРИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ В ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В 1930-Е ГОДЫ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З. В. Ловкис, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор,  
генеральный директор;*

*А. Г. Мойсеенок, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор биологических наук,  
профессор, главный научный сотрудник – руководитель группы микронутриентов;*

*А. А. Шеншелев, кандидат технических наук, заместитель генерального директора  
по научной работе*

Предтечей современного многопрофильного РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» является УП «Белорусский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт пищевых продуктов», основанный в соответствии с постановлением СМ РБ от 14 февраля 2001 г. № 191 и приказом Белорусского государственного концерна пищевой промышленности «Белгоспищепром» от 14 февраля 2011 г. № 44 на основе слияния отдельных научных лабораторий и институтов [1]. Свое современное название учреждение получило в 2006 г. согласно Указу Президента РБ от 18 апреля 2006 г. № 242 «О создании научно-практических центров НАН Беларуси и некоторых мерах по осуществлению научной деятельности». За весь период существования ведущее научное учреждение пищевой отрасли подтвердило свой высокий потенциал в решении технологических и технических проблем производственной сферы, что способствовало обновлению ассортимента продуктов питания, осуществлению контроля качества продуктов и сырья, техническому перевооружению и строительству предприятий пищевой промышленности. Организован конструктивный процесс подготовки научных кадров, налажено межведомственное и международное научное сотрудничество. Итоги последнего десятилетия обобщены в специальном издании [2] и получили высокую оценку производителей и научного сообщества.

В настоящее время в РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по продовольствию» создается музей истории «пищевой» науки Беларуси, которая имеет давние традиции. Ее зарождение, как следствие возрастающих потребностей пищевой промышленности молодой советской республики, относится к 20-м гг. XX в. Благодаря юбилейному изданию «Работы Белорусского научно-исследовательского института пищевой промышленности» [3] становится известным факт открытия заводской лаборатории при Минском дрожжевом заводе «Красная Заря», которая в начале 1926 г. становится Центральной химической лабораторией Белпищетреста с расширенными функциями контроля продукции периферийных предприятий. Сотрудниками начаты и научные исследования, в частности, по оценке различных сортов ячменя для целей пивоварения и др., организованно снабжение дрожжевых заводов республики чистыми культурами дрожжей, внедрены новые методы анализа (определение жира в льняном жмыхе, удельного веса мелассы и патоки и др.).

Уже к 1925 г. БССР достигнут довоенный уровень посевных площадей, урожайности, валового сбора зерна, однако руководство страны ставило дополнительные задачи на грани возможностей коллективных и единоличных хозяйств, при этом в 1926 г. кустари давали более 40 %

промышленной продукции. Определились и особенности социалистического строительства республики — ориентирование на местное сырье, первоочередное развитие легкой и пищевой промышленности на базе существующих предприятий дрожжевой, пивоваренной, маслособойной, паточной, кондитерской и крахмальной промышленности. Модернизация производств требовала научных рекомендаций, разработки и заимствования новых технологий, а сырьевой сектор уже не был способен удовлетворить растущие запросы перерабатывающих предприятий и удовлетворение внутреннего и внешнего рынка. Идея развития хуторских (фермерских) хозяйств весьма перспективная для хозяйствования в условиях белорусского землепользования была осуждена политической кампанией против так называемой «прищеповщины». Тем не менее к концу пятилетки в колхозах БССР числилось только 43 % крестьян (в СССР — 60 %). Приближался кризис хлебозаготовок зимы 1927—1928 гг., доминирование принудительного принципа формирования коллективных хозяйств и раскулачивание [4].

К концу 20-х гг. стало очевидным, что переход пищевой отрасли на индустриальный путь развития должен сопровождаться соответствующим контролем потребляемых продуктов, воды, предупреждать возможность возникновения пищевых токсикоинфекций. В системе народного комиссариата труда был в 1928 г. (по другим данным — в 1927 г.) основан институт охраны труда, первым директором стал известный специалист в области пищевой гигиены — профессор М. М. Экземплярский. Изначально в структуре института действовала промышленная лаборатория (заведующий П. В. Остапеня), осуществлявшая исследования качества воды, систем водоснабжения, контроль качества продуктов питания, обнаружение вредных химических примесей, оценку общественного питания. Сформированный в последующем отдел пищевой гигиены (руководитель — магистр фармакологии Д. И. Найдус, профессор М. М. Экземплярский) начал исследования физиологических основ питания, воздействия вегетарианства и режима питания на работоспособность человека, развития ряда соматических заболеваний, обусловленных нарушением питания [5]. К 1933 г. учреждение трансформировалось в Институт социалистического здравоохранения и гигиены со штатом в 50 человек и его деятельность оказала существенное влияние на возникновение и становление первого научного учреждения пищевой промышленности.

В 1930 г. Центральная химическая лаборатория Белпищетреста, как и пищевые предприятия республики, была передана в ведение Наркомснаба БССР, а в феврале 1932 г. на ее базе, а также Белорусского филиала Всесоюзного плодоовощного института согласно Постановлению СНК БССР № 13 был организован НИИ пищевой промышленности [3]. В структуре Института действовали самостоятельные сектора: бродильный, плодоовощной, крахмало-паточный, маслобойно-жировой, аналитический и экономический. В 1932—1937 гг. Институт возглавил И. Пузанов. Его заместителем по научной части являлся к. т. н. С. Позняк [6]. Основное подразделение размещалось на заводе «Красная заря», а в последующем Институту были дополнительно переданы площади в 150—200 м<sup>2</sup> (ул. Немига, 9 и Революционная, 3), а в 1934—1937 гг. Институт находился в помещениях пл. Свободы 21/1 и ул. Советская, 33. Таким образом, деятельность Института в первое пятилетие существования осуществлялась на приспособленных площадях, что не способствовало налаживанию эффективной работы. Отягощала коллектив ведомственная чехарда (ликвидация Наркомснаба и передача в ведение Наркомместпрома), постановка задач, далеких от перерабатывающих технологий. С 1934 г. организованы микробиологическая лаборатория и научно-производственная фиксальная лаборатория, а с 1936 г. передано опытное поле (84 га) на ст. Михановичи. В 1937 г. Институт оказался в структуре НК Пищепрома БССР с укрупнением бродильной и жировой лабораторий и присоединением филиала Института рыбного хозяйства НК Пищепрома СССР в качестве Отдела. Направления научной и производственной деятельности БелНИИ пищевой промышленности в 30-е гг. опубликованы в исторической справке [2]. В обобщенном виде они включают: 1) изыскание сырья; 2) организация и совершенствование пищевых технологий; 3) экономика пищевой промышленности.

Помимо указанных направлений работы коллектив Института осуществлял функцию снабжения производств чистыми культурами микроорганизмов (пекарские и винодельческие дрож-

жи, ацидофильные препараты) и поставку фиксанальных растворов (для химимических лабораторий СССР).

Каковы же реальные достижения института за первое 5-летие существования? Импортозамещение в производстве растительного масла разрешалось путем использования в качестве сырья белой горчицы, хорошо вызревающей в местных условиях и приносящей урожай до 10 ц с 1 га. Апробирована технология получения высококачественного маргарина на Гомельском жирокOMBинате. Другим перспективным сырьем предполагалась кольза, культивируемая на торфяных почвах с урожайностью в среднем 15 ц/га. Этот продукт использован в технологии получения хозяйственного мыла. Это направление исследований оказалось чрезвычайно результативным: разработаны рецептуры стиральных порошков и моющих средств, заменяющих мыло, а их производство освоено местной промышленностью [6]. Изучена пищевая ценность семян и мякоти голозерной тыквы и разработана технологическая схема очистки семян. Последние послужили сырьем для изготовления начинки для конфет и карамели (Минская кондитерская фабрика «Коммунарка»), а также производства халвы (предприятия Ленинграда и Бобруйска). Из мякоти тыквы с добавкой ягодного пюре изготовлена карамельная начинка, что в сочетании с уменьшением потерь в производстве получило высокую оценку специалистов кондитерской промышленности.

Сотрудники института обследовали 39 районов БССР и оценили товарные качества и химический состав 21 сорта яблок, из которых 14 включено в промышленный ассортимент [7]. Осуществлены также работы по совершенствованию технологии производства хлебопекарных дрожжей, пива, молочной кислоты, крахмала, плодово-ягодных вин и разработаны технологии производства новых видов продуктов: ацидофильного молока, кефира, кумыса, игристых вин, мальтозной патоки. Оказывалась помощь промышленным предприятиям как в контроле производства продукции, так и в совершенствовании методов анализа, выявлении потерь и утилизации отходов производства [3,6].

Конец 20-х — начало 30-х гг. — период возникновения и развития витаминного направления пищевой промышленности — разработка технологий производства витаминных препаратов и витаминизированных пищевых продуктов. Как известно, витамин А был открыт еще в 1913 г., но только в начале 30-х гг. выяснилась роль каротина как витаминного предшественника и эффективность ретиноидов в профилактике и лечении болезней глаз. Исследования А-витаминной ценности пищевых продуктов и сырья стало чрезвычайно актуальным. Еще более ранние работы о причине заболеваемости бери-бери и цингой (скорбут) в связи с питанием, введение в 1912 г. выяснение К. Функом, в 1912–1913 гг. Хольстом и Фрелихом термина «бери-бери витамин» и распределения антискорбутного вещества в пищевых продуктах и его устойчивости при различных условиях [8], стали базисом научно-практической дисциплины — витаминологии, сохраняющей актуальность до настоящего времени.

Судя по архивной справке [6], в Институте пищевой промышленности проведены исследования по получению каротиноидных концентратов (методом кислотного осаждения) и кристаллического каротина из концентратов. Выявлена сырьевая ценность моркови, условий ее хранения, определены оптимальные сорта для сохранения каротина. В качестве других витаминных источников изучались листья крапивы и плоды шиповника. При экстракции витамина С из шиповника применен метод анаэробного брожения, который в дальнейшем использован для очистки и осветления витаминсодержащих соков и экстрактов из разнообразных плодов и ягод. Особое внимание уделялось вопросу сохранения витамина С в различном сырье в процессе переработки его на вино и соки и сохранения его в готовом продукте. Справка содержит следующую информацию: «Вина на основе шиповника, яблок, клубники, ревеня, земляничного томата и соки из различных сортов томатов, клюквы, капусты и шпината. Установлено, что наиболее подходящим сырьем для получения вина, богатого витамином С, является шиповник, плоды которого при высоком содержании витамина С не содержат окисляющих его ферментов; что после 7–8 месяцев хранения содержание витамина С колебалось в пределах 75–80 % от первоначально экстрагированной аскорбиновой кислоты. Процесс брожения создает условия для сохранения витамина С...». Указанные исследования продолжены с томатным

соком, выявлены существенные потери С-витаминной ценности в шпинатном, брюквенном и капустном соках. Безусловно, перспективные работы на основе местного сырья, осуществленные в 1933–1937 г., не получили производственной перспективы, как указывается в архивной справке, по причине отсутствия технологического оборудования, параллельной организации научных исследований в Головном витаминном институте (г. Москва), развертывании специализированных витаминных производств. Был сделан вывод о передаче технологий получения витамина С из шиповника и каротина из моркови Всесоюзному витаминному институту [6].

Причина утраты актуального перспективного направления, как и иных ценных разработок, заключалась в другом. В Республике Беларусь развертывалась политическая кампания борьбы с «вредительской деятельностью». В мае 1931 г. «в процессе выявления причин как срыва, так и нереальности планов заготовок сельскохозяйственного сырья и продуктов была раскрыта вредительская организация в планирующих и заготовительных организациях БССР. «Вредительская деятельность» выражалась в неритмичной работе государственных организаций, ответственных за заготовки хлеба, мяса, картофеля, овощей, кожевенного сырья, льна, льняного семени, в «расстройстве и срыве рабочего снабжения», срыве строительства овощекартофеле-сушилок, «в подрыве деятельности картофелеперерабатывающей промышленности БССР (винокуренной и крахмальной)» [9]. Это в полной мере затронуло зарождающиеся научные учреждения республики, развитие которых было поставлено на новый уровень в связи с открытием 1 января 1929 г. Белорусской АН и принятием в июле 1931 г. Постановления Совнаркома об организации комиссии помощи ученым по работе и материально-бытовому положению [10].

В эти годы перспективный выпускник Белорусской сельскохозяйственной академии Вечер Александр Степанович (рис. 1), окончивший аспирантуру Центральной химической лаборатории НИИ сельского и лесного хозяйства БССР (1930–1931 гг.), приобретший опыт работы в области химии плодоовощной продукции в Сочинской зональной опытной станции (1932 г.), избирается по конкурсу на должность руководителя отдела НИИ пищевой промышленности БССР. А. С. Вечер пришел в Институт со своим направлением научных исследований — это витаминология, биохимия плодов и овощей, поиск новых видов сырья с витаминной ценностью. Область его научных интересов была широкой: технологии сушки картофеля, оценка топинамбура и мексиканского томата как перспективных пищевых продуктов, разработка методов исследования витаминов А и С, способов получения каротиновых концентратов и каротина из моркови.



Рис. 1. Александр Степанович Вечер

За короткий период (1932–1935 гг.) А. С. Вечер опубликовал 3 монографии и 5 статей, в 1935 г. по результатам исследований ему присваивается ученая степень кандидата химических наук без защиты диссертации и звание старшего научного сотрудника по специальности биохимия рас-

тений. Одна из разработок А. С. Вечера этого периода по получению концентрата каротина имела мировой приоритет (А.С. СССР № 56350, 1940 г.) [11]. Кроме научной работы в НИИ пищевой промышленности Александр Степанович ведет активную преподавательскую работу: читает курс химии по товароведению плодов и овощей в Институте народного хозяйства и по технологии и производству слабоалкогольных напитков и вин в Политехническом институте. К несчастью, творческий путь ученого был прерван волной репрессий, он был исключен из рядов ВКП(б) с формулировкой «как ошибочно принятый», потерял работу. Серьезным поводом послужило участие в поэтическом объединении «Молодняк», за «вольнодумство», за издание сборника стихотворений «Кола дзен», редактирование журнала «Шляхі калектывізацыі». По воспоминаниям самого А. С. Вечера формальной причиной была критика руководящих работников Слуцкого района в статье «Мазурка пад кулацкую дудку», опубликованная в газете «Савецкая Беларусь». Обиженные руководители прибегли к клевете, подлогом «...объявили хозяйство матери кулацким, а мать и, живущих с ней, брата и сестру выслали за пределы Беларуси» [11]. Угроза репрессий нависла над ученым и его семьей. По воспоминаниям сына (Вечер Алим Александрович): «Уехала семья (из Минска) в 1937 г. Дело в том, что в 1935–1936 гг. стали исчезать наши друзья и родственники и мать настояла на перемене места жительства» [11]. В 1937 г. А. С. Вечер воспользовался вакансией в Кубанском сельскохозяйственном институте, где он был избран заведующим кафедрой хранения и переработки плодов и овощей. В последующем он трудился в Институте виноделия и виноградарства и Институте пищевой технологии в г. Краснодаре, где руководил кафедрой технологии виноделия. Доброе имя А. С. Вечера вспоминают несколько поколений советских виноделов [11]. В 1951 г. ему присвоена ученая степень доктора биологических наук и ученое звание профессора. Только в 1959 г. Александр Степанович возвратился в г. Минск, где был избран заведующим отделом биохимии растений Института биологии АН БССР (ныне Институт экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси) и избран членом-корреспондентом АН БССР. В 1966 г. избран действительным членом АН БССР. Заслуженный деятель науки и техники БССР (1975). Принял активное участие в создании Отдела регуляции обмена веществ АН БССР в Гродно (1970), формируя его витаминологическое направление исследований. Умер академик Вечер А. С. 4 мая 1985 г. [13].

Возвращаясь к событиям середины 30-х гг., следует еще раз подчеркнуть, что политическая и деловая атмосфера в научном сообществе Беларуси, в планирующих органах в перерабатывающей отрасли и, в целом, экономике Белорусской ССР была, безусловно, антигосударственной и антинародной, хотя репрессивные действия принесли первоначальный результат. Даже в критических условиях 1933 г. хлебозаготовки оказались выполненными на 104,6 %, мясозаготовки на 120,2 %, процент выполнения плана льнозаготовок повысился до 65,1 %, картофеля до 82,3 %. Цена этих % была чрезмерной: только за декабрь 1932 — май 1933 г. было арестовано 29 018 человек — «членов контрреволюционных организаций и кулацких групп» [9]. Во второй половине 30-х гг. уголовные наказания за невыполнение планов стали нормой. Дефицит продуктов питания наблюдался до конца 1935 г., с января 1935 г. были отменены карточки на хлеб, крупу, муку, с октября — на все оставшиеся нормированные товары. Сократилось число спецраспределителей, мест где выдавались пайки, но им была уготована долгая жизнь.

В условиях сталинской диктатуры на плечи работников пищевой промышленности ложилась особая ответственность и пристрастие репрессивных органов. Венцом этой политики стало раскрытие «контрреволюционной вредительской организации» в пищевой промышленности в пригородных хозяйствах БССР (июнь 1933 г.) [9]. Судя по докладу республиканских чекистов в НКВД СССР в марте 1938 г. в Беларуси оказалась низкая выработка на трудодень, снижение конского поголовья, выявлены объемные приписки зерновых площадей, падеж крупного рогатого скота, нарушение севооборота... Причина — отсутствие специалистов, плохое руководство... По мнению НКВД БССР: «...если местные организации до сих пор не могут найти преданного и толкового наркома, надо прислать работника из Москвы или другого края» [9].

Несмотря на чрезвычайные обстоятельства работы в пищевой промышленности, деятельность НИИ пищевой промышленности в Минске не прекращалась. В 1934 г. был издан сборник работ НИИПП БССР, вып. 1 (дальнейшие сборники не выявлены), в 1939 г. сборник работ молодых

научных работников. Известны публикации 30-х годов: Семенюк М. С., Герасимов А. С., Шур И. Я., Захарич Ф. Ф. по экономобоснованию строительства Могилевского крахмально-паточного комбината (1936); Вечер А. С., Марон Г. Х. «О топинамбуре как пищевом продукте» (1934); Марон Г. Х. «Об употреблении тыквы в кондитерской промышленности» (1934); Ревенко А. И., Лесновской В. В., Шаплыко В. В., Вечер А. С. по технологии виноделия (1935, 1939 гг.); Позняк С. И., Безносик С. М., по производству и консервированию дрожжей (1935), Клячкин Л. И. по режиму работы моечного и центрифужного оборудования крахмальных заводов (1935), Прохоров А. А., Клячкина Е. С., Минькевич Г. С. по рафинации горчичного и конопляного масла и технология двойного прессования, производство маргарина (1934–1936) [3]; Кудин К. И., Курбатов И. М., Речник С. А. по кислотофильным продуктам с дрожжами (1936, 1939); Марон Г. Х., Позняк С. И., Вечер А. С., Любошиц А. Л., Клячкин Л. И., Эйдельман З. С., Науменко М. А., Дербенцова Н. А. по химико-технологическому контролю производства (1935, 1939); Семенюк М. С. по экономике и технологиям масличных культур БССР (1934); Ярмошевич И. М. по производству в БССР картофельного саго (1934 г.) по способу хранения яблок в торфе (1934); Позняк С. И., Горелик Л. Г. по технологии квасоварения (1935). Работники института занимались и общими вопросами землепользования в республике: известна публикация Прохорова А. А., Клячкиной Е. Л. по отбельным землям БССР и их применению (1934). Некоторые публикации близки к обобщающим (фундаментальным, возможно, диссертационным разработкам): Л. Б. Калер (1939), Пейсахович Ф. Г., Чистовская Л. И. (1939), в которых авторы описывают получение пищевого лецитина [14] и высококачественного пищевого сала [15].

С июля 1937 г. в НИИ пищевой промышленности БССР действовал отдел рыбного хозяйства, занимающийся рыбохозяйственным содержанием озер Витебского рыбохозяйства, особенностями ведения прудовых хозяйств и применением суперфосфата. Отдел взаимодействовал с Белрыбтрестом, активно участвовал в проведении стахановской декады. В целом Институт на 1 декабря 1938 г. насчитывал 127 штатных единиц, в том числе специалистов с высшим и средним техническим образованием 55 человек. В составе структурных подразделений специалистов: крахмально-паточное — 8; жировое — 8; бродильное — 9; микробиологическое — 5; фиксанальное — 6; экономическое — 7; рыбохозяйственное — 2. В числе научных работников было 2 профессора, старших научных работников и доцентов — 10, младших научных работников — 34, кандидатов наук 5 и 3 человека, закончивших аспирантуру. Три профессора работали по совместительству в качестве консультантов (из Москвы). Парторганизация только была создана в 1938 г. из-за малочисленности партийной прослойки сотрудников.

Существует итоговая оценка деятельности Института, представленная на рассмотрение директивным органам в 1938 г., согласно которой констатируется, что создание в БССР пищевой промышленности и ее рост за две сталинские пятилетки обусловили организацию и рост республиканского НИИ пищевой промышленности. Деятельность Института определялась требованиями производства и включала изыскание новых видов сырья, организацию новых видов пищевых производств, рационализацию существующих производств, экономическое обоснование нового пятилетнего плана. В Институте создана необходимая материально-техническая база и подготовлены научные кадры. В качестве недостатков указывает слабое внедрение завершенных работ в производство и наблюдение за внедренными разработками, недостаточно углубленная разработка и незаконченность тем, а также, в целом, слабая связь с промышленностью и стахановским движением [6].

Можно полагать, что в существующих политических и экономических условиях 30-х гг. в БССР, несмотря на очевидные кадровые потери и волюнтаристский подход к осознанию роли научно-технического прогресса в развитии производительной сферы, Белорусский НИИ пищевой промышленности пережил период становления и создал необходимые предпосылки для упрочнения научного сопровождения перерабатывающей отрасли страны. Об этом свидетельствуют обобщающие издания 1958 г. [3], 2011 [2], а главное, высокий уровень и динамический процесс движения пищевой промышленности страны в современности и традици-



онно высокий инновационный потенциал ученых, работающих в сфере пищевых технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ловкис, З. В.* 10 лет пищевой промышленности / З. В. Ловкис // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2011. — № 2. — С. 4–11.
2. Научные достижения в пищевой промышленности Республики Беларусь / З. В. Ловкис [и др.]; под общ. ред. З. В. Ловкиса. — Минск, 2011. — 180 с.
3. Работы Белорусского научно-исследовательского института пищевой промышленности (к 40-летию БССР) / ред. коллегия А. Д. Митюков [и др.]. — Минск, 1958.
4. Пищевая промышленность БССР [Электронный ресурс] — 2012. — Режим доступа: <http://coolreferat.com> — Дата доступа: 05.04.2012.
5. *Эльяшевич, Е. Г.* Развитие медицины, в том числе санитарии и гигиены в БССР в предвоенный период (1918 — 1940) / Е. Г. Эльяшевич, Л. Л. Каплич, Д. И. Каплич [Электронный ресурс]. — 2012. — Режим доступа: [http://www.bsmu.by/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2758](http://www.bsmu.by/index.php?option=com_content&view=article&id=2758). — Дата доступа: 05.04.2012.
6. *Тишков, С.* Справка о работе Белорусского научно-исследовательского института пищевой промышленности за период 1945–1954 гг. / С. Тишков // Гос. архив Октябрьской революции и социалистического строительства БССР / фонд 54, оп. 1 уд., д.102. — 42 с.
7. *Церевитинов, Ф. В.* Химия и товароведение свежих плодов и овощей / Ф. В. Церевитинов. — Том II. — М.: Госторгиздат, 1949.
8. *Шерман, Г.* Химия пищи и питания / Г. Шерман; пер. с 4-го изд.; под ред. Б. И. Збарского. — Москва; Ленинград, 1937. — 503 с.
9. *Протьюко, Т. С.* Становление советской тоталитарной системы в Беларуси (1917–1941 гг.) / Т. С. Протьюко. — Минск: Тесей, 2002. — 688 с.
10. 70-летие Национальной академии наук Беларуси. Документы и материалы юбилейных торжеств; ред. А. П. Войтович [и др.]. — Минск, 2000. — 540 с.
11. Академик А. С. Вечер. Воспоминания современников (Серия «Людзі беларускай навукі»). — Минск, 2005. — 100 с.
12. Биобиблиографический указатель научных трудов академика АН БССР А. С. Вечера (к 80-летию со дня рождения). — Минск, 1985. — 50 с.
13. Национальная академия наук Беларуси. Персональный состав; ред. Н. А. Борисевич [и др.]. — Минск, 1998. — С. 31.
14. *Калер, Л. Б.* Получение пищевого лецитина из семян алкалоидного и безалкалоидного люпина и его химическая характеристика / Л. Б. Калер // Работы Белорусского научно-исследовательского института пищевой промышленности (к 40-летию БССР); ред. коллегия А. Д. Митюков [и др.]. — Минск, 1958. — С. 35.
15. *Пейсахович, Ф. Г.* Получение высококачественного пищевого саломаса / Ф. Г. Пейсахович, Л. И. Чистовская // Работы Белорусского научно-исследовательского института пищевой промышленности (к 40-летию БССР); ред. коллегия А. Д. Митюков [и др.]. — Минск, 1958. — С. 38.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 16.01.2013*

**Z. V. Lovkis, A. G. Moiseenok, A. A. Shepshelev**

### HISTORY RESEARCH IN THE FOOD INDUSTRY IN 1930

The article focuses on the history and development of science in the field of food industry in Belarus. Based on historical and archival material through the process of becoming the first Institute of Food Industry, the main activities and achievements of the Belarusian scientists in the thirties of XX century.

*Цель работы — разработка технологии и изготовление опытного образца оборудования по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата производительностью 50 кг/ч по готовому продукту. Из семи изученных штаммов-продуцентов микробного белка был научно обоснован выбор продуцента, проявляющего наибольшую биосинтетическую активность и глубоко утилизирующего органические соединения, содержащиеся в фильтрате барды, при этом ХПК снижается в 7 раз. Штамм-продуцента не является патогенным и токсичным и может быть использован в микробиологическом производстве. Разработана технология и изготовлены опытные образцы оборудования: дробилка мокрого помола, спиральный теплообменник, эрлифтные ферментеры I и II ступени культивирования, сушилка, оборудование для упаковки готовой продукции. По разработанной технологии получен кормовой концентрат с содержанием белка 47,0–55,0 %.*

## **ТЕХНОЛОГИЯ И ОПЫТНЫЙ ОБРАЗЕЦ ОБОРУДОВАНИЯ ПО ПЕРЕРАБОТКЕ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ С ПОЛУЧЕНИЕМ ДРОЖЖЕВОГО КОРМОВОГО КОНЦЕНТРАТА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*З. В. Ловкис, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор,  
генеральный директор;*

*А. А. Пушкарь, кандидат технических наук, старший научный сотрудник группы по  
спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной  
продукции;*

*Л. Г. Сергеенко, руководитель группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела  
технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*А. А. Шепшелев, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по  
научной работе;*

*Д. А. Зайченко, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по  
инновационной работе и внедрению*

**ГНУ «Институт физико-органической химии Национальной академии наук Беларуси»**

*Н. Н. Якимович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник отдела ле-  
карственных веществ;*

*А. А. Бильдюкевич, кандидат химических наук, старший научный сотрудник отдела  
лекарственных веществ*

В современных условиях при постоянном росте цен на сырье и энергоресурсы, ввиду необходимости снижения себестоимости выпускаемой продукции, стоит задача по созданию новых ресурсосберегающих технологий, позволяющих более эффективно использовать сырье и отходы производства, улучшить экологическую обстановку [1, 2].

Спиртовые предприятия как Республики Беларусь, так и Российской Федерации по удельным затратам в структуре себестоимости готовой продукции уступают зарубежным, так как в основной массе практически все схемы производства этилового спирта являются однопродуктовыми. При этом эффективно используется только крахмалистая часть зерна.

Внедрение технологии, обеспечивающей получение пищевого этилового спирта с параллельной переработкой барды — реальный и перспективный путь модернизации спиртовых заводов, способный обеспечить повышение их рентабельности и конкурентоспособности на рынке [3].

В этой связи целесообразно рассматривать послеспиртовую барду, как один из основных сырьевых ресурсов для получения микробиологического белка.

Цель работы — разработка технологии и изготовление опытного образца оборудования по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата производительностью 50 кг/ч по готовому продукту.

Научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы выполнялись в рамках Научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» раздел А «Создание ресурсосберегающих технологий и оборудования для комплексной переработки сырья на спирт и белково-углеводные кормовые продукты» [4]. Главным исполнителем от Российской Федерации выступало ОАО «НПО «Прибор», от Республики Беларусь — РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».

Для реализации поставленной цели были определены задачи:

- ♦ провести анализ научных публикаций и патентные исследования по технологиям и комплекту оборудования для переработки послеспиртовой барды, установить наиболее перспективные направления производства белково-углеводных кормовых продуктов;
- ♦ провести изыскательские работы и научно обосновать выбор продуцента белковой биомассы, эффективно утилизирующего питательные вещества послеспиртовой барды;
- ♦ исследовать патогенность и токсичность штамма-продуцента микробиологического белка;
- ♦ изучить процессы механической и ферментативной деструкции биополимеров послеспиртовой барды и оптимизировать процесс ферментативного гидролиза дробины барды;
- ♦ установить оптимальные режимы ферментации продуцента белковой биомассы на послеспиртовой барде, в том числе с использованием в качестве дополнительных источников питания гидролизата дробины барды, полупродуктов и побочных спиртосодержащих продуктов производства этилового спирта;
- ♦ разработать проект технологической схемы производства по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата;
- ♦ разработать и изготовить макетные образцы основного технологического оборудования, изготавливаемого в Республике Беларусь, и провести комплекс экспериментальных исследований по отработке режимов разрабатываемых процессов и конструктивных особенностей опытных образцов оборудования;
- ♦ разработать и изготовить опытные образцы новых видов оборудования и машин;
- ♦ разработать технологию по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата.

На основании проведенного анализа научных публикаций и патентных исследований было установлено, что наиболее перспективна глубокая переработка послеспиртовой барды с использованием микроорганизмов и получением на основе барды концентрата белковой биомассы, что позволяет увеличить глубину очистки отходов спиртового производства и повысить кормовую безопасность Республики Беларусь и Российской Федерации.

Доступные литературные данные по технологиям глубокой биохимической утилизации сложных многокомпонентных смесей органических веществ позволяют утверждать, что высокая продуктивность ферментеров по целевому белковому продукту и максимальная ассимиляция компонентов послеспиртовой барды зависят от метаболических особенностей культивируемого штамма-продуцента белковой биомассы. При этом высокая физиологическая активность микроорганизма определяется оптимальными параметрами ферментации и сбалансированным составом питательной среды.

Снижение себестоимости кормового концентрата на основе послеспиртовой барды и увеличение его кормовой ценности возможно, благодаря обогащению среды культивирования источниками углеводного питания, утилизируемыми продуцентом белковой биомассы: различными полупродуктами и побочными продуктами спиртового производства, гидролизатом дробины

послеспиртовой барды и др. При этом решающее значение приобретает оптимизация технологии биосинтеза продуцента с учетом возросшего углеводного потенциала.

На основании проведенных исследований, из семи изученных штаммов-продуцентов микробного белка был научно обоснован выбор продуцента рода *Candida*, проявляющего наибольшую биосинтетическую активность при выращивании на питательных средах, содержащих грубый фильтрат послеспиртовой барды (рис. 1).

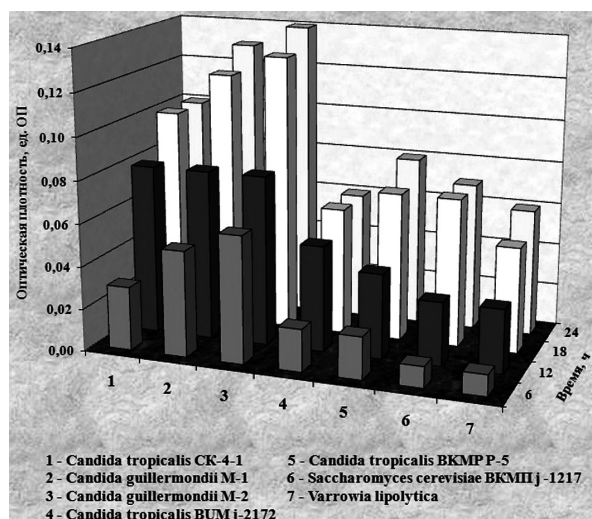


Рис. 1. Динамика накопления биомассы различными продуцентами белка

Установлены оптимальные параметры культивирования микроорганизма и оптимизирован солевой состав, необходимый для максимального накопления его биомассы.

Важное значение при выращивании кормовых дрожжей с использованием в качестве питательной среды грубого фильтрата послеспиртовой барды имеет степень ассимиляции усвояемых веществ, содержащихся в барде. Усвояемость органических соединений из послеспиртовой барды при выращивании дрожжей определяли по комплексному показателю химического потребления кислорода (ХПК).

На рис. 2 представлена динамика накопления биомассы продуцента и уровень утилизации органических веществ при выращивании на питательной среде, приготовленной на основе грубого фильтрата послеспиртовой барды с добавлением оптимального количества минеральных солей.

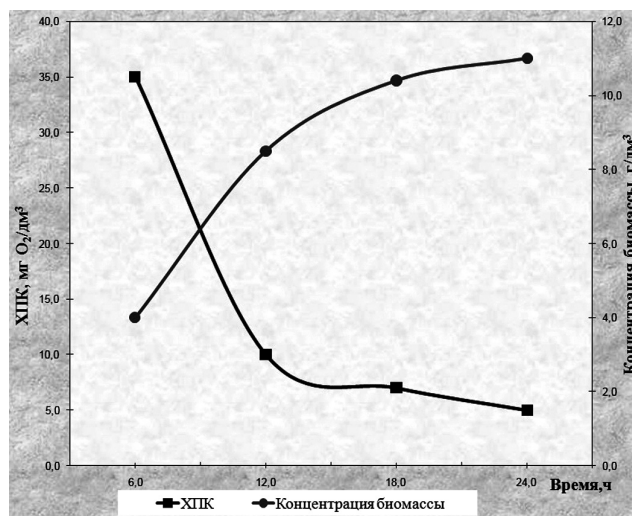


Рис. 2. Ассимиляция усвояемых веществ барды и уровень накопления биомассы в зависимости от времени выращивания продуцента белка

Продуцент белка глубоко утилизирует органические соединения, содержащиеся в фильтрате барды, при этом ХПК фильтрата зерновой послеспиртовой барды после культивирования снижается с 35 000–37 000 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup> до 5500–5000 мг  $O_2$ /дм<sup>3</sup>, т. е. примерно в 7 раз.

Проведение научно-исследовательских работ по изучению патогенности и токсичности штамма продуцента микробного белка позволило установить, что исследованный штамм дрожжей рода *Candida* не обладает какой-либо патогенностью и вирулентностью при парентеральном (подкожном) введении лабораторным животным живой суточной культуры, как в максимальных, так и в минимальных концентрациях. Штамм оказался безвредным при исследовании культуры на лабораторных животных и может быть использован в микробиологическом производстве. При проведении работ по изучению патогенности и токсичности продуцента микробного белка была уточнена его видовая принадлежность.

Подобран ферментный препарат, эффективно гидролизующий некрахмалистые полисахариды дробины барды, и оптимизированы условия проведения процесса ферментативной деструкции биополимеров дробины барды. В процессе экспериментальных исследований установлено, что диспергирование дробины барды в процессе ферментативного гидролиза интенсифицирует растворение сухих веществ дробины барды и способствует сокращению продолжительности процесса ферментативной обработки.

Гидролизат при внесении его в состав питательных сред, содержащих в качестве основного компонента фильтрат барды, способен стимулировать рост и обеспечить дополнительное накопление биомассы продуцента. Наиболее рациональное количество гидролизата дробины барды составляет 30 % от количества грубого фильтрата послеспиртовой барды. При этом количество полученной биомассы продуцента увеличивается приблизительно на 10–12 %.

Для моделирования и отработки отдельных стадий технологического процесса производства дрожжевого кормового концентрата были разработаны техническое задание и комплект конструкторской документации на изготовление «Макетной установки для мокрого помола Ш12-УМП» (рис. 3) — для изучения и совершенствования измельчения дробины барды, зерновых замесов; «Макетной теплообменной установки Ш12-УМТ» — для проведения лабораторных исследований по изучению процесса охлаждения нагретых жидкостей, образующихся при переработке растительного сырья (спиртовое производство, пивоваренное производство и т. д.).

Установлено, что существенное снижение залегания взвешенных частиц зернового сырья обеспечивается при скоростях движения технологических сред в межвитковом пространстве спирального теплообменника не менее 0,3 м/с, при этом исключается риск контаминации сула (барды) вследствие отсутствия застойных зон в теплообменной установке.



Рис. 3. Установка макетная для мокрого помола Ш12-УМП

На основании проведенной экспериментальной работы на макетной установке для мокрого помола Ш12-УМП подтверждена высокая эффективность деструкции частиц дробины барды и зерновых замесов.

В результате комплекса проведенных исследований разработана технологическая схема производства, включающая следующие основные этапы:

- ♦ центрифугирование послеспиртовой барды с разделением ее на фугат и дробину;
- ♦ ферментативная обработка дробины барды с доизмельчением зерновых включений барды на дробилке мокрого помола и ультразвуковом дезинтеграторе;
- ♦ смешивание и охлаждение фугата барды, гидролизата дробины и других источников углеводного питания для продуцента белковой биомассы;
- ♦ аэробное культивирование продуцента белка;
- ♦ концентрирование биомассы продуцента на сепарационном оборудовании;
- ♦ сушка концентрированной биомассы и упаковка готовой продукции.

Для реализации технологического процесса разработаны комплекты конструкторской документации на новые виды опытных образцов оборудования, закрепленных за белорусской стороной: дробилка мокрого помола, спиральный теплообменник (рис. 4), эрлифтные ферментеры I и II ступени культивирования, сушилка (рис. 5), оборудование для упаковки готовой продукции.

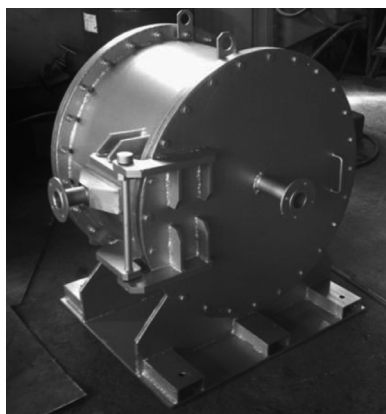


Рис. 4. Спиральный теплообменник

Опытные образцы оборудования изготовлены на Республиканском производственном дочернем предприятии «Мариз» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».



Рис. 5. Сушилка

В результате проведенной научно-исследовательской работы разработана технология и изготовлен опытный образец оборудования по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата производительностью 50 кг/ч по готовому продукту.

Оборудование, разработанное и изготовленное белорусской стороной, в комплекте с оборудованием, изготовленным в Российской Федерации, смонтировано на ООО «Спиртовой завод «Марпосадский» (Российская Федерация) по временной монтажно-технологической схеме, в связи с проведением работ по модернизации и реконструкции спиртового производства.

Проведены испытания опытного образца оборудования. Комиссия признала предъявленный опытный образец оборудования, выдержавшим Государственные приемочные испытания. Государственной приемочной комиссией предложено рекомендовать поставить опытный образец «Оборудование по переработке послеспиртовой барды и получению белковых и белково-углеводных кормовых продуктов, дрожжевого кормового концентрата производительностью 50 кг/ч по готовому продукту» на производство. По разработанной технологии получен дрожжевой кормовой концентрат с содержанием белка 47,0–55,0 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков, В. А. Технология комплексной переработки зернового сырья на спирт и концентрированные продукты / В. А. Поляков, В. П. Леденев // Тезисы доклада на научно-практической конференции «Современные ресурсо- и энергосберегающие технологии в спиртовой и ликеро-водочной промышленности». — Казань, 2000. — С. 13.
2. Теоретические и практические аспекты развития спиртовой, ликероводочной, ферментной, дрожжевой и уксусной отраслей промышленности / ВНИИПБТ; под ред. В. А. Полякова, Л. В. Римарева. — М.: ВНИИПБТ, 2011. — 298 с.
3. Солодовникова, Н. В. Некоторые пути повышения эффективности спиртового производства / Н. В. Солодовникова, Н. Н. Симонова, М. К. Герасимов // Тезисы доклада на научно-практической конференции «Современные ресурсо- и энергосберегающие технологии в спиртовой и ликеро-водочной промышленности». — Казань, 2000. — С. 22.
4. Информационно-аналитический портал Союзного государства / Научно-техническая программа Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» (2010–2012 гг.) («Отходы») [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.soyuz.by/ru/?guid=117058>. — Дата доступа: 06.02.2012.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 07.02.2013*

**Z. V. Lovkis, A. A. Pushkar, L. G. Sergeenko, A. A. Shepshelev, D. A. Zaichenko,  
N. N. Yakimovich, A. A. Bilyukevich**

### TECHNOLOGY AND EQUIPMENT PROTOTYPE ON PROCESSING POSTSPIRIT BARDS WITH RECEIVING FODDER CONCENTRATE OF YEAST

Purpose — technology development and prototyping equipment to process distillery stillage and getting protein and protein-carbohydrate feed products, yeast feed concentrate output of 50 kg/h of finished product.

Of the seven strains studied—producing microbial protein was evidence-based selection of the producer, are most biosynthetic activity and deeply dispose of organic compounds contained in the filtrate bards, while COD is reduced by 7 times. Producer strain is not pathogenic or toxic and can be used in the microbiological production.

The technology and prototypes of equipment: wet grinding mill, spiral heat exchanger, air-lift fermenters I and II stages of cultivation, drying, equipment for the packaging of products. According to the developed technology will feed concentrate with protein 47,0–55,0 %.

*В статье отражены результаты исследований по разработке ресурсосберегающей технологии и изготовлению опытного образца оборудования, позволяющих сократить выход послеспиртовой барды для завода производительностью 1000 дал/сутки. Предложенная технология производства этилового спирта из крахмалсодержащего сырья основана на переработке высококонцентрированного сула, позволяет максимально эффективно использовать биополимеры зернового сырья и вводимый спектр ферментативных препаратов; внедрена на КУПП «Маньковичи». Использование технологии и опытного образца оборудования повышает эффективность спиртового производства так же за счет снижения на 20–30 % общих энергозатрат, сокращения на 25–30 % выхода послеспиртовой барды.*

## **РАЗРАБОТКА РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ОБОРУДОВАНИЯ, ПОЗВОЛЯЮЩИХ СОКРАТИТЬ ВЫХОД ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ ДЛЯ ЗАВОДА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬЮ 1000 ДАЛ/СУТКИ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*А. А. Шепшелев, заместитель генерального директора по научной работе, кандидат технических наук;*

*Д. А. Зайченко, заместитель генерального директора по инновационной работе и внедрению, кандидат технических наук;*

*Л. Г. Сергеенко, руководитель группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли, старший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*А. А. Пушкарь, старший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, кандидат технических наук;*

*В. Н. Аникеев, инженер-технолог 1 категории группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*А. А. Садовский, младший научный сотрудник отраслевой научно-исследовательской лаборатории*

Научно-исследовательская работа «Разработка ресурсосберегающей технологии и изготовление опытного образца оборудования, позволяющих сократить выход послеспиртовой барды для завода производительностью 1000 дал/сутки» выполнялась специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и ОАО «НПО «Прибор» (Российская Федерация) в рамках Научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» [1] (далее — Программа) за 2010–2012 гг.

В соответствии с Программой, данный проект реализован на территории Беларуси на КУПП «Маньковичи».

Цель работы — проведение исследований, разработка ресурсосберегающей технологии и изготовление опытного образца оборудования, позволяющих сократить выход послеспиртовой барды для завода производительностью 1000 дал/сутки.

Объектом научно-исследовательской работы являлись процессы низкотемпературной водно-тепловой и ферментативной обработки сырья и сбраживания сула повышенных концентраций с использованием направленного ферментативного гидролиза биополимеров зернового сырья, диспергирующе-гомогенизирующего оборудования, культивирования рас термотолерантных дрожжей, позволяющих увеличить крепость бражки; охлаждения сула с использованием спиральных теплообменных аппаратов взамен вакуум-охладительной установки и теплообменников типа «труба в трубе»; автоматизация технологического процесса водно-тепловой и ферментативной обработки сырья.



Задачи, поставленные в настоящей научно-исследовательской работе:

- ♦ эффективное использование зернового сырья;
- ♦ сокращение расхода общих энергозатрат на 20–30 %;
- ♦ сокращение выхода послеспиртовой барды на 25–30 %;
- ♦ повышение качества этилового ректифицированного спирта из пищевого сырья.

Впервые разработанная ресурсосберегающая технология основана на ведении процессов водно-тепловой обработки сырья в диапазоне температур 50–87 °С и концентрации перерабатываемых сред 20,0–23,0 %, использовании диспергирующе-гомогенизирующего оборудования на стадии водно-тепловой обработки сырья; замене вакуум-охладительной установки и теплообменников типа «труба в трубе» на спиральные теплообменные аппараты; культивировании рас термотолерантных дрожжей, позволяющих увеличить крепость бражки; автоматизации технологического процесса, включая контроль и регулирование гидромодуля замеса.

Подобранный сбалансированный комплекс ферментных препаратов позволил существенно изменить режимы подготовки сырья к сбраживанию — заменить тепловую обработку замесов под давлением многостадийным ферментативным гидролизом при температуре, не превышающей 90 °С. Дальнейшее снижение температуры водно-тепловой и ферментативной обработки замесов возможно при механическом и ферментативном воздействии на зерновое сырье, направленном на деструкцию и гидролиз не только крахмала, но и других биополимеров сырья. Такое комплексное воздействие не только улучшает реологические свойства замесов и позволяет снизить температуру водно-тепловой и ферментативной обработки, но и дает возможность получать и сбраживать высококонцентрированные замесы из такого сложного в переработке сырья, каким является рожь.

Сокращение срока брожения будет способствовать уменьшению накопления примесей в бражке и, как следствие, повышению качества этилового спирта.

Методология проведения работы заключалась:

- ♦ на первом этапе — в проведении анализа научных публикаций и результатов патентных исследований; разработке проекта технологической схемы производства, проведении исследовательских работ по изучению механизма и динамики ресурсосберегающего ведения технологического процесса, синергизма действия различных ферментных препаратов, их влияния на эффективность и динамику технологического процесса; разработке исходных требований и технических заданий для разработки конструкторской документации на изготовление новых видов оборудования и машин;
- ♦ на втором этапе — в проведении исследовательских работ по установлению оптимальных режимов технологического процесса; в разработке проекта комплекта технологической документации; конструкторской документации на изготовление новых видов оборудования и машин; изготовлении оборудования;
- ♦ на третьем этапе — в проведении монтажа опытного образца оборудования и пусконаладочных работ на предприятии-потребителе; проведении государственных приемочных испытаний; отработке технологических режимов в производственных условиях; доработке и утверждении комплекта технологической документации на ресурсосберегающую технологию производства этилового спирта.

Результаты выполненных на первом этапе аналитических и экспериментальных работ показали, что увеличение степени измельчения частиц зерна, поступающих на водно-тепловую и ферментативную обработку, позволяет снизить температуру обработки крахмалсодержащего сырья, что и легло в основу разработки проекта технологической схемы ресурсосберегающей технологии.

В лабораторных условиях были проведены исследования по подбору эффективного комплекса ферментных препаратов для направленного гидролиза биополимеров зернового сырья, изучены реологические характеристики замесов при различных температурных режимах водно-тепловой обработки.

Анализ реологических свойств (текучести) зернового замеса (рис. 1) показал, что на стадии приготовления и первой стадии гидроферментативной обработки при оптимальных темпера-

турных режимах лучшие реологические характеристики среды зафиксированы при продолжительности гидроферментативной обработки не менее 2,0 ч.

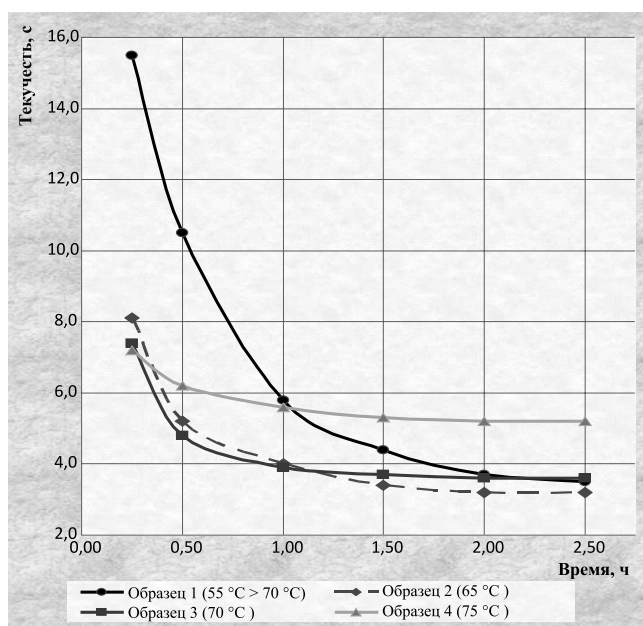


Рис. 1. Динамика изменения реологических свойств зернового замеса при различных температурных режимах

Также осуществлены изыскания по установлению оптимальных параметров ферментативного гидролиза на стадиях приготовления замеса, первой и второй стадий гидроферментативной обработки крахмалсодержащего сырья [2]. Изучена эффективность процесса сбраживания образцов суслу с повышенной концентрацией сухих веществ при дополнительном внесении в сусло ферментного препарата кислой протеазы [3] и применении диспергирования на стадии приготовления замеса.

Исследования показали, что при использовании кислых протеаз в процессе брожения интенсифицируется процесс утилизации углеводов сбраживаемого суслу. Лучшие показатели содержания несброженных углеводов в зрелой бражке отмечены при расходе препарата кислой протеазы, получаемого из штамма *Aspergillus niger* не менее 0,05 ед. ПС/г условного крахмала.

Результаты изменения морфологических свойств и накопления дрожжевых клеток в бражке при внесении препарата кислой протеазы показаны на рис. 2, 3.

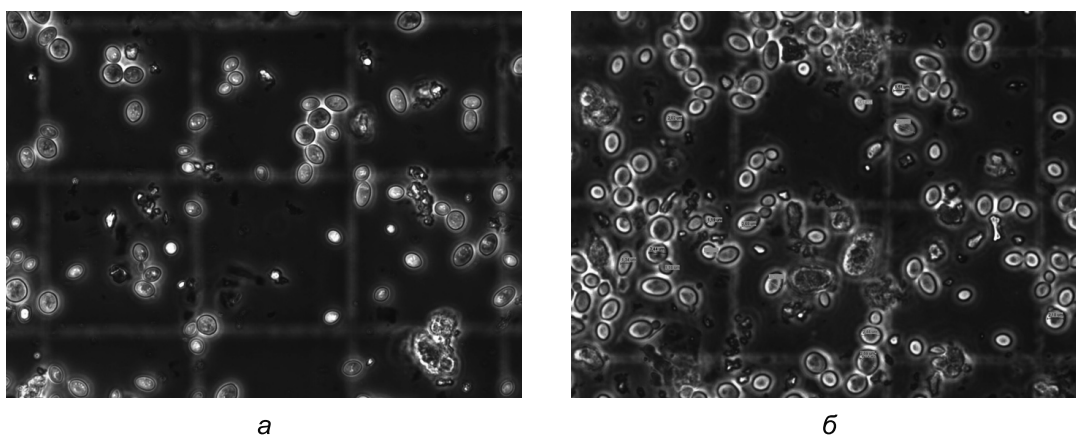


Рис. 2. Результаты микропирования образцов бродящего суслу на стадии главного брожения без применения (а) и с применением ферментного препарата кислой протеазы (б)

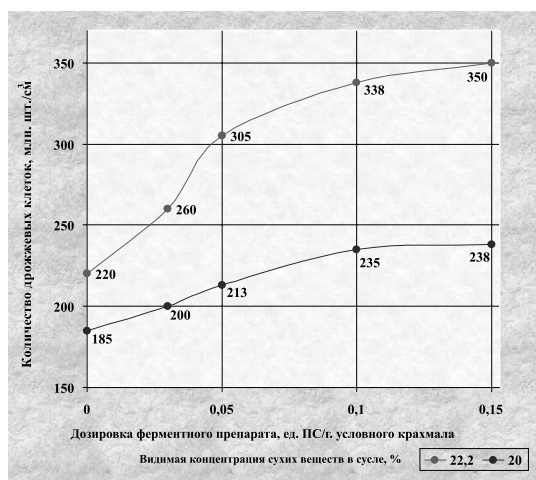


Рис. 3. Накопление дрожжевых клеток на стадии главного брожения при различных дозировках кислой протеазы

На основании анализа научных публикаций, литературных источников, результатов проведенных лабораторных испытаний, отработки технологических режимов механико-ферментативной обработки крахмалсодержащего сырья и сбраживания в производственных условиях была разработана ресурсосберегающая технология.

Ресурсосберегающая технологическая схема включает в себя все основные стадии производственного процесса изготовления пищевого этилового спирта:

- ♦ очистку зерна от минеральных и сорных примесей осуществляют на зерноочистительных машинах;
- ♦ дробление очищенного зерна. Измельчение крахмалсодержащего сырья осуществляют на молотковой и/или дисковой дробилке.

Образец дисковой дробилки (рис. 4), разработанный специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», позволяет сократить на 50 % затраты электроэнергии и в 2 раза снизить металлоемкость в сравнении с молотковыми дробилками, традиционно используемыми в спиртовой промышленности.



Рис. 4. Образец дробилки, разработанный для КУПП «Маньковичи»

Далее измельченное зерно подается в смеситель, оборудованный дисмембратором (устройством для смешивания измельченного зерна с водой требуемой температуры). Соотношение измельченного сырья и воды, поступающих в смеситель, составляет от 1 : 2,3 до 1 : 2,7, при этом видимая концентрация сухих веществ в сусле находится в пределах 20,0–23,0 %. В смеситель насосами-дозаторами дозируют целлюлолитические и амилолитические ферментные препараты; при необходимости для корректировки рН вносят серную кислоту.

В смесителе с целью обеспечения начального ферментативного разжижения крахмала и растворения сухих веществ зерна обеспечено активное равномерное перемешивание замеса мешал-

кой оригинальной конструкции. Смеситель оборудован барботером для подогрева массы острым паром до требуемой температуры и диспергатором, обеспечивающим дополнительное измельчение частиц замеса;

♦ двухстадийная гидроферментативная обработка, где осуществляются подготовка замеса к осахариванию крахмала и гидролиз некрахмалистых биополимеров сырья.

Из смесителя замес насосом подается в аппарат гидроферментативной обработки I ступени (далее — аппарат ГДФО-1), где через барботер подогревается острым паром до требуемой температуры. Аппарат ГДФО-1 оборудован многоуровневым перемешивающим устройством с целью создания оптимальных условий для ферментативного гидролиза и предотвращения образования застойных зон.

Из аппарата ГДФО-1 масса с помощью насоса поступает на вторую ступень гидроферментативной обработки в аппарат гидроферментативной обработки второй ступени (далее — аппарат ГДФО-2). Конструкция аппарата ГДФО-2 аналогична аппарату ГДФО-1 (рис. 5).



Рис. 5. Аппараты механико-ферментативной обработки первой и второй ступени

Из аппарата ГДФО-2 масса насосом через спиральный теплообменник (рис. 6) поступает в осахариватель, куда с помощью насоса-дозатора дозируют ферментный препарат глюкоамилазы.

Декстринизированное сусло из аппарата ГДФО-2 или сахаренное сусло из осахаривателя насосом направляют в дрожжевое отделение для приготовления производственных дрожжей.



Рис. 6. Спиральный теплообменник Ш12-ТСБ/2

Охлажденное в спиральном теплообменнике сусло поступает в бродильные аппараты для сбраживания.

На стадии брожения для интенсификации процесса утилизации углеводов сбраживаемого сула предусмотрено использование кислых протеаз.

Для обеспечения эффективности разработанной ресурсосберегающей технологии были разработаны исходные требования и технические задания, конструкторская документация и на Республиканском производственном дочернем предприятии «Мариз» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» и ОАО «НПО «Прибор» (Российская Федерация) изготовлен опытный образец технологического оборудования.

Опытный образец оборудования смонтирован и подключен к инженерным коммуникациям КУПП «Маньковичи».

Для достижения высокой эффективности работы технологического оборудования путем выполнения технологического регламента, улучшения качества конечной продукции и снижения ее себестоимости разработано программное обеспечение «Система автоматизированного управления на базе программируемого логистического контроллера схемой подработки, водно-тепловой и ферментативной обработки сырья».

Система автоматизированного управления схемой подработки, водно-тепловой и ферментативной обработки сырья выполняет следующие функции:

- ♦ сбор, обработку, представление и анализ информации (сигналов, сообщений и т. п.) о состоянии объекта управления;
- ♦ выработку управляющих воздействий;
- ♦ передачу управляющих воздействий (сигналов) на исполнение;
- ♦ реализацию и контроль выполнения управляющих воздействий;
- ♦ обмен информацией с взаимосвязанными автоматизированными системами;
- ♦ возможность просмотра данных (параметров работы системы) через удаленный доступ и при необходимости изменения параметров работы системы.

На рис. 7 приведено автоматизированное рабочее место оператора варочного (отделения водно-тепловой и ферментативной обработки) на КУПП «Маньковичи».

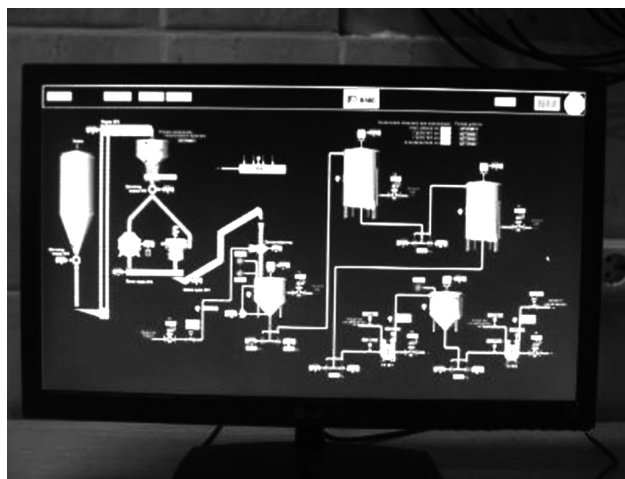


Рис. 7. Автоматизированное рабочее место оператора варочного отделения на КУПП «Маньковичи»

На КУПП «Маньковичи» проведены Государственные приемочные испытания опытного образца оборудования.

Представленный опытный образец оборудования, позволяющий сократить выход послеспиртовой барды для завода производительностью 1000 дал/сутки, рекомендован комиссией к постановке на производство в установленном порядке. Рекомендовано использовать опытный образец оборудования на КУПП «Маньковичи» для выработки опытной партии и ресурсной наработки оборудования.

В производственных условиях КУПП «Маньковичи» проведены работы по отработке и обоснованию технологических режимов (температуры и рН среды, продолжительности отдельных стадий процесса).

На основании проведенных экспериментальных и аналитических исследований установлены оптимальные параметры технологического процесса, разработана и утверждена «Технологическая инструкция по производству этилового спирта из крахмалсодержащего сырья по ресурсосберегающей технологии». Разработаны и утверждены научно-обоснованные «Нормы расхода вспомогательных материалов при производстве этилового спирта из крахмалсодержащего сырья по ресурсосберегающей технологии» и «Схема технохимического контроля производства этилового спирта из крахмалсодержащего сырья по ресурсосберегающей технологии».

По результатам научно-исследовательской работы в Национальный центр интеллектуальной собственности подана заявка на выдачу патента Республики Беларусь № а 20130065 «Способ производства этилового спирта».

Разработанная ресурсосберегающая технология производства этилового спирта из крахмалсодержащего сырья внедрена на КУПП «Маньковичи».

Ресурсосберегающая технология, основанная на переработке высококонцентрированного суслу, учитывающая особенности отечественной сырьевой базы, позволит максимально эффективно использовать биополимеры зернового сырья и вводимый спектр ферментативных препаратов, сократить продолжительность процесса сбраживания высококонцентрированного суслу с 72 до 60 ч, увеличить оборачиваемость бродительного оборудования и повысить производительность предприятия на 20–25 %.

Внедрение разработанной технологии и опытного образца оборудования повышает эффективность спиртового производства так же за счет снижения на 20–30 % общих энергозатрат, сокращения на 25–30 % выхода послеспиртовой барды, улучшения ее качества как вторичного продукта, который может быть использован для производства кормовых продуктов, в том числе с использованием микробиологического синтеза.

Кроме того, сокращение продолжительности брожения суслу позволяет также улучшить качество этилового спирта за счет уменьшения накопления примесей в бражке.

Результаты расчетов экономической эффективности показали, что разработанный проект является окупаемым: простой срок окупаемости составит 3,9 года, чистый дисконтированный доход (NPV) составит 749 384 тыс. руб., внутренняя норма доходности (IRR) — 15,7 %. Положительное значение чистого дисконтированного дохода показывает, что проект будет эффективным и принесет его участникам чистые доходы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Информационно-аналитический портал Союзного государства / Научно-техническая программа Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» (2010–2012 гг.) («Отходы») [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.soyuz.by/ru/?guid=117058>. — Дата доступа: 06.02.2012.
2. *Тананайко, Т. М.* Оптимизация режимов механико-ферментативной обработки ржаного суслу повышенных концентраций / Т. М. Тананайко, Л. Г. Сергеенко, В. Н. Аникеев // *Материалы XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности»*, г. Минск, 3–4 октября 2012 г. — Минск, 2011. — С. 19–21.
3. *Тананайко, Т. М.* Оптимизация процесса сбраживания ржаного суслу с повышенной концентрацией сухих веществ / Т. М. Тананайко, В. И. Соловей, В. Н. Аникеев // *Материалы XI Международной научно-практической конференции «Инновационные технологии в пищевой промышленности»*, г. Минск, 3–4 октября 2012 г. — Минск, 2011. — С. 21–25.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 15.02.2013*

**A. A. Shepsheliev, D. A. Zaychenko, L. G. Sergeenko,  
A. A. Pushkar, V. N. Anikeev, A. A. Sadouski**

## **DEVELOPMENT OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGY AND PRODUCTION OF THE PROTOTYPE OF THE EQUIPMENT, ALLOWING TO REDUCE THE EXIT POSTSPIRIT BARDS FOR PLANT WITH A PRODUCTIVITY OF 1000 DECALITRES/DAY**

The purpose of this work was carrying out researches, development of resource-saving technology and production of a prototype of the equipment, allowing to reduce an exit post spirit bards for plant with a productivity of 1000 decalitres/day. The developed resource-saving production technology of ethyl alcohol from starch-containing raw materials is introduced on MUIE «Mankovichi», based on processing of the high-concentrated mash, allowing most effectively to use biopolymers of grain raw materials and an entered range of fermentativny preparations. Introduction of the developed technology and prototype of the equipment increases efficiency of spirit production as at the expense of decrease for 20–30 % of the general energy consumption, reduction for 25–30 % of an exit postspirit bards.

УДК 664.8.037

*В данной статье представлено современное решение по совместной утилизации отходов пивоваренного и солодовенного производств. Отражены основные характеристики комплексного кормового продукта. Приведены общие характеристики оборудования, входящего в состав линии по переработке отходов пивоваренного и солодовенного производства. Описаны оптимальные научно-обоснованные параметры ведения технологического процесса изготовления комплексного кормового продукта.*

## **ПЕРЕРАБОТКА ОТХОДОВ ПИВОВАРЕННОГО И СОЛОДОВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Беларусь**

*А. В. Темрук, старший научный сотрудник, руководитель группы тары и упаковки отдела новых технологий и техники;*

*О. Л. Сороко, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела новых технологий и техники;*

*А. А. Литвинчук, кандидат технических наук — старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники, руководитель группы научных исследований;*

*В. В. Соловьев, руководитель группы по пивобезалкогольной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*

*А. В. Садовская, младший научный сотрудник отраслевой научно-исследовательской лаборатории*

Расширение использования вторичных ресурсов и утилизация отходов промышленности по переработке растительного сырья, внедрение малоотходных и безотходных технологий — одно из основных направлений обеспечения экологически безопасного и устойчивого развития агропромышленного комплекса страны.

В настоящее время предприятия пивоваренной промышленности являются источником значительного количества отходов органического происхождения. Эти отходы являются ценным кормовым продуктом, однако, быстро разлагаясь, становятся непригодными для дальнейшего использования. Поэтому переработка основных отходов пивоварения является важной задачей

для обеспечения кормовой базы сельскохозяйственного комплекса и предотвращения загрязнения окружающей среды.

К отходам пивоваренной промышленности относятся зерновые отходы, солодовые ростки, аспирационные отходы (дробленый солод, шелуха, пыль), промывные воды, белковый остаток, остаточные пивные дрожжи, углекислый газ, хмелевая дробина, пивная (солодовая) дробина [1].

Наиболее важными пищевыми и кормовыми отходами пивоваренного производства как по количеству, так и по питательным свойствам являются пивная (солодовая) дробина, солодовые ростки и пивные дрожжи [1].

Использование отходов пивоваренного и солодовенного производства дает возможность в определенной степени восполнить дефицит кормового протеина в рационах откармливаемого скота. При хранении в сыром виде пивная дробина быстро закисает, плесневеет и портится, особенно в теплый период года. С целью сохранения отходы пивоваренного производства обезвоживают на деконтирующих центрифугах, сушат, силосуют, консервируют, заквашивают с добавлением как легко заквашивающихся растений, так и с помощью химических препаратов, стабилизируют с помощью препаратов заквашенной и сгущенной сыворотки, аскорбиновой кислоты, аммиака или обезвоживают на деконтирующих центрифугах, прессуют, сушат, а далее гранулируют и герметично упаковывают.

Пивные дрожжи являются одним из лучших естественных источников получения витамина  $B_1$ . Антиневритного витамина  $B_1$  в дрожжах содержится в 60 раз больше, чем в шпинате и салате, а витамина  $B_2$  в 2 раза больше, чем в молоке, и в 50 раз больше, чем в салате и шпинате.

Благодаря высокому содержанию питательных веществ, солодовые ростки могут являться высокопродуктивным кормом для сельскохозяйственных животных. В пивоваренной промышленности выход сухих ростков составляет 3 — 5 % к весу получаемого солода или около 90 кг на 1 тыс. дал вырабатываемого пива.

Среди перечисленных отходов предприятий по производству пива самое большое количество приходится на долю пивной дробины — до 1 млн т в год [3]. Обычно из 100 кг стандартного солода влажностью 4–5 % и экстрактивностью 74–75 % на воздушно-сухое вещество образуется от 110 до 120 кг дробины или 2,3 т на 1000 дал Солодовые ростки отделяют от солода во время сушки и при обработке его на росткоотбойных машинах готового пива [1].

Раздельное применение отходов пивоваренного производства невыгодно из-за различий в их химическом составе: недостаточного количества в составе дробины витаминов группы В и ее невысокой биологической ценности по сравнению с дрожжами, и в свою очередь отсутствия в составе дрожжей пищевых волокон, которыми богата пивная дробина. Для устранения указанных недостатков проведены исследования изменения состава и свойств пивной дробины и остаточных пивных дрожжей.

Для повышения кормовой ценности пивной дробины ее смешивают с другим отходом пивоваренного производства — остаточными пивными дрожжами. Это позволяет восполнить запасы белка у животных без внесения дополнительных азотистых добавок.

Одно из основных условий эффективного использования кормов — сбалансированность рационов по питательным веществам, протеину, макро- и микроэлементам. При оптимальном соотношении компонентов питательность рационов повышается на 8–12 % по сравнению с суммарной энергетической ценностью входящих в них компонентов, так как при этом улучшается перевариваемость и усвояемость кормов, корма охотнее поедаются животными.

Ввиду вышесказанного, актуальной задачей для специалистов РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» стала разработка технологии ресурсосберегающей переработки отходов пивоваренного и солодовенного производств в кормовые продукты с длительным сроком хранения. Такая технология должна нести минимальную экологическую нагрузку на окружающую среду.

Целью выполненной работы являлась разработка ресурсосберегающей технологии и изготовление опытного образца оборудования, обеспечивающих эффективную переработку отходов пивоваренного и солодовенного производства, разработка комплектов конструкторской доку-



ментации на опытные образцы оборудования, изготовление опытных образцов оборудования, разработка комплектов технологической документации на комплексный кормовой продукт.

Новизна результатов проведенной работы заключается в разработке оптимальных научно-обоснованных параметров ведения технологического процесса и комплекта оборудования, обеспечивающих эффективную переработку отходов пивоваренного и солодовенного производств, позволяющих изготавливать комплексный кормовой продукт с увеличенным сроком годности и при этом максимально сохранить его питательные свойства.

Комплексный кормовой продукт, разработанный сотрудниками РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», состоит из пивной дробины (84 %), остаточных пивных дрожжей (14 %) с добавлением солодовых ростков (2 %) и представляет собой неоднородную сухую смесь, состоящую из частиц эндосперма, цветковых оболочек, дробленных зернопродуктов и солода, шелухи, муки и дрожжей однородного цвета (от светло-желтого до темно-коричневого) со специфическим соломенно-солодовым ароматом (рис. 1).



Рис. 1. Комплексный кормовой продукт

Не допускается наличие затхлого, гнилостного или плесневелого запаха. В конечном продукте находится около 3/4 всего количества белков и 4/5 жира, содержащегося в зерне. В пивной дробине содержатся оболочки зерна, неосахаренный крахмал и другие нерастворимые вещества эндосперма, а также вещества, которые при затирании коагулировали и задержались в слое пивной дробины.

В комплексном кормовом продукте содержится 25–26 % сырого протеина (табл. 1), полный набор незаменимых аминокислот, однако уровень лизина и серосодержащих аминокислот более низкий по сравнению с другими аналогичными продуктами (например, с послеспиртовой бардой). Поэтому при использовании комплексного кормового продукта необходимо дополнительно балансировать рацион по этим аминокислотам. Переваримость азота находится в пределах 70–75 %, безазотистых экстрактивных веществ — 60 %, жира — 88 %.

1. , %

Наименование показателя	Значение
Сухое вещество, %	94,0
Обменная энергия (для птицы), ккал*	250,3
Сырой протеин, %	25,6
Сырой жир, %	6,53
Сырая клетчатка, %	13,7
Сырая зола, %	3,5
БЭВ**	44,67
Кальций, %	0,34
Фосфор общий, %	0,64
Натрий, %	0,11
Лизин, %	0,75

Наименование показателя	Значение
Метионин, %	0,28
Метионин+цистин, %	0,44
Триптофан, %	0,19
Треонин, %	1,04
Цистин, %	0,16
Аргинин, %	1,12
Валин, %	0,92
Гистидин, %	0,47
Изолейцин, %	0,81
Лейцин, %	1,65
Фенилаланин, %	1,10

\* – обменную энергию рассчитывали по формуле:  $(ОЭ) = (2,98 \cdot СП) + (7,42 \cdot СЖ) + (2,81 \cdot БЭВ)$ , где: 2,98; 7,42; 2,81 – калорические коэффициенты; СП, СЖ, БЭВ – содержание в жмыхе сырого протеина, сырого жира и БЭВ;

\*\* – содержание БЭВ (безазотистых экстрактивных веществ) определяли расчетным путем по формуле: % БЭВ = 100 – % влаги – % сырого протеина – % сырой золы – % клетчатки – % сырого жира.

Технологический процесс изготовления продукта состоит из следующих операций:

- ♦ подготовка остаточных пивных дрожжей;
- ♦ обезвоживание пивной дробины;
- ♦ смешивание компонентов комплексного кормового продукта;
- ♦ сушка комплексного кормового продукта;
- ♦ упаковка;
- ♦ маркировка;
- ♦ транспортирование и хранение готового комплексного кормового продукта.

Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были проведены научно-исследовательские и проектно-конструкторские работы по разработке смесителя, обеспечивающего оптимальные параметры перемешивания составных компонентов, входящих в комплексный кормовой продукт. В общем технологическом процессе изготовления комплексного кормового продукта стадия перемешивания занимает одно из важнейших значений наряду с процессом сушки, от эффективного ведения которой зависит качество готового комплексного кормового продукта.

Основными характеристиками любого процесса перемешивания являются расход энергии и эффективность перемешивания. Для разработки смесителя для отходов пивоваренного и солодовенного производств первоначально были проведены исследования по определению коэффициентов трения покоя и скольжения пивной дробины.

Динамический коэффициент трения скольжения  $f_{\text{дин}}$  всегда меньше статического коэффициента  $f_{\text{ст}}$  и зависит от материала соприкасающихся тел и их шероховатости. Для абсолютно гладких тел коэффициент  $f_{\text{дин}} = 0$ , для реальных тел  $f_{\text{дин}} > 0$ .

$$f_{\text{ст}} = \text{tg}\varphi, \quad (1)$$

$$f_{\text{дин}} = \text{tg}\alpha - \frac{a}{g \cdot \cos\alpha}, \quad (2)$$

где  $a$  – ускорение движения тела по наклонной плоскости при фиксированных значениях расстояний  $S_0$ ,  $S_1$  и времени  $t$ .

$$a = \frac{2S_1 + 2S_0 - 2(S_1 + S_0)^2 - S_1^2}{t_1^2}. \quad (3)$$

Экспериментальные данные, полученные в результате определения коэффициентов трения покоя пивной дробины о нержавеющую сталь, представлены в табл. 2.

2.

Исследуемый материал	Коэффициент трения скольжения			
	статический		динамический	
	Сталь коррозионно-стойкая жаропрочная 08×17Т ГОСТ 5632-72			
	$\varphi, ^\circ$	$f_{ст}$	$\alpha, ^\circ$	$f_{дин}$
Дробина отжата	54	1,38	46,4	1,05
Дробина с дрожжами	43	0,93	35	0,7

На основании анализа технологического процесса производства комплексного кормового продукта и механических свойств его составных компонентов был разработан смеситель (рис. 2), обеспечивающий эффективное перемешивание отходов пивоваренного и солодовенного производств.

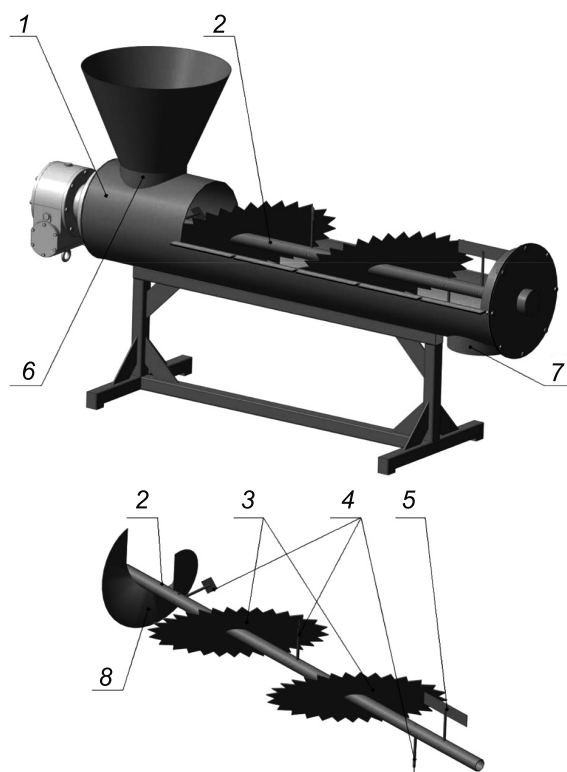


Рис. 2. Смеситель

Смеситель содержит корпус 1, вращающийся вал 2, с установленными на нем шнеком 8, двумя эллипсными дисками 3, лопатками прямоугольной формы 4, 5 которые закреплены на вертикальных стержнях, загрузочное отверстие 6, разгрузочное отверстие 7.

Большие полуоси эллипсных дисков 3 и лопатки наклонены под углами  $\alpha = 25-45^\circ$  относительно оси вращения вала 2. Лопатка 5 имеет большую длину, по сравнению с остальными лопатками для более интенсивной выгрузки полученной смеси.

Смеситель работает следующим образом.

Пивная дробина, смешанная с дрожжами и солодовыми ростками, через загрузочное отверстие поступает в камеру смесителя и шнеком продвигается вглубь камеры. Смесь подхватывается вращающейся лопаткой, которая обеспечивает продвижение смеси и разбивание комков, далее смесь поступает на вращающийся эллиптический диск, который интенсивно перемешивает и одновременно перемещает смесь внутри корпуса смесителя. Дополнительное рыхление смеси осуществляет-

ся за счет зубчатой поверхности эллипсных дисков. Смесь продвигается в корпусе смесителя через зазоры, которые составляют 1–3 мм между корпусом и наружной кромкой эллипсных дисков и лопаток в направлении выгрузки. Вращаясь, лопатка 5 обеспечивает интенсивную выгрузку смеси и исключает образование застойных зон в концевой части установки.

Для разработки современной технологии переработки отходов пивоваренного и солодовенного производств на кормовые продукты возникла необходимость в более глубоком изучении процесса сушки, как наиболее энергоемком процессе.

Специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» были проведены опыты по сушке комплексного кормового продукта при конвективном нагреве и комбинированном конвективно-микроволновом энергоподводе.

Опыты проводились на лабораторной сушильной установке, представленной на рис. 3.

Рабочая камера комбинированной СВЧ-сушилки оборудована съемным барабаном 5, в который загружают высушиваемый продукт. В процессе сушки исходный воздух подается с помощью центробежного вентилятора 1 в спиральный теплообменник 2, где происходит предварительный нагрев исходного воздуха за счет теплообмена с отработанным сушильным агентом. Затем предварительно нагретый воздух попадает в электрокалорифер 3, где подогревается и далее нагнетается в рабочую камеру комбинированной СВЧ-сушилки 4. Сырье, подаваемое в рабочую камеру комбинированной СВЧ-сушилки, попадает под действие восходящего потока нагретого воздуха и СВЧ-излучения. В процессе сушки барабан с продуктом непрерывно вращается с помощью мотор-редуктора 6, что обеспечивает равномерную обработку материала СВЧ-волнами, исключает слеживание и локальное подгорание материала. Влага, испарившаяся из продукта, уносится из рабочей камеры сушилки с отработанным сушильным агентом, который направляется в спиральный теплообменник 2 для рекуперации тепла и далее в атмосферу. Воздух перемещается между отдельными узлами установки по системе воздуховодов 7. Потребление электроэнергии электрокалорифером измеряется с помощью счетчика электрической энергии 8, энергопотребление СВЧ-генератора фиксируется счетчиком электрической энергии 9. Расход воздуха через сушилку изменяется с помощью регулятора частоты вращения 10 электродвигателя центробежного вентилятора 1. Температура сушильного агента, подаваемого в рабочую камеру комбинированной сушилки, поддерживается измерителем-регулятором температуры 11.

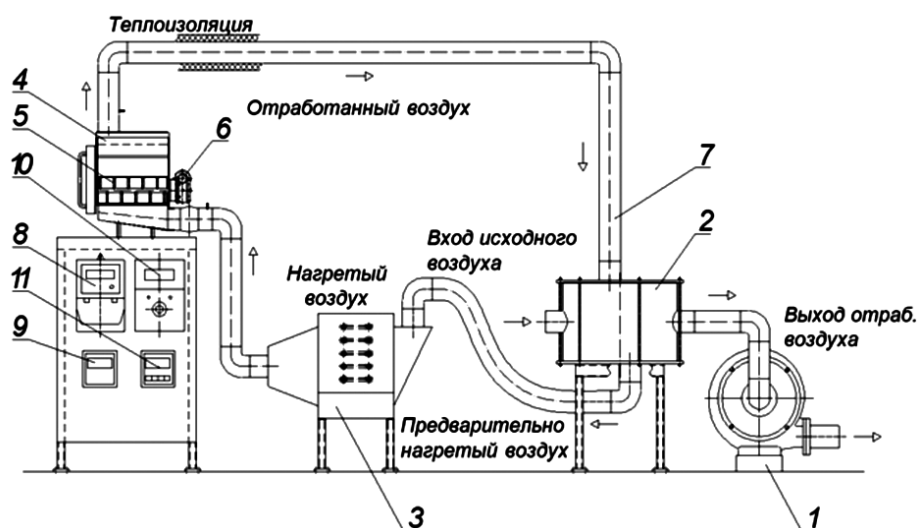


Рис. 3. Схема лабораторной установки для комбинированной сушки пищевого сырья с использованием СВЧ-излучения: 1 — центробежный вентилятор; 2 — спиральный теплообменник; 3 — электрокалорифер; 4 — комбинированная СВЧ-сушилка; 5 — барабан; 6 — мотор-редуктор; 7 — воздуховоды; 8 — счетчик потребляемой электрической энергии электрокалорифера; 9 — счетчик потребляемой электрической энергии СВЧ-генератора; 10 — регулятор частоты вращения; 11 — измеритель-регулятор температуры сушильного воздуха

На представленной лабораторной установке проведены опыты по сушке комплексного кормового продукта при комбинированном энергоподводе с использованием СВЧ-излучения.

Опыты проводились при следующих условиях:

- ♦ температура сушильного агента  $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- ♦ расход сушильного агента  $Q = 200\text{ м}^3/\text{ч}$ ;
- ♦ удельная мощность СВЧ-излучения  $P_{\text{уд.СВЧ}} = 700\text{ кВт/кг}$  влаги продукта.

По полученным опытным данным построены кривые сушки и кривые скорости сушки (рис. 4, 5). При построении использовались следующие основные параметры.

1) Масса влаги, содержащаяся в материале, определялась как разница массы материала в текущий момент времени и массы сухого вещества материала:

$$M_B = M_{B.M.} - M_{C.B.}, \quad (4)$$

где  $M_B$  — масса влаги, г;  $M_{B.M.}$  — масса влажного материала, г;  $M_{C.B.}$  — масса сухого вещества материала, г.

2) Влажность материала — это отношение массы влаги, содержащейся в материале в текущий момент времени, к общей массе влажного материала, выраженное в процентах:

$$W = \frac{M_B}{M_{B.M.}} \cdot 100\%, \quad (5)$$

где  $W$  — влажность материала, %.

Далее, зная зависимость значения влажности высушиваемого материала от времени, определяют скорость процесса сушки.

3) Скорость сушки — это отношение изменения влажности материала за определенный промежуток времени к данному интервалу времени [6]:

$$\frac{dW}{dt} = \frac{M_B^1 - M_B^2}{\Delta t_{1-2}}, \quad (6)$$

где  $\frac{dW}{dt}$  — скорость сушки, 1/с;  $M_B^1$  — масса влаги в начальный момент времени, г;  $M_B^2$  — масса влаги через промежуток времени  $\Delta t_{1-2}$ , г;  $\Delta t_{1-2}$  — отрезок времени, с.

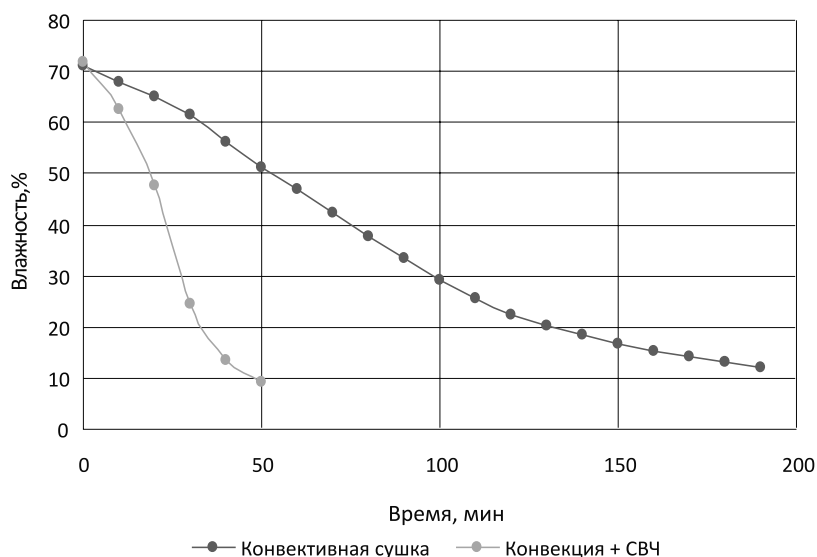


Рис. 4. Кривые сушки комплексного кормового продукта

Таким образом, при комбинированном конвективно-микроволновом энергоподводе продолжительность процесса обезвоживания продукта до требуемой влажности (8–12 %) сокращается в 2–3 раза.

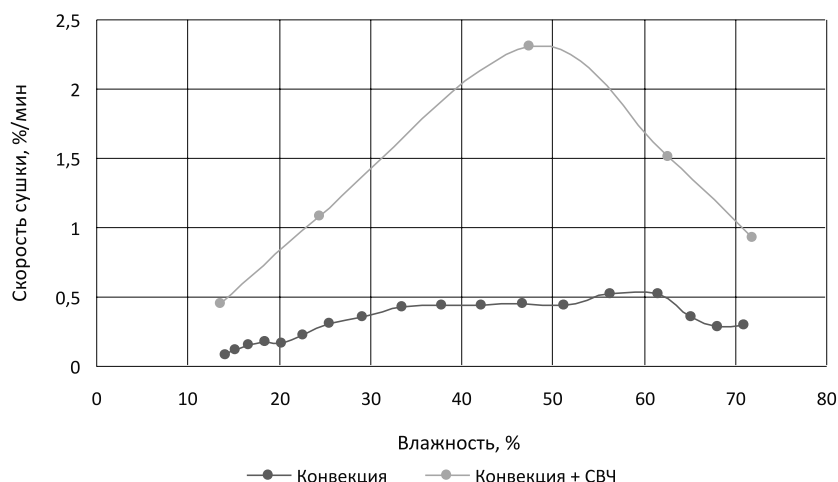


Рис. 5. Кривые скорости сушки комплексного кормового продукта

Из кривых скоростей сушки, изображенных на рис. 4, следует, что процесс комбинированной сушки комплексного кормового продукта с использованием СВЧ-излучения характеризуется более высокой интенсивностью испарения влаги до 2,3 %/мин по сравнению с 0,6 %/мин при конвективной сушке.

На основании полученных экспериментальных данных можно сделать вывод о том, что в сравнении с конвективным способом обезвоживания сушка комплексного кормового продукта с использованием СВЧ-излучения характеризуется значительным сокращением продолжительности процесса, а также относительно низкой температурой протекания процесса сушки, что применительно к пищевым продуктам обуславливает высокую сохраняемость полезных веществ и витаминов.

На основании проведенных предпроектных исследований разработана и изготовлена установка для комбинированной СВЧ-сушки, которая вошла в состав технологической линии переработки отходов пивоваренного и солодовенного производств производительностью 100 кг/ч по готовому продукту, внедренной на ОАО «Молодечнопиво», представлена на рис. 6.

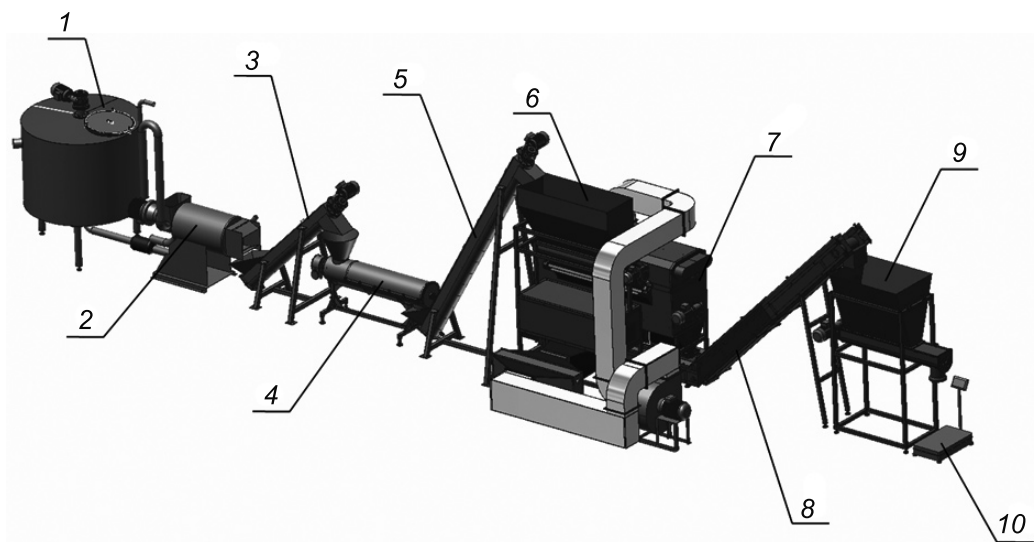


Рис. 6. Технологическая схема переработки отходов пивоваренного и солодовенного производств

Схема получения комплексного кормового продукта из отходов пивоваренного и солодовенного производства заключается в следующем: пивная дробина из емкости 1 насосом подается на шнековый пресс 2 для обезвоживания. На выходе из шнекового пресса получа-

ется обезвоженная пивная дробина с влажностью от 60 до 70 %, которая шнековым конвейером 3 направляется в смеситель 4, в который одновременно производится дозировка дрожжей из сборника посредством насоса-дозатора и отходов солодовенного производства (солодовых ростков). В результате процесса смешивания получается продукт, гомогенный по всему объему. Полученная в смесителе смесь пивной дробины, пивных дрожжей и солодовых ростков шнековым конвейером подается в накопительный бункер 6 установки для комбинированной сушки 7. Высушенный комплексный кормовой продукт посредством ленточного конвейера 8 поступает в бункер-дозатор 9. По мере накопления комплексный кормовой продукт из бункера-дозатора фасуется в мешки, мешки взвешиваются на весах 10, зашиваются на мешкозашивочной машине и поступают на склад для хранения и последующей реализации.

Из 100 кг перерабатываемых зерновых продуктов при производстве пива получается 125–130 кг сырой дробины с содержанием 25–30 % сухих веществ. После ее сушки остается около 27 кг влажностью 12 % с содержанием протеина, превышающем его концентрацию в ячмене в 2,5–3 раза. Переработка отходов может обеспечить, с одной стороны, выравнивание экологических нагрузок на окружающую среду, а с другой — получение практически значимых компонентов для кормопроизводства.

Предполагаемый объем производства комплексного кормового продукта при производительности линии 100 кг/ч составляет 480 т.

Реализация задания в рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» позволила разработать технологию изготовления комплексного кормового продукта из отходов пивоваренного и солодовенного производств, изготовить опытные образцы оборудования, провести монтаж и пуско-наладочные работы комплекта опытных образцов оборудования на пивоваренном заводе ОАО «Молодечнопиво» и отработать технологические режимы изготовления комплексного кормового продукта в производственных условиях.

Разработанная технология переработки отходов пивоваренного и солодовенного производств является инновационным решением в области ресурсосбережения и охраны окружающей среды. Внедрение технологии может быть осуществлено на всех пивоваренных предприятиях республики, позволит им перейти на безотходное производство и повысить рентабельность и конкурентоспособность выпускаемой продукции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Денищikov, М. Т. Отходы пищевой промышленности и их использование / М. Т. Денищikov. — Москва: Пищепромиздат, 1993. — 492 с.
2. Аракелова, В. А. Вторичные материальные ресурсы пищевой промышленности: (образование и использование). Справочник / В. А. Аракелова, В. И. Комаров, И. П. Мнешкин и др.; гл. ред. А.Е. Юрченко [и др.]. — М.: Экономика, 1994. — 327 с.
3. Колпакчи, А. П. Вторичные материальные ресурсы пивоварения. / А. П. Колпакчи, Н. В. Голикова, О. П. Андреева. — М.: Агропромиздат, 1986. — 160 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 15.02.2013*

**A. V. Temruk, O. L. Soroko, A. A. Litvinchuk, V. V. Solovyev, A. V. Sadovskaya**

## RECYCLING BEER AND MALT PRODUCTION

In given article the modern solution on joint recycling of a waste of brewing and malt manufactures is presented. General characteristics of the equipment which is a part of a line on processing of a waste brewing and malt manufacture are resulted. The optimum theoretically substantiated parametres of technological process of complex feedstuff production are described.

*В статье приведены результаты научных исследований по разработке технологии и изготовлению опытного образца оборудования комплексной переработки послеспиртовой барды на предприятиях спиртовой промышленности производительностью 3000 дал/сутки. Впервые в Республике Беларусь разработана и внедрена на БРУП «Гидролизный завод» эффективная технология комплексной переработки послеспиртовой барды, которая позволила создать универсальный цех глубокой переработки барды с получением ценных кормопродуктов в распыленном и гранулированном виде, отвечающим международным стандартам DDGS.*

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ КОМПЛЕКСНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ ПОСЛЕСПИРТОВОЙ БАРДЫ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

- З. В. Ловкис, член-корреспондент НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор, генеральный директор;*
- И. К. Штрамякова, старший научный сотрудник группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*
- Д. В. Хлиманков, научный сотрудник группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*
- А. А. Шепшелев, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по научной работе;*
- Д. А. Зайченко, кандидат технических наук, заместитель генерального директора по инновационной работе и внедрению;*
- В. Н. Аникеев, инженер-технолог 1 категории группы по спиртовой и ликеро-водочной отрасли отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции*

Одной из важнейших проблем повышения эффективности спиртового производства является комплексное использование материальных ресурсов путем совершенствования технологических процессов, внедрения безотходной технологии, расширения переработки вторичных ресурсов и утилизации отходов.

Как известно, на спиртовых заводах ежегодно образуется огромное количество вторичных сырьевых ресурсов. Значительное место среди них занимает послеспиртовая зерновая барда — быстрозакисающая жидкость, которая тем не менее обладает питательной ценностью [1]. Малый срок хранения послеспиртовой барды (не более 72 ч согласно СТБ П 2019-2009 «Барда послеспиртовая. Технические условия») [2] и неравномерность ее потребления в течение года (снижается летом и возрастает зимой) вызывают необходимость либо направлять ее на очистные сооружения, либо сливать на поля орошения и в водоемы, что приводит к загрязнению воздушного и водного бассейна.

Поэтому вопрос рационального использования послеспиртовой зерновой барды становится все более актуальным. Так в Российской Федерации был принят Федеральный закон № 18-РФ от 07.01.99, где прямо указывается: «...эксплуатация вновь вводимого (нового или после капитального ремонта) или модернизированного основного технологического оборудования для производства этилового спирта допускается только при условии внедрения оборудования, позволяющего полностью перерабатывать или утилизировать основные отходы спиртового производства (барду)...» [3]. В Республике Беларусь утилизация послеспиртовой барды также является актуальной задачей на сегодняшний день.

Внедрение технологии, обеспечивающей получение высококачественного продукта с параллельной переработкой барды — реальный и перспективный путь модернизации спиртовых заводов, способный обеспечить повышение их рентабельности и конкурентоспособности на рынке.



В рамках Научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» на 2010–2012 гг. [4], специалистами РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (Республика Беларусь) и ОАО «НПО «Прибор» (Российская Федерация) реализовано два мероприятия по переработке послеспиртовой барды: «Технология и изготовление опытного образца оборудования производительностью до 20 м<sup>3</sup>/ч двухступенчатого осветления на основе отечественных сепараторов двухступенчатого осветления послеспиртовой барды» и «Разработка технологии и изготовление опытного образца оборудования комплексной переработки послеспиртовой барды на предприятиях спиртовой промышленности».

Цель работы — исследование, разработка технологии и изготовление опытного образца оборудования комплексной переработки послеспиртовой барды на предприятиях спиртовой промышленности производительностью 3000 дал/сутки.

Объектом научно-исследовательской работы являются послеспиртовая барда, процессы разделения послеспиртовой барды на дробину и фильтрат, сепарирование дрожжевой суспензии и взвешенных зерновых частиц, макетное оборудование сушки дрожжевого концентрата.

Для реализации поставленной цели были определены задачи:

- ♦ провести патентные исследования и анализ научных публикаций по технологиям и комплексу оборудования для переработки послеспиртовой барды, установить наиболее перспективные направления производства белково-углеводных кормовых продуктов;
- ♦ провести исследовательские работы по установлению оптимальных режимов ведения разрабатываемых процессов; оптимизацию процесса сушки дрожжевого концентрата; разработать комплект технологической и конструкторской документации;
- ♦ изготовить опытные образцы комплекта оборудования; провести монтаж опытного образца оборудования и пусконаладочные работы на БРУП «Гидролизный завод»; провести отработку технологических режимов на предприятии; провести государственные приемочные испытания в производственных условиях;
- ♦ разработать комплект технологической документации для переработки зерновой послеспиртовой барды на предприятии.

На основании проведенного анализа научных публикаций и патентных исследований было установлено, что наиболее перспективна глубокая переработка послеспиртовой барды с последующим концентрированием взвешенных частиц послеспиртового фильтрата барды (зерновых биополимеров, дрожжевой биомассы и др.) на сепарационных установках и сушкой полученного дрожжевого концентрата, что позволяет увеличить глубину очистки отходов спиртового производства. Технология также предусматривает проведение этапа электрокоагуляции белков фильтрата барды с последующим концентрированием и сушкой продукта.

В лабораторных условиях были проведены исследования по установлению оптимальных режимов комбинированной сушки дрожжевого кормового концентрата на сушильной установке Ш12-УСО, представленной на рис. 1. Продуктом для сушки служила дробина и концентрированный фильтрат послеспиртовой барды в различных соотношениях. Сырье для экспериментальных работ было приобретено на БРУП «Гидролизный завод». В процессе сушки варьировали производительность по исходному сырью. В качестве теплового агента использовали высокотемпературное масло АМТ-300П. Исходный образец поступал в сушильную установку с влажностью 70–74 %.

По результатам проведенных экспериментальных работ была установлена зависимость влажности продукта от времени сушки, представленная на рис. 2.

По результатам экспериментальных работ установлено, что для сушки продукта, отвечающего международным стандартам DDGS, необходимо 60 мин.

По результатам проведенных экспериментальных работ была установлена зависимость производительности сушки по исходному продукту от количества внесенного дрожжевого концентрата, представленная на рис. 3.



Рис. 1. Установка Ш12-УСО для комбинированной сушки дрожжевого концентрата

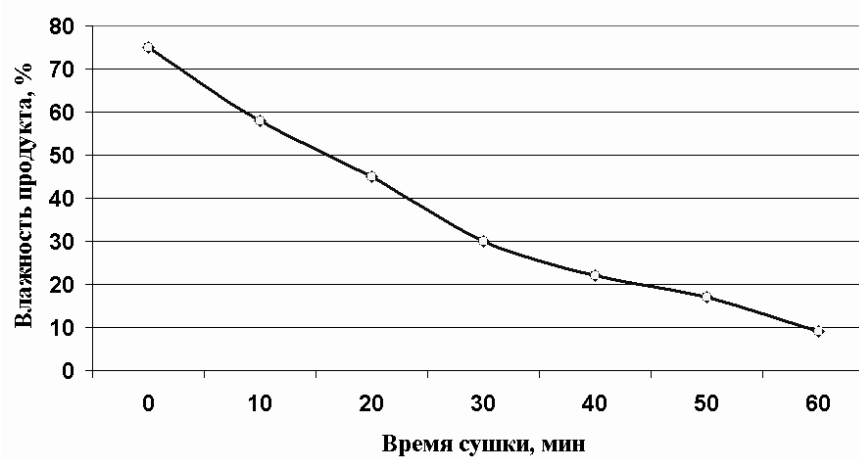


Рис. 2. Зависимость влажности продукта от времени сушки

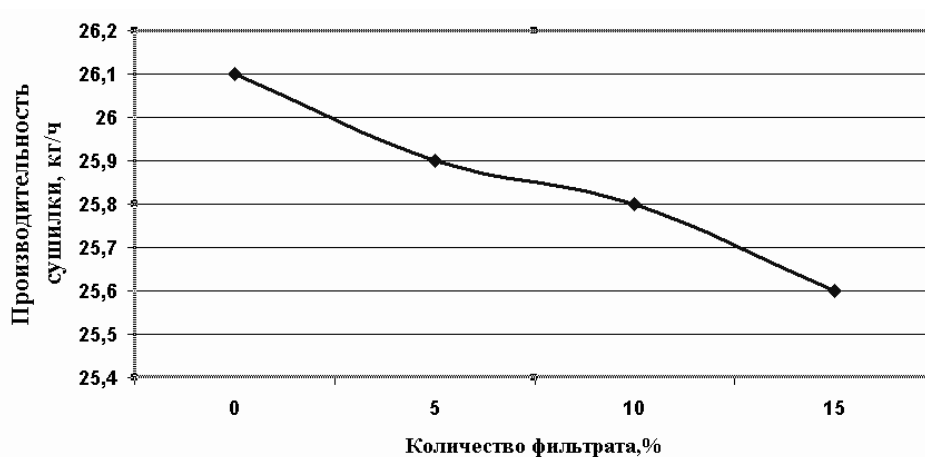


Рис. 3. Зависимость производительности сушилки по исходному продукту от количества внесенного дрожжевого концентрата

Для эффективности процесса сушки дрожжевого концентрата необходимо вводить не более 10 % концентрированного фильтрата. Дальнейшее увеличение значительно снижает производительность сушильной установки.

В результате комплекса проведенных исследований разработана технологическая схема производства, включающая следующие основные этапы:

- ♦ центрифугирование послеспиртовой барды с разделением ее на фильтрат и дробину;
- ♦ концентрирование взвешенных частиц фильтрата барды на сепарационном оборудовании;
- ♦ коагулирование белков фильтрата с последующим концентрированием на сепараторах;
- ♦ сушка концентрированной биомассы;
- ♦ гранулирование (при необходимости) и упаковка готовой продукции.

Для реализации технологического процесса сушки была разработана и изготовлена оригинальная сушильная установка Ш12-КУСБ, теплоносителем в которой является высокотемпературное масло (рис. 4). В состав сушильной установки входят котел для нагрева масла, циркуляционное насосное оборудование, расширительный бак, теплообменник, емкость для масла и непосредственно две сушилки. Изготовитель — Республиканское производственное дочернее предприятие «Мариз» Республиканского унитарного предприятия «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию».



Рис. 4. Сушильная установка Ш12-КУСБ

В результате проведенной научно-исследовательской работы разработана технология и изготовлены опытные образцы оборудования комплексной переработки послеспиртовой барды.

На основании проведенных экспериментальных и аналитических исследований разработан, согласован и утвержден в установленном порядке комплект технологической документации (Технические условия ТУ ВУ 190239501.791-2012 «Концентраты дрожжевые послеспиртовой барды», технологическая инструкция ТИ ВУ 190239501.5.912-2012 «Технологическая инструкция по производству концентрата дрожжевого зерновой послеспиртовой барды», «Схема технологического контроля производства концентрата дрожжевого зерновой послеспиртовой барды», «Нормы расхода вспомогательных материалов при производстве концентрата дрожжевого зерновой послеспиртовой барды»).

Оборудование, разработанное и изготовленное белорусской стороной, в комплекте с оборудованием, изготовленным в Российской Федерации, смонтировано на БРУП «Гидролизный завод».

Проведены приемочные испытания технологического оборудования, изготовленного и доставленного Российской Федерацией и Республикой Беларусь на БРУП «Гидролизный завод». Комиссия признала предъявленные опытные образцы оборудования выдержавшими Государственные приемочные испытания. Акт государственных приемочных испытаний опытного образца оборудования от 27.11.2012.

Впервые в Республике Беларусь разработана и внедрена на БРУП «Гидролизный завод» эффективная технология комплексной переработки послеспиртовой барды, которая позволила создать универсальный цех глубокой переработки барды с получением ценных кормопродуктов в рассыпном и гранулированном виде.

Результаты расчетов экономической эффективности показали, что разработанный проект является окупаемым: простой срок окупаемости составит 4,8 года, чистый дисконтированный доход (NPV) составит 289 512 тыс. руб., внутренняя норма доходности (IRR) — 11,9 %. Положительное значение чистого дисконтированного дохода показывает, что проект будет эффективным и принесет его участникам чистые доходы.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Журавлев, А. В. К вопросу об утилизации послеспиртовой зерновой барды: в 3 ч. Ч.2.1. / А. В. Журавлев, А. В. Прибытков // Материалы XLII отчетной конференции за 2003 г. — Воронеж: гос. технол. акад., 2004.
2. СТБ П 2019-2009 «Барда послеспиртовая. Технические условия».
3. Калюжный, С. В. Анаэробная биологическая очистка сточных вод / С. В. Калюжный, Д. А. Данилович, А. Н. Ножевникова // Итоги науки и техники ВИНТИ. Серия «Биотехнология». — М., 1991. — С. 156.
4. Информационно-аналитический портал Союзного государства / Научно-техническая программа Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» (2010–2012 гг.) («Отходы») [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://www.soyuz.by/ru/?guid=117058>. — Дата доступа: 06.02.2012.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 15.02.2013*

**Z. V. Lovkis, I. K. Shramiakova, D. V. Khlimankov, A. A. Shepshelev,  
D. A. Zaichenko, V. N. Anikeev**

### TWO STAGE PROCESSING OF CEREALS POSTSPIRIT BARDS

Purpose — to research, technology development and prototyping of complex processing equipment distillery stillage in enterprises alcohol industry gave a capacity of 3000 d/ day.

For the first time in the Republic of Belarus has been developed and implemented at BRUP «Hydrolysis Plant» effective technology of complex processing of distillery stillage, creating a versatile plant downstream stillage to produce valuable kormoproductov in loose granular form and that meet international standards of DDGS.

УДК 664.83

*В статье представлены результаты проведенных исследований по разработке технологии получения сухой картофельной мезги: описаны основные технологические операции (механическое обезвоживание, подготовка к сушке и сушка), показана технологическая схема с соответствующим составом оборудования по переработке картофельной мезги на сырой и сухой корм.*

## ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА СУХОЙ КАРТОФЕЛЬНОЙ МЕЗГИ

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*А. В. Куликов, кандидат технических наук, заместитель начальника отдела технологий  
продукции из корнеклубнеплодов — старший научный сотрудник;*

*М. П. Шабета, главный специалист отдела технологий продукции из корнеклубнеплодов  
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию»;*

*Н. Н. Петюшев, кандидат технических наук, начальник отдела технологий продукции из  
корнеклубнеплодов;*

*Ч. С. Дашкевич, главный конструктор проекта отдела новых технологий и техники*

Постоянно возрастающие потребности в пищевых и кормовых продуктах обуславливают более интенсивный расход сырьевых ресурсов, что ставит человечество перед проблемой ускоренного создания малоотходных энергосберегающих технологий переработки сырья. По ходу решения

задач по увеличению объемов выпуска готовой продукции возникают новые проблемы, связанные с накоплением вторичных материальных ресурсов и отходов, которые в огромных количествах выбрасываются без переработки, чем наносят серьезный урон окружающей среде.

В настоящее время практически на всей территории постсоветского пространства в картофелеперерабатывающей отрасли использование сухих веществ картофеля составляет около 60 %. Остальное количество переходит в отходы, которые из-за их агрегатного состояния сложно использовать в виде вторичных материальных ресурсов.

В Республике Беларусь наибольшее количество картофеля перерабатывается на крахмал (до 170 тыс. т в год), при этом из производства выводятся два вида продукции: готовый продукт — сухой товарный крахмал и отход производства — картофельная мезга в смеси с соковыми водами. Ни один из крахмальных заводов республики до 2012 г. не имел комплекта оборудования хотя бы для механического обезвоживания мезги, поэтому в настоящее время большинство предприятий перекачивают насосами жидкую мезгу на поля фильтрации или, частично сгущая, вывозят цистернами на поля под запашку.

В этой связи возникла необходимость в разработке технологии и изготовлении оборудования для комплексной переработки отходов картофелекрахмальных производств.

С 2010 г. по 2012 г. в РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» в рамках выполнения Научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» выполнялось мероприятие 17 «Разработка технологии и изготовление опытного образца оборудования для переработки отходов картофелеперерабатывающих производств». В частности, белорусской стороной велась работа по созданию технологии и изготовлению опытного образца оборудования для переработки картофельной мезги.

Целью работы являлось разработать технологию и комплект конструкторской документации на технологическое оборудование для линии производства сырых и сухих кормов, а также изготовить и испытать комплект оборудования для производства сырых и сухих кормов.

В процессе выполнения задания предстояло решить следующие задачи:

- ♦ изучить состав и количество отходов производства картофельного крахмала;
- ♦ разработать модели основного оборудования, провести исследования, обосновать технологические параметры;
- ♦ исследовать механические процессы обезвоживания картофельной мезги;
- ♦ установить степень эффективности механического обезвоживания;
- ♦ изучить технологию подготовки к сушке и сушки картофельной мезги;
- ♦ разработать технологические схемы переработки картофельной мезги на сырые и сухие корма;
- ♦ разработать конструкторскую документацию на нестандартизированные машины комплекта оборудования для производства сырых и сухих кормов;
- ♦ изготовить нестандартизированное оборудование для линии получения сырых и сухих кормов;
- ♦ разработать ТНПА (ТУ, ТИ) на сырые и сухие корма из картофельной мезги;
- ♦ провести монтажные и пуско-наладочные работы технологического оборудования;
- ♦ провести приемочные испытания комплекта оборудования для производства сырых и сухих кормов.

В табл. 1 представлены данные ВНИИК 60-х — 70-х гг. XX в. по содержанию сухих веществ в картофеле и продуктах его переработки при коэффициенте извлечения крахмала  $K_u = 85\%$  [1].

Данные таблицы показывают, что в мезгу и сточную соковую воду на крахмальном заводе поступают примерно одинаковые количества сухих веществ: в мезгу — 18,0 %, в сточную воду — 18,3 %.

В табл. 2 представлены совокупные результаты исследований 2008–2010 гг. при коэффициенте извлечения крахмала  $K_u = 85\%$ .

1.

Составные части картофеля	Содержание в %			
	в картофеле	в крахмале	в сточной воде	в мезге
Крахмал	18,5	15,82	0,38	2,30
Клетчатка	1,15	—	—	1,15
Углеводы растворимые	1,10	—	0,97	0,23
Минеральные вещества	1,10	0,09	0,67	0,24
Азотистые вещества	2,00	—	1,76	0,24
Жиры	0,15	—	0,13	0,02
Прочие вещества	1,10	0,20	0,67	0,41
Всего	25,00	15,93	4,58	4,49

2.

2008–2010 .

Составные части картофеля	Содержание в %			
	в картофеле	в крахмале	в сточной воде	в мезге
Крахмал	11,0	9,35	0,2	1,45
Клетчатка	1,20	вкрапления	—	1,20
Углеводы растворимые	0,95	—	0,79	0,16
Минеральные вещества	1,00	—	0,58	0,32
Азотистые вещества	1,95	—	1,74	0,16
Прочие вещества	1,15	0,05	0,56	0,54
Всего	17,25	9,50	3,87	3,88

Расчет по данным таблицы указывает на то, что общее снижение крахмалистости в картофеле приводит к относительному увеличению сухих веществ в мезге и сточной воде до 22,4 %.

Количество сухих веществ некрахмальных компонентов  $CB_{нк}$  в %, переходящих в мезгу может быть определено по формуле

$$CB_{нк} = P(1 - K) + H, \quad (1)$$

где  $P$  — содержание растворимых сухих веществ в перерабатываемом картофеле, %;  $K$  — коэффициент измельчения картофеля;  $H$  — содержание нерастворимых сухих веществ в картофеле, %.

Опыт работы российских и белорусских картофелекрахмальных заводов показывает, что в течение последних 50 лет коэффициент извлечения крахмала  $K_i$  (%) остается практически постоянным и в среднем составляет около 85 %.

Основываясь на представленных в табл. 1 и табл. 2 данных, было посчитано, что количество сухих веществ картофеля, переходящих в мезгу на белорусских крахмальных заводах на данный период составляет до 3,6 % к массе переработанного картофеля. Этот показатель, получивший название коэффициент мезгообразования  $K_m$  (%), не является постоянным и зависит от  $K_p$  (крахмалистости картофеля) и  $K_i$ .

В процессе работы над заданием была установлена зависимость (2), позволяющая определить количество сухих веществ картофеля  $Q_m$  (т), переходящих в мезгу при выработке 1 т товарного крахмала.

$$Q_m = \frac{80}{K_p \cdot K_i} \cdot K_m, \text{ т.} \quad (2)$$

Здесь, 80 — массовая доля сухих веществ в товарном крахмале.

Решая зависимость (2) для текущего периода ( $K_p = 11,3$  %,  $K_i = 85$  %,  $K_m = 3,6$  %), получим, что при выработке 1 т товарного крахмала в мезгу переходит около 300 кг сухих веществ картофеля.

Получена также зависимость, указывающая на то, что количества сухих веществ картофеля, переходящем в мезгу при работе с одним и тем же коэффициентом извлечения крахмала  $K_i$ , обратно пропорциональны крахмалистости перерабатываемого картофеля.

$$Q_m = \frac{K_{p1}}{K_p} \cdot Q_{m1}, \% \quad (3)$$

Таким образом, в реальной действительности для завода мощностью 100 т/сут. по перерабатываемому картофелю при  $K_p = 11,3 \%$ ,  $K_i = 85 \%$ ,  $K_m = 3,6 \%$  суточный выход картофельной мезги составляет:

- ♦ с содержанием сухих веществ 3,6 % — до 100 т;
- ♦ с содержанием сухих веществ 25 % (сырой корм) — до 14,4 т;
- ♦ с содержанием сухих веществ 88 % (сухой корм) — до 4,1 т;
- ♦ в абсолютно сухих веществах — до 3,6 т.

В процессе исследований предстояло разработать технологию поэтапного обезвоживания жидкой мезги от массовой доли сухих веществ 3,6 % до 88 %.

Для этого были изучены процессы механического обезвоживания, включая уплотнение в поле гравитационных сил, фильтрование, уплотнение в поле центробежных сил, прессование [3].

На рис. 1 представлена зависимость смещения границы раздела фаз и скорости осаждения твердой фазы жидкой мезги от продолжительности отстаивания.

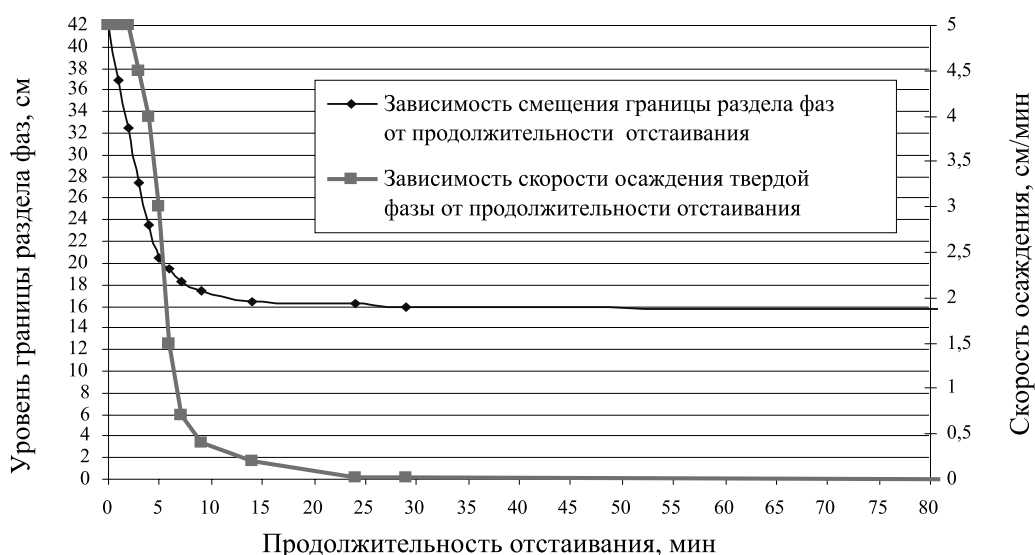


Рис. 1. Зависимость смещения границы раздела фаз и скорости осаждения твердой фазы от продолжительности отстаивания жидкой мезги

Анализ рис. 1 и дальнейшие расчеты показали, что объем сгущенной фракции по окончании отстаивания составляет 35–40 % от первоначального объема жидкой мезги, а массовую долю сухих веществ в сгущенной фракции можно максимально повысить только до 5–7 %. С другой стороны, путем отстаивания можно выключить из дальнейшей технологической обработки 60–65 % мезги в виде осветленной соковой воды при незначительных энергозатратах.

Сгущение мезги методом отстаивания малоэффективно, однако метод может быть успешно использован, как первый этап механического обезвоживания жидкой мезги.

При изучении процесса фильтрования было выявлено, что частицы клеточных оболочек мезги при уплотнении образуют сжимаемый осадок, что не позволяет создавать высоких давлений в камере фильтра над осадком [2].

На рис. 2,3 представлены графические зависимости массовой доли сухих веществ от значений параметров движущих сил процессов: давления фильтрования над фильтрующей перегородкой (рис. 2), фактора разделения центрифуги (рис. 3).

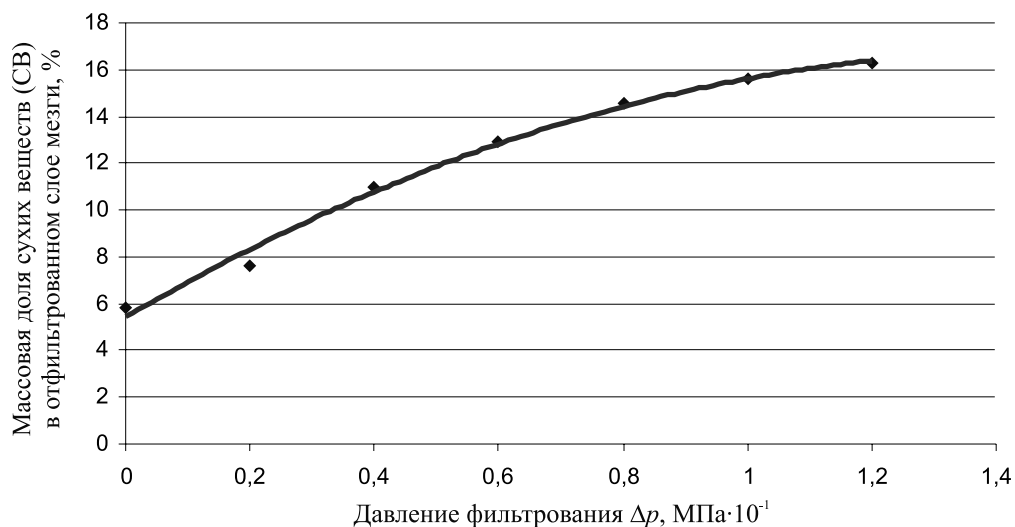


Рис.2. Зависимость массовой доли сухих веществ в слое мезги на фильтрующей перегородке от давления фильтрации

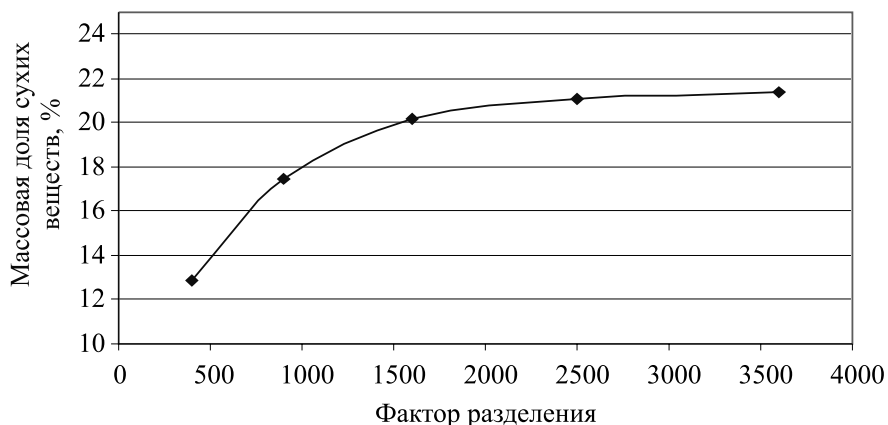


Рис.3. Зависимость массовой доли сухих веществ в уплотненной фракции жидкой мезги от фактора разделения центрифуги, при котором производилось уплотнение

На основании рис. 2, 3 и последующих расчетов были сделаны выводы.

1. Массовую долю сухих веществ в сгущенной мезге путем отфильтровывания жидкой фазы можно довести до 15–17 %.
2. Массовую долю сухих веществ в сгущенной мезге путем осаждения твердой фазы в отстойной центрифуге с фактором разделения до 3000 можно довести до 20–22 %.
3. Методом фильтрации из жидкой мезги можно выделить до 80 % жидкой фазы от ее первоначального содержания, методом отстойного центрифугирования — до 87 %.
4. Фильтрацией и центрифугированием нельзя получить сгущенной твердой фазы мезги с высокой массовой долей сухих веществ, в то же время процесс обезвоживания жидкой мезги этими методами можно рассматривать как второй этап механического обезвоживания.

Исследования, проведенные по обезвоживанию картофельной мезги путем прессования, показали, что в замкнутой камере прессование малоэффективно из-за имеющего место снижения пористости мезги под давлением и, как следствие, резкого снижения влагоотдачи.

На рис. 4 представлены зависимости массовой доли сухих веществ в образцах мезги, отпрессованной на ленточном прессе фирмы «FLOTTWEG» (Германия), от скорости движения лент пресса для значений толщины  $\delta = 1; 2; 3$  см настилаемого на ленту пресса слоя мезги с массовой долей сухих веществ 21 %, полученной после центрифугирования.



Из графиков, представленных на рис. 4 видно, что, с одной стороны, с уменьшением скорости движения лент и толщины настилаемого слоя мезги массовая доля сухих веществ в отпрессованной мезге повышается, с другой стороны, резко падает производительность пресса, поэтому для исследованного случая были выбраны значения  $\delta = 2$  см, скорость ленты — 2–3 м/мин, что обеспечивает массовую долю сухих веществ в отпрессованной мезге около 40 %.

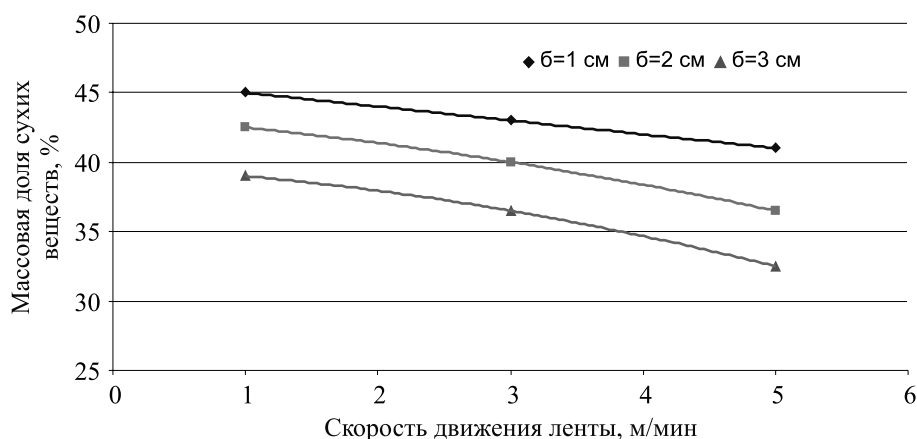


Рис. 4. Зависимость массовой доли сухих веществ от скорости движения лент

Таким образом, трехэтапное механическое обезвоживание с использованием на 3-м этапе ленточных прессов позволяет получать отпрессованную мезгу с массовой долей сухих веществ до 40 % и с содержанием в мезге до 5,6 % влаги от всего ее количества, содержащегося в исходной жидкой мезге.

Сухая мезга (сухой корм) с массовой долей сухих веществ 88 % содержит в своем составе около 0,42 % от исходного количества влаги в жидкой мезге, поэтому разницу между 5,6 % и 0,42 % требуется удалить из отпрессованной мезги исключительно в процессе сушки. В пересчете на массовое количество это означает, что для картофелекрахмального завода мощностью 100 т/сут. по перерабатываемому картофелю при высушивании отпрессованной картофельной мезги необходимо будет выпаривать влаги около 210 кг в час, при этом выход сухой мезги составит около 170 кг/ч (около 4,1 т/сут.).

При исследовании процесса сушки отпрессованной картофельной мезги было выявлено, что при массовой доле сухих веществ около 40 % отпрессованная мезга обладает двояким свойством: с одной стороны, при определенном силовом воздействии она может разрушаться на мелкие частицы, обеспечивая в своем объеме большую суммарную поверхность, что очень важно для проведения эффективной сушки [4]; с другой стороны, силовые воздействия иного характера приводят к ее обратному комкованию, что снижает суммарную поверхность испарения влаги при сушке и увеличивает продолжительность сушки. Установлено, что отпрессованная мезга теряет склонность к обратному комкованию при массовой доле сухих веществ около 48 % и выше.

Для обеспечения данного показателя в разработанной технологии использован метод возврата — смешивания влажного компонента (отпрессованной мезги) с частью высушенного этого же продукта (сухой мезги). Для определения массового соотношения сухой мезги  $m_c$  к отпрессованной  $m_{np}$ , обеспечивающего достижения в смеси показателя 48 %, разработана аналитическая формула:

$$\frac{m_c}{m_{np}} = -0,025 \cdot CB_{np} + 1,2, \quad (4)$$

где  $CB_{np}$  — массовая доля сухих веществ в отпрессованной мезге, %.

На основании проведенных исследований разработана технологическая схема производства сухой картофельной мезги, представленная на рис. 5.

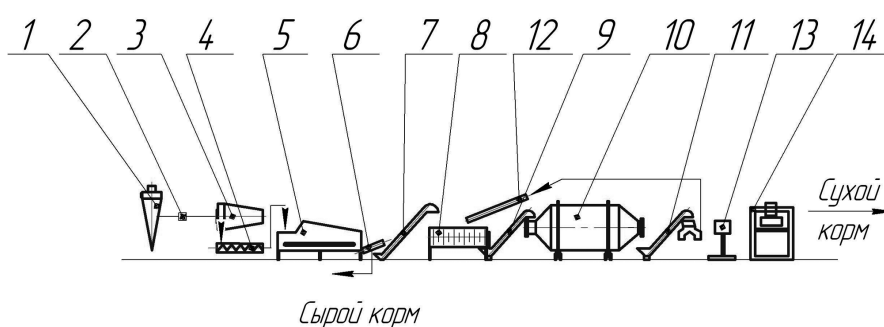


Рис. 5. Технологическая схема производства сухой картофельной мезги: 1 — установка гидроциклонная; 2 — расходный клапан подачи жидкой мезги на центрифугу; 3 — центрифуга; 4 — насос винтовой; 5 — пресс ленточный; 6 — конвейер; 7 — конвейер; 8 — смеситель; 9 — конвейер; 10 — установка сушильная; 11 — конвейер-распределитель; 12 — конвейер возврата; 13 — весы; 14 — машина мешкозашивочная

В соответствии со схемой (рис. 5) отбираемая после прессования мезга может реализовываться потребителю как сырой корм. Сухая картофельная мезга может быть реализована как сухой корм или как компонент комбикормов.

На основании технологической схемы были разработаны исходные требования, технические задания и конструкторская документация на оборудование в составе: центрифуга отстойная горизонтальная шнековая ЦОГШ-05.04.00.00.000, конвейеры винтовые — Ш12-ПКМ/4 — Ш12-ПКМ/7, смеситель Ш12-ПКМ/3, установка сушильная Ш12-УСМ.

Разработаны и согласованы ТНПА в составе:

- ♦ Технологическая инструкция по производству корма картофельного сырого ТИ ВУ 190239501.10.063-2012;
- ♦ Технологическая инструкция по производству корма картофельного сухого ТИ ВУ 190239501.10.062-2012;
- ♦ Технические условия на корм картофельный сырой ТУ ВУ 190239501.831-2012;
- ♦ Технические условия на корм картофельный сухой ТУ ВУ 190239501.830-2012.

Изготовленное оборудование смонтировано на ОАО «Пищевой комбинат "Веселово"», проведены пуско-наладочные работы и отработаны технологические режимы производства. Основные единицы опытного образца оборудования для переработки картофельной мезги представлены на рис. 6.

Технические характеристики опытного образца оборудования для переработки картофельной мезги:

Производительность техническая, (по сухому продукту, поступающему на фасовку), кг/ч, не менее	170
Установленная мощность приводов, кВт	79,9
Тепловая мощность сушилки, кВт	700
Габаритные размеры, мм:	
длина	12 270
ширина	11 000
высота	4208
Масса, кг, не более	14 900

Проведены приемочные испытания опытного образца оборудования для переработки картофельной мезги. В настоящее время на ОАО «Пищевой комбинат "Веселово"» проводятся работы по освоению производства кормов из картофельной мезги.

Фотографии образцов полупродуктов и сухой картофельной мезги представлены на рис. 7.

Следует отметить, что машины опытного образца оборудования (центрифуга, смеситель, установка сушильная) разработаны и созданы в Республике Беларусь впервые.

Конкретно, на ОАО «Пищевой комбинат "Веселово"» данная разработка позволит за производственный сезон получить в виде сухой мезги ранее не использованный резерв кормов в количестве около 800 тыс. корм. ед.



а



б

Рис. 6. Основные единицы опытного образца оборудования для переработки картофельной мезги:  
 а — участка механического обезвоживания картофельной мезги (центрифуга, пресс);  
 б — участка подготовки к сушке и сушки картофельной мезги (транспортирующие конвейеры, смеситель, установка сушильная)



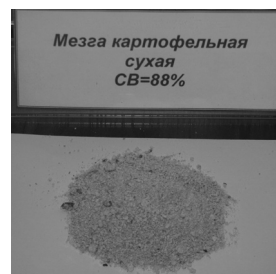
а



б



в



г

Рис. 7. Мезга картофельная: а — отцентрифугированная; б — отпрессованная;  
 в — подготовленная к сушке; г — сухая

По итогам разработки подана заявка на патент «Способ получения сухой картофельной мезги».

## ЛИТЕРАТУРА

1. Трегубов, Н. Н. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н. Н. Трегубов, Е. Я. Жарова, А. И. Жушман. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. — 472 с.
2. Ловкис, З. В. Фильтрационные характеристики картофельной мезги / З. В. Ловкис, М. П. Шабета, А. В. Куликов // Пищевая промышленность: наука и технологии. — 2012. — № 2. — С. 40–47.
3. Плаксин, Ю. М. Процессы и аппараты пищевых производств / Ю. М. Плаксин, Н. Н. Малахов, В. А. Ларин. — М.: Колос, 2007.

4. Гинзбург, А. С. Основы теории и техники сушки пищевых продуктов / А. С. Гинзбург. — М.: Пищевая промышленность, 1973. — 528 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 07.02.2013*

**A. V. Kulikou, M. P. Shabeta, N. N. Petjushev, Ch. S. Dashkevich**

### **TECHNOLOGY OF RECEPTION DRY POTATO PULP**

In given article results of the spent researches on working out of technology of reception dry potato pulp are presented: the basic technological operations are described (mechanical dehydration, preparation for drying and drying), the technological scheme with corresponding structure of the equipment on processing potato pulp on crude and a dry feed is shown.

УДК 637.11.113

*В статье изложены результаты исследований в области фракционирования молочной сыворотки, описаны мембранные процессы ультра- и нанофльтрации, используемые для селективной обработки молочного сырья. Приведены рекомендации по санитарной обработке баромембранного оборудования.*

## **СОВРЕМЕННЫЕ СЕЛЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ПЕРЕРАБОТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ И ТЕХНОЛОГИЯ САНИТАРНОЙ ОБРАБОТКИ МЕМБРАННЫХ УСТАНОВОК**

**РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь**

*О. В. Дымар, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе;*

*И. В. Миклух, младший научный сотрудник лаборатории оборудования и технологий  
молочно-консервного производства;*

*Е. В. Беспалова, инженер лаборатории оборудования и технологий  
молочно-консервного производства;*

*А. П. Райский, инженер лаборатории оборудования и технологий  
молочно-консервного производства*

Рациональное использование молочной сыворотки является не менее актуальной и значимой проблемой, чем промышленная переработка молока. Из молочной сыворотки получают сгущенные и сухие концентраты, выделяют сывороточные белки, производят молочный сахар, а также используют ее для производства спирта, хлебобулочных и кондитерских изделий, кормов.

Известны различные способы переработки молочной сыворотки: концентрирование, сушка, получение (извлечение) отдельных или комбинированных компонентов, получение (синтез) производных компонентов и др. Для оптимизации производственных процессов применяют различные мембранные технологии. Для молочной промышленности наибольший интерес представляют микро-, ультра-, нанофльтрация и обратный осмос.

Цель представленной работы — проведение исследований в области фракционирования молочной сыворотки, отработка режимов санитарной обработки баромембранного оборудования.

Объектами исследования являются оборудование для фракционирования молочной сыворотки баромембранными методами, сыворотка молочная нативная и концентрированная, концентрат сывороточного белка.

В процессе работы применялись стандартные физико-химические, органолептические и микробиологические методы исследований.

Основными мембранными процессами, используемыми при переработке молочной сыворотки, являются ультра- и нанофильтрация.

Ультрафильтрация относится к баромембранным методам селективной обработки молочного сырья. В ходе этого процесса концентрируются относительно крупные составные части продукта (рис. 1), в производственной практике, как правило, этот метод используется для получения концентратов белка. На настоящий момент в республике освоено производство двух видов концентратов сывороточных белков с содержанием белка 55 % и 80 %. Эти продукты выпускаются на разных заводах, что обусловлено отличием технологий их производства. Существует технологический предел, который не позволяет методом одноступенчатого фильтрования из сыворотки получить продукт с содержанием белка в сухом веществе более 55–65 %. Для более высокой степени концентрирования используется диафильтрация — разбавление продукта водой с повторным фильтрованием. Диафильтрация может проводиться и большее число раз, если необходимо получить белок с пониженным содержанием лактозы и золы.

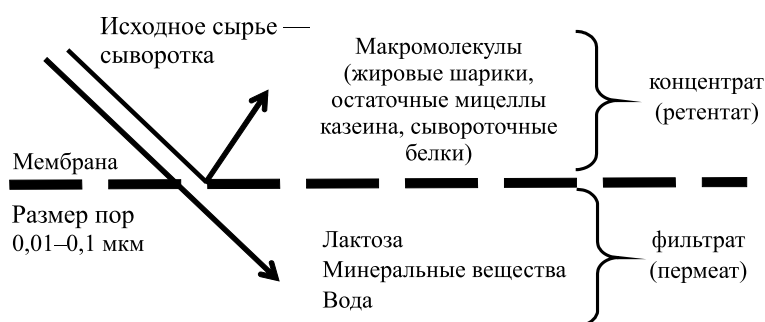


Рис. 1. Схема процесса ультрафильтрации сыворотки

Фильтрат сыворотки после ультрафильтрации, по сути дела неочищенную лактозу, в зависимости от оснащённости производства и конъюнктуры рынка, можно перерабатывать на различные продукты. Наиболее простой вариант — производство молочного сахара сырца. Но в современных условиях этот продукт не приносит высокой прибыли, поэтому целесообразным является организация производства лактозы фармакопейных кондиций. Однако при этом сохраняется проблема переработки мелассы, в которую уходит до 30 % сухих веществ фильтрата, а содержание золы в ней достигает 15–18 %. Вторым вариантом, пожалуй, более предпочтительным, является его сушка на распылительной сушилке. Получаемый при этом продукт обладает всеми свойствами сухой сыворотки, за исключением сниженного содержания белка. Особый интерес данный продукт представляет в случае снижения его зольности, при этом сфера его применения в кондитерском, хлебопекарном и других сегментах пищевой промышленности существенно расширяется.

Нанофильтрация служит для концентрирования молочной сыворотки и частичной деминерализации, что в лучшую сторону влияет на технологические свойства и вкусовые качества конечного продукта. После этой обработки удаляется до 75 % содержащейся в сыворотке влаги и получается концентрат с содержанием сухих веществ 16–20 %. Удаляемая при этом вода — пермеат (фильтрат) — содержит соли, молочную кислоту, следы лактозы и является ресурсом для получения технической (или питьевой) воды после ее дополнительной очистки на установках обратного осмоса.

**Результаты исследований.** На первом этапе работы был разработан и изготовлен экспериментальный образец установки для обработки молочной сыворотки методом ультра-, нанофильтрации (рис. 2). Метод обработки определяется установленным мембранным модулем и режимами работы повышающего и циркуляционного насосов.

Следующим этапом исследований являлись собственно эксперименты по определению основных параметров технологических процессов баромембранного концентрирования и физико-химических показателей обрабатываемого продукта. В ходе проведения процесса нанофильтра-

ции фиксировалось давление на входе и выходе в мембранный элемент, температура процесса, расход концентрата и фильтрата, а также вычислялась скорость фильтрации по фильтрату, контролировались показатели в исходном сырье, концентрате, фильтрате: титруемая и активная кислотность, массовые доли сухих веществ, кислотность и проводимость (табл. 1).



Рис.2. Экспериментальная баромембранная установка

1. -

Показатель	Сыворотка творожная		Сыворотка подсырная		Сыворотка казеиновая	
	исх.	конц. НФ	исх.	конц. НФ	исх.	конц. НФ
Активная кислотность, ед. рН	4,37	4,61	6,36	6,35	4,42	4,46
Титруемая кислотность, °Т	52	115,0	11	36,0	62	161,0
Массовая доля сухих веществ, %	6,0	16,6	6,1	18,0	6,0	18,0
Удельная электропроводность, мСм/см	8,72	10,20	5,43	6,79	7,56	11,09
Массовая доля золы в сухом веществе, %	10,4	7,60	7,0	5,61	8,16	6,65
Степень деминерализации, %	—	26,9	—	19,9	—	18,5

Установлено, что процесс нанофильтрации молочной сыворотки на лабораторной установке позволяет сконцентрировать сырье до 16–18 % сухих веществ, что упрощает процесс ее дальнейшей обработки. Кроме того, происходит частичное удаление минеральных солей до уровня деминерализации 20–25 % и молочной кислоты, о чем косвенно свидетельствует незначительное увеличение показателя рН. Титруемая кислотность возрастает за счет концентрации сухих веществ, главным образом, белка (содержание возрастает с 0,6–0,8 % до 2,0–2,2 %). Проведение данных исследований позволило разработать и изготовить опытный образец промышленной установки по нанофильтрации Я23-ОУН.

Серия опытов на экспериментальной установке по определению режимных параметров работы оборудования при реализации процесса ультрафильтрации позволила сформировать техническое задание, разработать и изготовить опытный образец промышленной установки для ультрафильтрации Я23-ОУФ (рис. 3).

После завершения монтажа и пуска наладки ультрафильтрационной установки на ОАО «Слущкий сыродельный комбинат» в ходе отработки технологического процесса и приемочных испытаний установки при переработке подсырной сыворотки получены следующие режимы работы и характеристики продукта: давление на входе в мембраны, варьируемое в диапазоне от 2,0 до 3,6 атм; температура процесса, варьируемая в диапазоне 12,0–15,0 °С, достигнутая массовая доля сухих веществ в концентрате (ретентате) от 6,5 до 10,8 %, в фильтрате (пермеате) 5,0 %, при содержании сухих веществ в исходной подсырной сыворотке 5,8 %;

содержание белка в концентрате от 1,0 до 4,7 %. Фактор концентрирования (по объему) составил 1,6–28,7, фактор концентрирования (по сухим веществам) — 1,1–1,9 соответственно. Полученный УФ-концентрат (ретентат) подсырной сыворотки с массовой долей сухих веществ от 6,5 до 10,8 % может быть направлен на изготовление концентрата сывороточных белков с содержанием от 14,5 до 41,5 % белка. Производительность установки по перерабатываемой подсырной сыворотке составит за смену (8 ч) 1300–2500 л, по концентрату — 45–1300 л, по фильтрату — 1000–1300 л (в зависимости от режимов работы установки).



Рис.3. Опытная установка ультрафильтрации для обработки молочного сырья Я23-ОУФ

С целью расширения возможной сферы использования установки дополнительно были проведены испытания по концентрированию обезжиренного молока, при этом определены режимы: давление на входе в мембраны, варьируемое в диапазоне от 3,0 до 4,0 атм.; температура процесса, варьируемая в диапазоне 8,7–9,2 °С. В ходе опытов удалось достичь массовой доли сухих веществ в концентрате от 11,4 до 12,4 %, в фильтрате — 5,8 %, при содержании сухих веществ в исходном обезжиренном молоке — 10,3–10,4 %; содержания белка в концентрате — от 5,5 до 6,8 %. Фактор концентрирования (по объему) составил 1,2–1,6, фактор концентрирования (по сухим веществам) — 1,1–1,2 соответственно. В дальнейшем концентрат служил основой для производства белковых продуктов: творога и сыра.

Важным фактором в поддержании работоспособности мембранных установок является и качественная санитарная обработка. В этой связи, в проведенных исследованиях особое внимание было уделено этому процессу. Очевидно, что при работе мембранных установок происходит постепенное снижение их производительности, что обусловлено загрязнением мембран в виде образующихся на поверхности отложений малорастворимых солей и микрочастиц взвесей, основная задача была удалить их в ходе мойки. Загрязненный мембранный элемент после ультрафильтрации непастеризованной подсырной сыворотки подвергали мойке по разработанной программе (табл. 2).

После проведения энзимной (ферментной) мойки средствами «Rodan 300E» (0,3 %) совместно с «Rodan 97» (1 %) и промывки производительность увеличилась до 69 %. Наблюдалось уменьшение белкового загрязнения до средней степени. После проведения кислотной мойки средством «RodanAcid» (0,5 %) и промывки производительность установки увеличилась до 77 %. Наблюдалось снижение белкового загрязнения до следового количества, проба на жир — отрицательная. После проведения щелочной мойки средством «Rodan 220» (0,5 %) производительность мембраны увеличивалась до первоначального значения. Пробы на белок и жир — отрицательные.

Особым этапом работы являлись исследования бактериальной загрязненности сред в ходе процесса санитарной обработки и подбор режима дезинфекции и дезинфектанта (табл. 3, 4).

2.

Стадия мойки	Производительность фильтрации, л/ч	pH	Проба на жир	Проба на белок
Контроль водопроводной воды		7,45	—	—
Контроль молочной сыворотки		6,51	+	+++
0. Промывка перед ультрафильтрацией	376	7,42	—	—
1. Промывка после ультрафильтрации	128	6,89	+	+++
2, 3. Энзимная мойка с промывкой	258	10,2	+	++
4, 5. Кислотная мойка с промывкой	291	2,74	—	+
6, 7. Щелочная мойка с промывкой	376	10,8	—	—

Примечание. Интерпретация результатов пробы на белок и пробы на жир:

- « +++ » — сильное загрязнение белком или жиром;
- « ++ » — загрязнение белком или жиром средней степени;
- « + » — следовое загрязнение белком или жиром;
- « — » — отсутствие белкового или жирового загрязнения.

3.

3 %

Стадия мойки	Производительность фильтрации, л/ч	Микробиологические показатели			
		КМАФАнМ, КОЕ/мл	ДиП, КОЕ/мл	БГКП, КОЕ/мл	St. aureus, КОЕ/мл
Контроль водопроводной воды		$5,0 \cdot 10^1$	не опр.	отсутствие в 100 см <sup>3</sup>	не опр.
Контроль молочной сыворотки		$7,9 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^2$	$6,7 \cdot 10^1$	2
0. Промывка перед ультрафильтрацией	376	$6,1 \cdot 10^2$	2	1	не обн.
1. Промывка после ультрафильтрации	128	$1,0 \cdot 10^6$	$2,5 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^1$	2
2, 3. Энзимная мойка с промывкой	258	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
4, 5. Кислотная мойка с промывкой	291	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
6, 7. Щелочная мойка с промывкой	376	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
8, 9. Дезинфекция с промывкой	376	$3,9 \cdot 10^1$	3	не обн.	не обн.

4.

0,75 %

« -1 »

Стадия мойки	Производительность фильтрации, л/ч	Микробиологические показатели			
		КМАФАнМ, КОЕ/мл	ДиП, КОЕ/мл	БГКП, КОЕ/мл	St. aureus, КОЕ/мл
Контроль водопроводной воды		$4,4 \cdot 10^1$	не опр.	отс. в 100 см <sup>3</sup>	не опр.
Контроль молочной сыворотки		$6,8 \cdot 10^5$	$3,0 \cdot 10^2$	$4,2 \cdot 10^1$	1
0. Промывка перед ультрафильтрацией	372	$5,3 \cdot 10^2$	2	1	не обн.
1. Промывка после ультрафильтрации	119	$4,8 \cdot 10^6$	$1,9 \cdot 10^2$	$2,8 \cdot 10^1$	1
2, 3. Энзимная мойка с промывкой	305	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
4, 5. Кислотная мойка с промывкой	322	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
6, 7. Щелочная мойка с промывкой	372	не опр.	не опр.	не опр.	не опр.
8, 9. Дезинфекция с промывкой	372	$6,4 \cdot 10^1$	1	не обн.	не обн.

После проведения ультрафильтрации молочной сыворотки производительность снижалась до 32–34 % от первоначально значения. Микробиологическая обсемененность находилась на уровне  $1,0 \cdot 10^6$  —  $4,8 \cdot 10^6$  КОЕ/мл для КМАФАнМ;  $2,5 \cdot 10^2$  —  $1,9 \cdot 10^2$  КОЕ/мл для дрожжеподобных и плесневых грибов;  $3,0 \cdot 10^1$  —  $2,8 \cdot 10^1$  КОЕ/мл для БГКП; 1–2 КОЕ/мл для *St. aureus*. После проведения энзимной, кислотной и щелочной мойки производительность мембраны увеличивается до первоначального значения. Уровень микробиологического загрязнения мембранного элемента находится в установленных пределах для оборудования молочной промышленности



(для КМАФАнМ < 100 КОЕ/см<sup>2</sup>, для БГКП положительные пробы после дезинфекции не обнаружены, *St. aureus* не обнаружен, для дрожжеподобных и плесневых грибов < 5 КОЕ/см<sup>2</sup>).

Таким образом, в ходе выполнения научных исследований были разработаны и изготовлены опытные образцы баромембранных установок для проведения процессов нанофильтрации и ультрафильтрации, отработаны режимы их эксплуатации, определены характеристики получаемых на них продуктов. Даны рекомендации по проведению санитарной обработки мембранного оборудования.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 14.02.2013*

**О. V. Dymar, I. V. Miklukh, E. V. Bepalova, A. P. Rayskiy**

### **MODERN METHODS OF SELECTIVE PROCESSING TECHNOLOGY WHEY AND SANITIZATION MEMBRANE PLANTS**

The paper presents the results of research into the fractionation of whey, membrane processes described ultra- and nanofiltration, used for the selective processing of raw milk. Recommendations for the sanitary processing baromembrane equipment.

УДК 637.11.113

*В статье отражены результаты исследований по разработке новых видов продуктов на основе молочной сыворотки. Предложены новые технологии напитков, паст, муссов, желе, при производстве которых в качестве основного сырья используется молочная сыворотка. Описан разработанный авторами статьи и внедренный на молокоперерабатывающем предприятии комплекс оборудования Я23-ОДА для изготовления пастообразных продуктов на основе молочной сыворотки.*

## **НОВЫЕ ВИДЫ ПРОДУКТОВ НА ОСНОВЕ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

**РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь**

**О. В. Дымар**, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе;

**В. А. Варганов**, кандидат биологических наук, заведующий отделом технологий  
гомогенизированных продуктов;

**Е. В. Ефимова**, заведующий лабораторией технологий цельномолочных продуктов  
и концентратов;

**А. П. Райский**, инженер лаборатории оборудования и технологий  
молочно-консервного производства

В настоящее время все предприятия молочной промышленности значительное внимание уделяют энергетической и промышленной эффективности в процессах переработки сырья. При рациональном использовании сырьевых ресурсов на принципах безотходных технологий высокий экономический эффект гарантирован, особенно когда речь идет о таком продукте, как сыворотка, получаемая при производстве белковых продуктов. Следует отметить, что в сыворотку переходит практически 50 % сухих веществ молока в виде различных соединений: углеводы, белки, минеральные соли, жир, а также витамины, ферменты, органические кислоты. Молочный жир в сыворотке тонко диспергирован и имеет повышенное содержание фосфатидов. Белки, содержащиеся в молочной сыворотке, по своему составу относятся к наиболее ценным белкам животного происхождения, являясь богатым источником незаменимых аминокислот. Они имеют очень высокую скорость расщепления в пищеварительном тракте, их усвояемость

составляет 98 %. Лактоза представляет собой ценный углевод, необходимый организму человека не только для покрытия энергетических потребностей, но и для нормального протекания важных биохимических и микробиологических процессов. Лактоза обладает бифидогенной активностью, в связи с чем, благоприятствует поддержанию микробиоценоза в пищеварительном тракте человека, способствует усвоению кальция, магния, фосфора. Также в молочной сыворотке обнаружено более 30 макро-, микро- и ультрамикроэлементов. В нее переходят практически все витамины молока, и в первую очередь водорастворимые. Поэтому наряду с высокой питательной ценностью молочная сыворотка и продукты ее переработки имеют диетическое, и даже лечебное значение.

В странах с развитой технической базой (США, Канада, Германия, Франция, Швеция) молочная промышленность перерабатывает от 60 до 95 % ресурсов сыворотки. В Беларуси уровень промышленной переработки сыворотки по итогам 2012 г. составил около 60 %.

Возможны следующие варианты переработки и использования молочной сыворотки: сушка, сгущение, ультрафильтрация и производство белковых концентратов, производство молочного сахара и его производной — лактулозы с последующим использованием продуктов из сыворотки в отраслях пищевой промышленности, на кормовые цели, производство этилового спирта, скармливание сельскохозяйственным животным в непереработанном виде. Учитывая высокую биологическую ценность сыворотки, перспективным является использование сыворотки и ее производных для производства многокомпонентных молочных продуктов — это жидкие продукты, которые характеризуются высоким содержанием сыворотки (от 70 до 80 %), и пастообразные продукты с содержанием сыворотки в сухом веществе до 50 %, что обеспечивает им конкурентоспособность. Наряду с сывороткой другими компонентами рецептур для производства данных продуктов являются творог, плодово-ягодные, фруктовые и овощные наполнители, сахар, стабилизаторы, ароматические добавки, красители, компоненты, придающие продуктам функциональную направленность (пробиотические микроорганизмы, пребиотики, витамины и минеральные элементы). Причем сочетание молочного и растительного сырья способствует не только расширению ассортимента молочных продуктов, но и позволяет повысить их пищевую и биологическую ценность.

В РУП «Институт мясо-молочной промышленности» проведены исследования по разработке новых видов продуктов на основе молочной сыворотки. Разработаны технологии производства напитков, паст, муссов, желе, при производстве которых в качестве основного сырья используется молочная сыворотка, что обеспечивает их низкую себестоимость и конкурентоспособность.

При проведении исследований по созданию рецептур напитков были проработаны оптимальные концентрации сухих веществ их основы — молочной сыворотки. Полученные результаты показали целесообразность изготовления продукта с содержанием сухих веществ сыворотки 7,5–10 %. Дальнейшее увеличение содержания сухих веществ нецелесообразно, поскольку в готовом продукте присутствует привкус сухих компонентов, а также наблюдается нагарообразование при тепловой обработке смеси. Более низкое содержание сухих веществ не обеспечивает получение продукта с оптимальными органолептическими показателями и хорошей консистенцией.

Изучена возможность изготовления напитков на основе молочной сыворотки, изготавливаемых путем прямого смешивания компонентов и их сквашиванием с помощью бактериальных заквасок и концентратов, а также регулированием кислотности продукта путем добавления кислоты лимонной и/или аскорбиновой. Установлено, что оптимальные органолептические показатели имел продукт, кислотность которого составляла 65–110 °Т. Для достижения данных значений кислотности необходимо проводить сквашивание продукта или вносить кислоту лимонную в количестве 0,07–0,2 %. Определено, что для сквашивания могут быть использованы закваски, приготовленные на чистых культурах термофильного стрептококка, болгарской палочки и ацидофильной палочки в соответствии с рекомендациями изготовителей для достижения необходимой кислотности. Для получения напитков с функциональными свойствами в качестве функциональных ингредиентов использовались пребиотики (инулин и лактулоза) и пробиотики (концентрат бифидобактерий).

Рассмотрена возможность использования в качестве наполнителей различных фруктовых, овощных соков и наполнителей, а также вкусоароматических добавок. На основании проведенных исследований было установлено, что оптимальные дозы внесения фруктовых, овощных соков и наполнителей составляют 3–10 % (в зависимости от их концентрации и содержания сахара в них). Оптимальные дозы внесения фруктовых порошков составляют 0,3–0,4 %. Причем более технологичным является использование именно сухих соков, поскольку при использовании других видов наполнителей необходимо учитывать, что каждый из наполнителей имеет определенное значение рН.

Поскольку при хранении напитков наблюдалось их расслоение, были подобраны оптимальные стабилизирующие добавки. Установлено, что для производства напитков без сквашивания оптимальным является использование стабилизаторов «СТМ-1» в количестве 0,15 % и «Хамульсион ГТВ» в количестве 0,3 % от массы продукта; для производства сквашенных напитков — «СТМ-1» — 0,05 %, «Про-Квик» и «Мультек» — 0,5 % от массы продукта (табл. 1).

1. -

Наименование показателя	Значение
Массовая доля сахарозы (для напитка с ароматом и с плодовоовощным наполнителем), %	5,0–10,0
Активная кислотность, ед. рН	4,3–6,5
Массовая доля поваренной соли, % (для напитка с наполнителем)	1,0–3,0
Массовая доля сухих веществ, %	5,0–16,0

На основании проведенных исследований разработана технология производства напитков на основе молочной сыворотки, которая включает следующие операции: приемку и подготовку сырья, внесение стабилизатора, сахара, сухого сока, пастеризация при 85–87 °С, охлаждение до температуры сквашивания (при изготовлении сквашенных продуктов), заквашивание и сквашивание сыворотки (или доведение рН лимонной кислотой до необходимого значения), перемешивание, охлаждение смеси 20(±2) °С, розлив, упаковка, доохлаждение готового продукта при 4(±2) °С.

При отработке технологических режимов производства паст на основе молочной сыворотки рассмотрена возможность производства сливочной пасты и сливочно-растительной с заменой молочного жира на растительный. Установлено, что данную замену можно осуществлять в количестве 50–60 % от общего количества жира. При этом не происходит ухудшение органолептических показателей продукта.

При проведении исследований по созданию рецептур паст были проработаны оптимальные концентрации сухих веществ их основы — сухой молочной сыворотки, составляющие 15–50 % от общей концентрации сухих веществ различных видов разработанных паст, подобрано сырье и установлены оптимальные дозы внесения всех компонентов: сыворотка сухая 12–14 %; сухое обезжиренное молоко 1,5–2,5 %; сахар — 1,0–6,0 %; соль — 1,0–2,0 %; кислота лимонная — 0,2–0,3 %; ванилин — 0,002–0,003 %; вкусовые добавки фирмы Etol (09133, 09134, 09135) — 0,4–0,6 %; фруктовых порошков — 0,3–0,4 %; творог — 40–50 %, масло сливочное — 8–25 %, клетчатка — 1,8–2,5 %; стабилизаторы: «СТМ-5» — 0,4–0,8 %, камедь рожкового дерева — 1,0–3,0 %, «Про-Квик» — 1,0–1,5 % (табл. 2).

Разработан технологический процесс изготовления паст, который включает следующие этапы: приемка и подготовка сырья, составление смеси жидких компонентов (вода, сыворотка и продукты ее переработки полученные путем электро- и баромембранных методов и биохимической обработки) со стабилизаторами, смешивание с компонентами, предусмотренными рецептурой (творог, сыворотка сухая, молоко сухое обезжиренное, сахар-песок, вкусоароматические добавки, краситель, регуляторы кислотности, масла), перемешивание 15–20 мин, тепловая обработка при 85(±2) °С, охлаждение до 25 °С при непрерывном перемешивании, расфасовка, упаковка, доохлаждение при 4(±2) °С и структурообразование продукта.

2. -

Наименование показателя	Значение для паст с массовой долей жира	
	10,0 %	25,0 %
Массовая доля жира, %, не менее	10,0	25,0
Массовая доля соли, %, не более	2,0	
Массовая доля влаги, %, не более	70,0	
Кислотность, °Т, не более	200	
Массовая доля лактулозы (для пасты с лактулозой), %	0,15±0,05	
Массовая доля инулина (для пасты с инулином), %	1,0±0,2	

При проведении исследований по созданию рецептур муссов было установлено, что для производства мусса количество сухой сыворотки не должно превышать 15 % (оптимальная концентрация — 8–10 %), поскольку при превышении данной концентрации в готовом продукте, несмотря на то, что вносятся вкусоароматические добавки и ароматизаторы, присутствует сывороточный привкус. Установлены оптимальные дозы внесения компонентов: сыворотка сухая — 8,0–10,0 %; кислота лимонная — 0,07–0,1 %; ванилин — 0,002–0,003 %; фруктовые порошки — 1,0–1,5 %; пищевые красители (понсо, тартразин) — 0,001–0,003 %; пищевые ароматизаторы, идентичные натуральным (апельсин, малина, абрикос, вишня, лимон) — 0,03–0,07 %; творог — 40–50 %, клетчатка — 1,8–2,5 %; стабилизаторы: «СТМ-1» — 0,5–0,8 %, камедь рожкового дерева — 0,6–1,0 %, желатин — 0,5–0,7 %. Подсырная сыворотка и продукты ее переработки, полученные путем электро- и баромембранных методов и биохимической обработки, могут использоваться для замены всей воды или ее части с соответствующим пересчетом рецептур (табл. 3).

3. -

Наименование показателя	Значение для муссов с массовой долей жира	
	2,5 %	5,0 %
Массовая доля жира, %, не менее	2,5	5,0
Массовая доля влаги, %, не более	70,0	
Активная кислотность, единиц рН	4,0–7,0	
Массовая доля сахарозы, %	4,0–10,0	
Массовая доля лактулозы (для муссов с лактулозой), %	0,15±0,05	

Отработанный технологический процесс изготовления муссов включает следующие этапы: приемка и подготовка сырья, составление смеси жидких компонентов (вода, сыворотка и продукты ее переработки полученные путем электро- и баромембранных методов и биохимической обработки) со стабилизаторами, смешивание с компонентами, предусмотренными рецептурой (творог, сыворотка сухая, сахар-песок, вкусоароматические добавки, краситель, регуляторы кислотности), перемешивание 15–20 мин, тепловая обработка при 85(±2) °С, охлаждение до 40–45 °С, взбивание, доохлаждение до 25 °С, расфасовка, упаковка, доохлаждение при 4(±2) °С и структурообразование продукта.

При проведении исследований по созданию рецептур желе были проработаны оптимальные концентрации всех компонентов, установлены оптимальные дозы их внесения: сыворотка сухая — до 10 %; кислота лимонная — 0,07–0,1 %; фруктовые порошки — 1,0–1,5 %; пищевые красители (понсо, тартразин) — 0,001–0,003 %; пищевые ароматизаторы, идентичные натуральным (апельсин, малина, абрикос, вишня, лимон) — 0,03–0,07 %; стабилизаторы: камедь рожкового дерева — 1,5–2,0 %, желатин — 1,8–2,2 % (табл. 4).

4. -

Наименование показателя	Значение для желе
Массовая доля сухих веществ, %	4,0–20,0
Массовая доля сахарозы, %	4,0–10,0
Активная кислотность, единиц рН	4,0–7,0

Технологический процесс изготовления желе включает следующие этапы: приемка и подготовка сырья, составление смеси компонентов, предусмотренных рецептурой (сыворотка, сахар-песок, вкусоароматические добавки, красители, регуляторы кислотности), перемешивание 15–20 мин, тепловая обработка при  $85(\pm 2)^\circ\text{C}$ , охлаждение до  $35\text{--}40^\circ\text{C}$ , расфасовка, упаковка, доохлаждение при  $4(\pm 2)^\circ\text{C}$  и структурообразование продукта.

Проведены исследования по определению сроков годности разработанных продуктов. Для этого изучены изменения органолептических и физико-химических показателей продуктов. Результаты исследований показали, что срок годности напитков, паст, муссов составляет 7 сут., желе — 10 сут., (без существенных изменений исследуемых показателей) при температуре хранения  $4(\pm 2)^\circ\text{C}$ .

Технические условия и технологическая документация на новые виды молочных продуктов на основе молочной сыворотки: напитки, пасты, муссы, желе — согласованы, утверждены и зарегистрированы в установленном порядке.

Для изготовления продуктов на основе молочной сыворотки разработан комплекс оборудования Я23-ОДА (рис.).

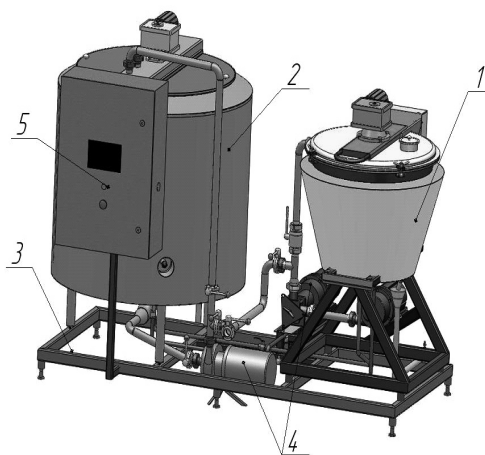


Рис. Комплекс оборудования для производства пастообразных продуктов на молочной основе Я23-ОДА

Комплекс состоит из следующих основных изделий (рис.):

- 1 — установка для производства пастообразных продуктов на молочной основе;
- 2 — ванна для продукта;
- 3 — рама;
- 4 — насосы ОНЦ и ШНК;
- 5 — шкаф управления.

Все узлы и детали комплекса выполнены из нержавеющей стали и материалов, разрешенных для контакта с пищевым продуктом. Небольшие габариты позволяют размещать ее в лаборатории или цеху и облегчают обслуживание установки.

На установке используются полнопроходные шаровые краны. Они работают в качестве регулирующей арматуры, что позволит регулировать поток продукта, проходящего через диспергатор. Также они используются в качестве запорной арматуры, если необходимо произвести перемешивание без дополнительного диспергирования.

Нижнее расположение диспергатора и подведенные к нему трубопроводы позволяют эффективно производить перемешивание необходимых компонентов и диспергирование смеси.

Крышка установки выполнена с возможностью открытия за ручку. Вес крышки с установленным на нем мотором редуктором составляет не более 30 кг. Для облегчения поднятия крышки установлен пружинный компенсатор, состоящий из двух пружин, натяжного болта и пластины. На крышке предусмотрен загрузочный люк для подачи продукта в емкость или добавления ингредиентов во время перемешивания.

На двигатель мотор-редуктора мешалки установлен частотный преобразователь. Он служит для плавного регулирования скорости асинхронного электродвигателя за счет создания на выходе преобразователя электрического напряжения заданной частоты. Преобразователь позволяет регулировать скорость вращения мешалки при производстве продуктов различной консистенции.

Мешалка муфтой соединена с валом редуктора и состоит из двух труб и пластины, на которой крепится скребок из фторопласта. Она перемешивает более нагретые слои со всей массой, что обеспечивает равномерное нагревание продукта. При вращении мешалки скребок максимально близко проходит возле стенки корпуса, тем самым счищает пристенные слои продукта, что необходимо для интенсификации тепловых и гидродинамических процессов.

Изоляция рубашки корпуса выполнена минеральной ваты и закрыта кожухом из нержавеющей стали. Температура на поверхности кожуха смесителя не превышает 60 °С. Все это позволяет использовать установку для проведения экспериментов при переработке вязких пищевых продуктов.

Комплекс оборудования позволяет выполнять такие операции, как смешивание, взбивание, диспергирование, эмульгирование пастообразных продуктов, на молочной основе для предотвращения расслоения составных компонентов, тем самым, обеспечивая однородный состав готового продукта. Также комплекс осуществляет нагрев сырья горячим паром и охлаждение продукта с помощью подачи в рубашку ледяной воды. Он может использоваться для производства кремов, десертов, муссов, паст на молочной основе, биоактивных добавок, джемов, фруктово-ягодных наполнителей, натуральных концентрированных и сгущенных молочных продуктов. Монтаж оборудования проведен на Вилейском филиале ОАО «Молодечненский молочный комбинат». Проведен расчет экономической эффективности производства разработанных продуктов. Установлено, что при выпуске 150 т продукции в год прибыль составит около 950 млн руб.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Голубева, Л. В.* Десертные продукты на основе УФ-концентрата творожной сыворотки / Л. В. Голубева, Е. И. Мельникова, Е. Б. Станиславская // Переработка молока. — 2009. — № 1. — С. 36–37.
2. *Зарипов, И. Р.* Напиток с функциональными свойствами / И. Р. Зарипов, Н. Б. Гаврилова, Л. Е. Мартемьянова // Переработка молока. — 2007. — № 8. — С. 42–45.
3. *Фриденберг, Г. В.* Молочная сыворотка в производстве творожных продуктов и напитков / Г. В. Фриденберг, Г. И. Есина // Переработка молока. — 2009. — № 4. — С. 41.
4. Прогнозирование напитков на основе молочной сыворотки / А. Г. Храмцов [и др.] // Молочная промышленность. — 1996. — № 5. — С. 18–19.
5. *Храмцов, А. Г.* Рациональная концепция полного и рационального использования молочной сыворотки / А. Г. Храмцов // Молочная промышленность. — 2006. — № 6. — С. 7–12.
6. Направления промышленной переработки молочной сыворотки / А. Г. Храмцов [и др.] // Переработка молока. — 2006. — № 3. — С. 32–35.
7. *Ожгихина, Н. Н.* Рациональная переработка молочной сыворотки / Н. Н. Ожгихина, Т. А. Волкова // Переработка молока. — 2012. — № 9. — С. 44–46

*Рукопись статьи поступила в редакцию 14.02.2013*

**O. V. Dymar, V. A. Varganov, E. V. Efimova, A. P. Raysky**

### NEW PRODUCTS BASED ON MILK WHEY

The paper presents the results of research to develop new products based on whey. Proposed new technologies drinks, pastes, mousses, gels, manufactured as a basic raw material used whey. The developed and implemented by the authors in dairy establishments complex equipment YA23-ODA for manufacturing paste-like products based on whey.

*В статье отражены результаты научных исследований по разработке технологии и оборудования для производства концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки. Обоснована целесообразность процесса деминерализации молочной сыворотки посредством применения методов нанофильтрации и электродиализа. Описаны особенности технологических процессов деминерализации и ферментативного гидролиза лактозы в молочной сыворотке, подобраны оптимальные параметры проведения гидролитического расщепления лактозы в молочной сыворотке посредством ферментативного препарата марки Maxilact® L2000, с активностью  $\geq 2000$  NLU/г.*

## **КОМБИНАЦИЯ ФЕРМЕНТАТИВНОГО ГИДРОЛИЗА ЛАКТОЗЫ И ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА — ОСНОВА ПРОИЗВОДСТВА СГУЩЕННЫХ И СУХИХ МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь

*О. В. Дымар, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе;  
Л. Н. Соколовская, младший научный сотрудник лаборатории оборудования  
и технологий молочно-консервного производства;  
А. П. Райский, инженер лаборатории оборудования  
и технологий молочно-консервного производства*

В сыворотку переходит более 50 % сухих веществ, в том числе 30 % белков, поэтому она обладает высокой пищевой и биологической ценностью. В зависимости от объемов и вида молочной сыворотки должны применяться различные направления ее переработки. Так, в странах Европы в ближайшее время предполагается увеличение производства сухой сыворотки, концентратов сывороточных белков, казеина и лактозы (Европейский Союз, США, Новая Зеландия, Австралия, Аргентина, Канада), что позволит сократить его выбросы в окружающую среду и увеличить объемы производства продуктов питания. Наиболее перспективным на сегодняшний день видится производство сухой сыворотки. Однако данное направление не всегда является рациональным, так как глубина переработки в этом случае минимальна, а продукт получается с рядом свойств, ограничивающих сферу его дальнейшего применения, прежде всего за счет высокого содержания золы. Кроме того, сыворотка богата лактозой, а непереносимость молочного сахара по причине гиполактазии является одним из наиболее распространенных желудочно-кишечных нарушений, которое наблюдается у сотен миллионов людей во всем мире. В связи с этим осуществление ферментативного гидролиза лактозы применительно к производству молочных продуктов из сыворотки значительно расширит сектор их потребления, за счет включения людей страдающих гиполактазией. В настоящее время применение сыворотки в качестве полноценного сырья для производства молочных продуктов еще не получило широкого применения.

Целью работы явились разработка и реализация технологии производства концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки.

**Результаты работы и их обсуждения.** В начале работы проведен информационный поиск, и анализ научных источников позволил подтвердить перспективность изучения и развития направления переработки молочной сыворотки в производство концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной сыворотки. Актуальным вопросом является совершенствование оборудования для ее производства (сушильных установок, вакуум-выпарных аппаратов).

1. В ходе исследований изучены характеристики молочной сыворотки как сырья для последующей переработки.

Молочная сыворотка — побочный продукт при производстве сыров, творога и казеина. В результате чего различают подсырную, творожную и казеиновую сыворотку. Химический состав молочной сыворотки обусловлен видом основного продукта и особенностями технологии его получения. Средний состав различных видов молочной сыворотки приведен в табл. 1.

1.

Компонент	Молочная сыворотка		
	подсырная	творожная	казеиновая
Сухие вещества, %	4,5–7,2	4,2–7,4	4,5–7,5
в том числе:			
лактоза	3,9–4,9	3,2–5,1	3,5–5,2
азотистые вещества	0,5–1,1	0,5–1,4	0,5–1,5
минеральные вещества	0,3–0,8	0,5–0,8	0,3–0,8
молочный жир	0,2–0,5	0,05–0,4	0,02–0,1

Теоретический объем получаемой сыворотки (выход) составляет примерно 90 % от перерабатываемого сырья. На практике с учетом реальных потерь выход нормируется от 60 до 85 %. Следовательно, при переработке 1 т молока на белково-жировые продукты получается до 750–800 л молочной сыворотки.

Основной путь решения проблемы комплексной переработки молочного сырья — создание безотходных технологий сыра, творога и казеина.

Второе направление полного использования сухих веществ сыворотки более перспективно. Оно дает возможность получать сгущенные и сухие сывороточные концентраты, сухую деминерализованную сыворотку, сухую безлактозную сыворотку, сухую сыворотку с наполнителями, блочную сыворотку (продукты с промежуточной влажностью), гранулированную сыворотку. Полное использование компонентов сыворотки базируется на ее обезвоживании путем выпаривания под вакуумом и сушки. Представляет интерес сгущение сыворотки до высоких концентраций (более 70 % сухих веществ), так как стоимость сушки на порядок дороже выпаривания. При этом можно получать продукты с промежуточной влажностью.

Одной из ведущих тенденций последних лет в развитии молочной промышленности в нашей стране и за рубежом является широкое использование мембранных методов обработки. Они открыли возможности для получения новых видов молочных продуктов и повлекли за собой коренное изменение технологий переработки сыворотки. Не меньший интерес с точки зрения перспективности мембранных процессов имеет электродиализ.

2. Согласно предварительно разработанным исходным требованиям общий технологический процесс изготовления концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки состоит из следующих этапов производства: приемка и подготовка сырья; пастеризация сыворотки; концентрирование сыворотки до содержания массовой доли веществ (22±2) %; деминерализация сыворотки (в случае производства деминерализованной сыворотки); ферментативный гидролиз лактозы сыворотки (в случае производства сыворотки деминерализованной гидролизованной); сгущение и сушка сыворотки (в случае производства сухой гидролизованной и деминерализованной сыворотки). В ходе дальнейших исследований проводилась работа по подбору оптимальных способов и параметров каждого из этапов производства концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки.

3. На этапе изучения процесса деминерализации молочной сыворотки посредством применения методов нанофильтрации и электродиализа проводились исследования процесса деминерализации на нанофильтрационной и электродиализной установках сыворотки молочной на ОАО «Березовский сыродельный комбинат», ОАО «Верхнедвинский маслосырзавод», ОАО «Савушкин продукт», а также на пилотной электродиализной установке RALEX P1 1×EDR-Y/50 в лабораторных условиях РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

Установлено, что использование нанофильтрации (рис. 1) позволяет частично удалить соль из сыворотки до уровня деминерализации 25–30 %. В результате нанофильтрации получается



подгущенная сыворотка с содержанием сухих веществ порядка 18–20 %, а в пермеат переходят минеральные вещества, частично молочная кислота (0,16 %), и незначительное количество лактозы (0,07 %) и небелкового азота (0,08 %).



Рис. 1. Опытная установка наночистоты Я23-ОУН

Физико-химические показатели исходной сыворотки и сыворотки после обработки на установке наночистоты представлены в табл. 2.

2. -

Показатель	Сыворотка творожная	Сыворотка творожная после наночистоты	Сыворотка казеиновая	Сыворотка казеиновая после наночистоты
Активная кислотность, ед. рН	4,66	4,61	4,66	4,81
Титруемая кислотность, °Т	52	115	52	161
Массовая доля сухих веществ, %	6,8	16,6	6,8	18
Массовая доля жира, %	0,04	0,02	0,05	—
Массовая доля белка, %	0,8	2,03	0,66	2,16
Массовая доля лактозы, %	4,2	13,86	0,05	12,48
Массовая доля золы, %	0,7	1,3	0,8	1,6
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1025	1140	1022	—

Отмечены основные преимущества электродиализа: стандартизация сырья по минеральному составу и кислотности; улучшение органолептических показателей; снижение гидроскопичности сыворотки; повышение степени растворимости; снижение времени кристаллизации лактозы в сыворотке; улучшение процесса сушки; снижение себестоимости продукта; повышение рентабельности производства; получение продукта пищевого качества вне зависимости от вида сыворотки.

Физико-химические показатели различных видов сыворотки до и после процесса электродиализа представлены в табл. 3.

На основании полученных данных можно утверждать, что процесс электродиализа совместно с процессом наночистоты позволяет существенно повысить эффективность производства за счет повышения качества получаемой в ходе процесса деминерализованной творожной и казеиновой сыворотки, переработка которой ранее была крайне затруднительна. С помощью электродиализа можно регулировать рН молочной сыворотки, что также позволит повысить конкурентоспособность вырабатываемого продукта.

3. -

Показатель	Сыворотка творожная подгущенная	Сыворотка творожная подгущенная деминерализованная 50 %	Сыворотка творожная подгущенная деминерализованная 70 %	Сыворотка казеиновая подгущенная	Сыворотка казеиновая подгущенная деминерализованная 50 %	Сыворотка казеиновая подгущенная деминерализованная 70 %
Активная кислотность, ед. рН	4,61	6,52	6,46	4,81	5,37	5,13
Титруемая кислотность, °Т	115	21	16	161	35	30
Массовая доля сухих веществ, %	16,6	14,5	15	18	16	16
Массовая доля жира, %	0,02	0,02	0,08	—	—	—
Массовая доля белка, %	2,03	1,91	2,09	2,16	2,08	2,24
Массовая доля лактозы, %	13,86	13,4	13,86	12,48	12,94	13,32
Массовая доля золы, %	1,3	0,53	0,33	1,6	—	0,59
Плотность, кг/м <sup>3</sup>	1140	1150	1150	—	—	—

4. В ходе исследования и оптимизации процесса ферментативного гидролиза лактозы в молочной сыворотке подобраны оптимальные параметры проведения гидролитического расщепления лактозы в молочной сыворотке. Подтвердилось, что самые важные условия для длительной ферментативной активности — это активная кислотность и температура ферментации. Особо важным фактором эффективности ферментативного гидролиза лактозы является вид и активность применяемого для гидролиза фермента.

Стало известно, что ферментативные препараты грибного происхождения, в частности «Лактоканесцин», не подходят для проведения процесса гидролиза молочного сахара в подсырной сыворотке, т. к. грибная β-галактозидаза имеет оптимум действия в пределах рН 4,0–5,0, а активная кислотность подсырной сыворотки приближена к нейтральному значению рН 5,8–6,5. Наибольшую активность при ферментативного гидролизе лактозы в молочной сыворотке проявляют дрожжевые препараты, в данных исследованиях использовался препарат марки Maxilakt L2000 с активностью 2120 NLU/г и оптимумом рН 7,5 — это очищенный препарат лактазы, выделенный из штаммов дрожжей *Saccharomyces (Kluveromyces) marxianus var. Lactis*. Данный препарат способен обеспечить стабильное протекание процесса ферментативного гидролиза лактозы и достижение необходимой степени гидролиза молочного сахара как в модельных растворах, так и в молочной сыворотке.

Поскольку применяемый ферментативный препарат получен из молочных дрожжей, оптимальные условия продолжительной активности и достижения эффективного гидролиза близки к нейтральным значениям рН, то есть 6,6–6,8, а температура 35–40 °С. Результаты экспериментальных исследований представлены на рис. 2, 3.

Помимо температуры и активной кислотности важным параметром процесса является количество вносимого фермента, а также время ферментирования. Подобрано наиболее оптимальное соотношение параметров расход-время в зависимости от необходимой степени гидролиза лактозы, так для осуществления полного распада лактозы (100 % степень гидролиза) необходимо проведение 5-часового ферментирования с добавлением 0,3 % лактазы от массы гидролизуемой сыворотки, а для получения сыворотки с 50 % гидролизованной лактозы достаточно 2,5-часового ферментирования. Наглядной иллюстрацией зависимости степени гидролиза от дозы фермента и времени ферментирования является график зависимости степени гидролиза от продолжительности процесса и количества вносимого фермента (рис. 4).

Предположительное влияние на эффективность протекания реакции ферментативного распада молочного сахара оказывает повышенное содержание сухих веществ в гидролизуемом субстрате. Данный вопрос особенно актуален в связи с тем, что с целью экономии производственных площадей и упрощения транспортировки, а также для повышения пищевой ценности сыворотку предпочитают концентрировать методом нано- или ультра- фильтрации или сгущать

на вакуум-выпарных установках до высоких показателей сухих веществ ( $СВ_{\text{сыр.конц.}} = 16\text{--}20\%$ ,  $СВ_{\text{сыр.сгущ.}} = 40\text{--}45\%$ ). Поэтому для оценки целесообразности проведения ферментативного гидролиза лактозы в концентрированной или сгущенной подсырной сыворотке было изучено влияние массовой доли сухих веществ сырья на эффективность протекания гидролитической реакции.

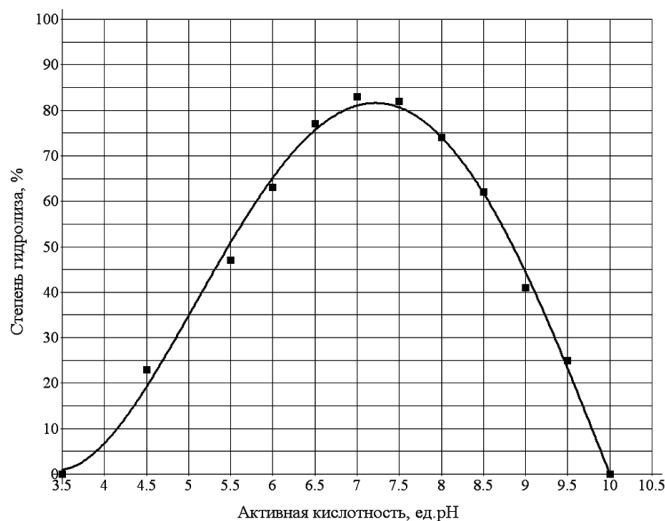


Рис. 2. Зависимость степени гидролиза лактозы от кислотности

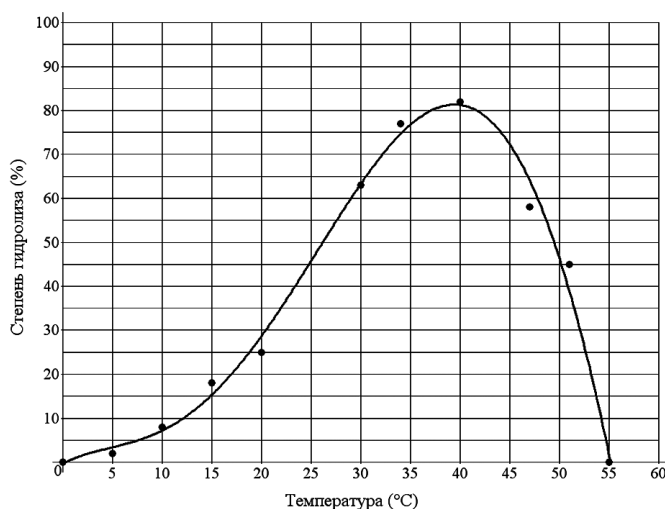


Рис. 3. Зависимость степени гидролиза лактозы от температуры

Эксперименты проводились с натуральной подсырной сывороткой с массовой долей сухих веществ 6,0 %, концентрированной сывороткой с содержанием сухих веществ 20 % и сгущенной — 40 % сухих веществ. Результаты представлены на рис. 5.

Анализ результатов эксперимента показывает, что при гидролизе лактозы в образце массовой долей сухих веществ 20 % при соблюдении оптимальных параметров процесса, как и в неконцентрированной натуральной сыворотке, достигается высокая эффективность гидролиза лактозы, что подтверждает целесообразность ее предварительного концентрирования и объясняется высокой вероятностью столкновения молекул лактозы и фермента  $\beta$ -галактозидазы. В случае гидролиза сгущенной сыворотки с массовой долей сухих веществ 40 % за счет значительного увеличения вязкости распределение фермента в субстрате затруднено, что снизило эффективность ферментативного процесса.

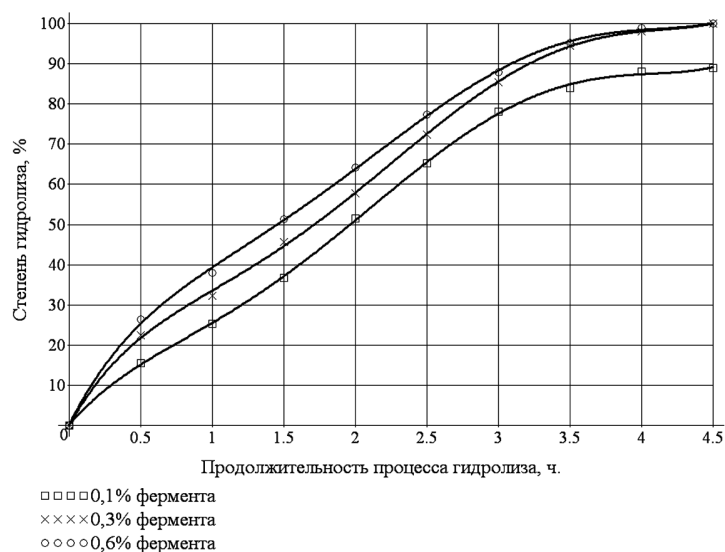


Рис. 4. Зависимость степени гидролиза от продолжительности процесса и количества вносимого фермента

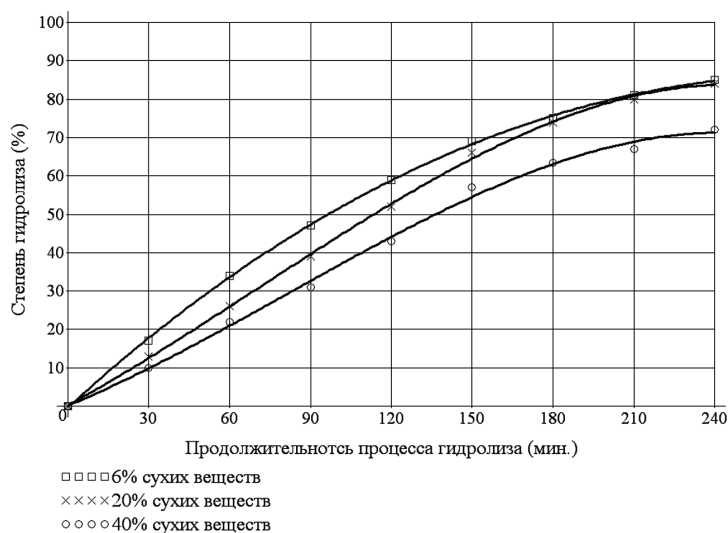


Рис. 5. Зависимость эффективности гидролиза лактозы от массовой доли сухих веществ сыворотки

Помимо состава подсырной сыворотки и других технологических режимов важным производственным параметром является применение периодического или постоянного перемешивания среды ферментации, в зависимости от консистенции гидролизующей сыворотки для осуществления наиболее полного контакта активных центров β-галактозидазы с гидролизующим субстратом, в нашем случае с подсырной сывороткой.

Таким образом, в ходе лабораторных испытаний определены оптимальные параметры проведения ферментативного гидролиза молочного сахара в подсырной сыворотке посредством ферментативного препарата марки Maxilact® L2000 с активностью ≥ 2000 NLU/г. Наиболее важными в ходе осуществления реакции гидролиза лактозы являются:

- ♦ поддержание постоянной температуры ( $t_{\text{опт.}} = 37(\pm 2) \text{ }^\circ\text{C}$ );
- ♦ поддержание уровня активной кислотности сыворотки в ходе гидролиза ( $\text{pH}_{\text{опт.}} 6,5-7,5$ );
- ♦ достаточное, но не избыточное количество ферментативного препарата (0,1–0,3 % от массы гидролизующей сыворотки);
- ♦ содержание сухих веществ в сыворотке (4–20 %).

5. Сгущение молочной сыворотки осуществляется посредством частичного удаления из нее воды, с помощью таких видов оборудования как вакуум-выпарной аппарат или мембранное оборудование (установка нанофильтрации, обратно-осмотическая установка), позволяющего селективно концентрировать отдельные компоненты молочного сырья. Возможно как самостоятельное, так и совместное использование данных видов оборудования. В большинстве случаев производители предпочитают совместное применение мембранного оборудования с целью подсушения сырья и вакуум-выпарной установки для окончательного сгущения сырья перед сушкой. Такое сочетание процессов позволяет сократить временные и энергетические затраты.

В процессе изучения особенностей сгущения деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки были изучены теоретический и практические основы сгущения молочного сырья. Для более глубокого исследования особенностей процесса сгущения молочной сыворотки создан экспериментальный образец вакуум-выпарного аппарата.

По результатам работы определены оптимальные параметры сгущения сыворотки деминерализованной и гидролизованной: сгущение сыворотки осуществляют при температуре  $60(\pm 3)$  °С, для предупреждения или уменьшения вспенивания рекомендуется понижение уровня сгущаемой сыворотки в сепараторе (пароотделителе) вакуум-аппарата; сгущение сыворотки осуществляют до массовой доли сухих веществ  $50(\pm 5)$  %.

В ходе работы по данному направлению изготовлен опытный вакуум-выпарной аппарат Я23-ОВА (рис. 6).



Рис. 6. Опытный образец вакуум-выпарного аппарата Я23-ОВА

6. В основном сушку молочной сыворотки осуществляют на сушильных установках распылительного типа.

На распылительных сушильных установках с противоточным и смешанным движением горячего воздуха и высушиваемого продукта должны быть следующие режимы:

- 1) температура воздуха, поступающего в сушильную башню — от 150 до 190 °С;
- 2) температура воздуха на выходе из сушильной башни — от 75 до 90 °С.

На распылительных сушильных установках с прямоточным движением горячего воздуха и высушиваемого продукта должны быть следующие режимы:

- 1) температура воздуха, поступающего в сушильную башню — от 170 до 190 °С;
- 2) температура воздуха на выходе из сушильной башни — от 75 до 95 °С.

Конкретный температурный режим устанавливается для каждой сушильной установки индивидуально.

По окончании процесса сушки обязательно проводится охлаждение сухой сыворотки сухой ниже температуры 25 °С.

Изучение особенностей процесса сушки гидролизованной и деминерализованной молочной сыворотки производилось на специально созданном экспериментальном образце сушильной установки Я23-ОСУ. В ходе исследований выяснилось, что при сушке гидролизованной молочной сыворотки возникает налипание и комкование готового продукта в ходе процесса сушки и его дальнейшего хранения, что связано с недостаточной концентрацией белка сыворотки и повышенной термопластичностью моносахаров, образовавшихся в сыворотке в результате ферментативного гидролиза лактозы. Для улучшения процесса сушки сыворотки применялось внесение дополнительной молочной белковой фазы (сухое цельное молоко, сухое обезжиренное молоко, молока коровьего цельного, молока обезжиренного, сыворотки молочной подсырной сухой) путем смешивания с деминерализованной (в случае производства деминерализованной сыворотки) и гидролизованной подсырной сывороткой. Восстановленное или нативное молочное сырье вносят в деминерализованную (в случае производства гидролизованной сыворотки) гидролизованную молочную сыворотку в количестве, обеспечивающем нормируемый показатель молочного белка и оптимальное протекание процесса сушки сыворотки.

Сухая гидролизованная сыворотка представляет собой аморфный порошок желтого цвета, однородного по всей массе. По сравнению с обычной сухой молочной сывороткой она обладает более сладким вкусом, что объясняется расщеплением среднесладкой лактозы на более сладкие моносахара (глюкоза и галактоза).

Конечные показатели сухой гидролизованной сыворотки в сравнении с показателями сухой сыворотки представлены в табл. 4.

4.

Показатель	Сыворотка сухая гидролизованная	Сыворотка молочная сухая
Массовая доля влаги, %	4,5	5,0
Степень гидролиза лактозы, %	85	0,0
Массовая доля редуцирующих сахаров, %		
В том числе:		
глюкозы	29,6	—
галактозы	28,5	—
лактозы	9,0	61,0
Титруемая кислотность, °Т	93	95
Индекс растворимости, см <sup>3</sup> сырого осадка	0,3	0,6
Массовая доля золы, %	9,5	15,0
Органолептические показатели:		
внешний вид и консистенция	Однородный мелкий сухой порошок с незначительным количеством комочков, рассыпающихся при легком механическом воздействии	
цвет	Желтый, однородный по всей массе	Светло-желтый, однородный по всей массе
вкус и запах	Свойственный молочной сыворотке. Повышенная глюкозная сладость	Свойственный молочной сыворотке сладкий с легкой кислотинкой

В ходе работы по данному направлению изготовлен опытный образец сушильной установки Я23-ОСУ, представленный на рис. 7.

7. Показатели экономической эффективности данной работы выполняемой в рамках Мероприятия 8 «Разработка технологии и изготовления опытного образца установки производитель-

ностью 100 кг/ч по испаренной влаге для получения 10 кг/ч концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки» рассчитаны с учетом затрат на смежное Мероприятие 11 «Разработка технологии и изготовление образцов оборудования производительностью до 1 т/смену по исходной сыворотке для фракционирования молочной сыворотки электро- и баромембранными методами», так как оно не несет в себе экономического эффекта от продажи готовой продукции, а в Мероприятии 8 подразумевает в производстве конечного продукта применение процесса нанофильтрации (при помощи данной мембранной технологии можно провести деминерализацию сыворотки, получив при этом концентрат пригодный для дальнейшей переработки). Показатели экономической эффективности мероприятий представлены в табл. 5.



Рис. 7. Опытный образец сушильной установки Я23-ОСУ

5.

Показатель	Значение
1. Бюджетное финансирование, руб.	17 286 429 500
2. Прогнозируемый объем продаж, т/год	168
3. Прогнозируемая цена сыворотки, руб./кг	20 000
4. Выручка от реализации, руб./год	3 360 000 000
5. Годовой экономический эффект, руб./год	2 402 500 800
6. Срок окупаемости, лет	3,0
7. Рентабельность, %	14,0 %

Таким образом, в результате проведенных исследований была разработана технология производства концентрированной и сухой деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки. Изучены особенности технологических процессов деминерализации и ферментативного гидролиза лактозы в молочной сыворотке. В результате чего подобраны оптимальные параметры проведения гидролитического расщепления лактозы в молочной сыворотке посредством ферментативного препарата марки Maxilact® L2000, с активностью  $\geq 2000$  NLU/г: поддержание постоянной температуры ( $t_{\text{опт}} = 37(\pm 2) ^\circ\text{C}$ ); поддержание уровня активной кислотности сыворотки в ходе гидролиза ( $\text{pH}_{\text{опт.}} 6,5-7,5$ ); достаточное, но не избыточное количество ферментативного препарата (0,1–0,3 % от массы гидролизуемой сыворотки); содержание сухих веществ в сыворотке (4–20 %).

Изучен процесс деминерализации молочной сыворотки посредством применения методов нанофильтрации и электродиализа. На основании полученных данных можно утверждать, что

процесс электродиализа совместно с процессом нанофильтрации позволяет существенно повысить эффективность производства за счет повышения качества получаемой в ходе процесса деминерализованной творожной и казеиновой сыворотки, переработка которой ранее была крайне затруднительна. С помощью электродиализа можно регулировать pH молочной сыворотки, что также позволит повысить конкурентоспособность вырабатываемого продукта. Отработаны процессы нанофильтрации, сгущения и сушки деминерализованной и гидролизованной молочной сыворотки в опытных условиях РУП «Институт мясо-молочной промышленности».

*Рукопись статьи поступила в редакцию 14.02.2013*

**O. V. Dymar, L. N. Sokolovskaya, A. P. Raysky**

### **COMBINATION OF ENZYMATIC HYDROLYSIS AND ELECTRODIALYSIS – THE BASIS OF PRODUCTION OF CONDENSED AND DRIED MILK PRODUCTS NEW GENERATION**

In the article the results of research on the development of technology and equipment for the production of concentrated and dry demineralized and hydrolysed whey. The appropriateness of the process of demineralization of whey by means of application of nanofiltration and electro dialysis. The features of process of demineralization and enzymatic hydrolysis of lactose in whey, select optimal parameters of the hydrolytic cleavage of lactose in whey by enzymatic preparation grade Maxilact ® L2000, with activity  $\geq 2000$  NLU/g.

УДК 637.11.113

*В статье отражены результаты научно-исследовательской работы по созданию технологии и опытных образцов оборудования для производства заменителей цельного молока методом сухого смешивания с использованием молочной сыворотки и сывороточных компонентов. Приведены данные по зоотехнической оценке кормового качества разработанных заменителей цельного молока.*

## **НОВЫЕ РЕЦЕПТУРЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ЦЕЛЬНОГО МОЛОКА МЕТОДОМ СУХОГО СМЕШИВАНИЯ**

**РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь**

*О. В. Дымар, кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе;*

*И. В. Миклух, младший научный сотрудник лаборатории оборудования  
и технологий молочно-консервного производства;*

*Л. Н. Соколовская, младший научный сотрудник лаборатории оборудования и технологий  
молочно-консервного производства*

Одним из путей улучшения использования сырьевых ресурсов и резервом увеличения производства товарного молока при выращивании молодняка сельскохозяйственных животных является применение заменителей цельного молока. Заменители цельного молока (ЗЦМ) — группа продуктов, имеющих сложный, сбалансированный по питательным элементам состав, обеспечивающий нормальный рост и развитие молодняка сельскохозяйственных животных различных видов. Особое значение имеет возможность использования молочной сыворотки и сывороточных компонентов при производстве заменителей цельного молока, что позволяет сэкономить эквивалентное количество обезжиренного молока и пахты для пищевых целей и в то же время получить заменители цельного молока высокой кормовой ценности.

Обеспечение сельхозпроизводителей высококачественными кормами для выращивания молодняка сельскохозяйственных животных (1 кг сухого ЗЦМ заменяет 8–9 кг цельного молока) позволит высвободить цельное молоко на промышленную переработку и повысить товарность молока. Объем ЗЦМ, необходимый для выпойки телят в Республике Беларусь, можно оценить в 70 тыс. т



сухого продукта. Такое количество ЗЦМ заменяет около 630 тыс. т цельного молока. Вместе с тем в Республике Беларусь высока доля импортного сырья и компонентов, которые входят в состав ЗЦМ. В этой связи актуальной задачей является разработка гаммы продуктов, позволяющих заменить импортные ингредиенты для изготовления ЗЦМ методом сухого смешивания.

Цель работы — разработать технологию и изготовить опытные образцы оборудования для производства ЗЦМ методом сухого смешивания.

В РУП «Институт мясо-молочной промышленности» разработан комплект ТНПА (технические условия) и ТД (технологическая инструкция, сборник рецептур) на ЗЦМ «СОЮЗ», для зоотехнической оценки кормового качества которого было проведено вскармливание молодняка крупного рогатого скота молочного периода экспериментальными партиями заменителей цельного молока, изготовленными по разработанным рецептурам, приведенным в табл. 1. Это позволило определить влияние происхождения белка и величины его содержания в продукте на физиологическое развитие молодняка крупного рогатого скота.

1.  
( 1000 )

Наименование сырья	ЗЦМ (рецептура 1)	ЗЦМ (рецептура 2)	ЗЦМ (рецептура 3)	ЗЦМ (рецептура 4)
Сыворотка молочная сухая	220	150	175	200
Молоко сухое обезжиренное	0	0	125	90
Сухое цельное молоко	620	620	630	570
Концентрат сывороточно-белковый, полученный методом ультрафильтрации (КСБ-УФ) с содержанием белка не менее 80 %	0	0	30	100
Мука соевая обезжиренная дезодорированная	120	190	0	0
Премикс (норма внесения 4 %)	40	40	40	40
Кормовая ценность 1 кг				
Сырой протеин, не менее, г	210,0	260,0	210,0	260,0
Сырой жир, не менее, г	160,0	160,0	160,0	160,0
Углеводы	433,9	398,3	440,7	419,4
в том числе лактоза, г	404,9	331,8	440,7	419,4
Кормовые единицы	1,68	1,67	1,70	1,68
Обменная энергия, МДж	15,12	15,15	15,27	15,23

Таким образом, были разработаны рецептуры экспериментальной партии ЗЦМ с содержанием жира 16 % и с белком растительного происхождения, массовая доля которого составляет 21 % (рецептура 1) и 26 % (рецептура 2) и с белком молочного происхождения, массовая доля которого составляет 21 % (рецептура 3) и 26 % (рецептура 4). При этом в ЗЦМ с немолочным белком (рецептура 1 и 2), источником которого является соевая мука, содержание которой не превышает 35 %, массовая доля молочного белка одинакова, различается содержание немолочного белка. В ЗЦМ с молочным белком (рецептура 3 и 4) соотношение казеина к сывороточным белкам принимается равным 25 : 75, что способствует раннему развитию рубца и хорошим приростам теленка.

Изготовление ЗЦМ проводили технологии сухого смешивания, которая состоит из следующих технологических операций:

- ♦ приемка, хранение сухих компонентов;
- ♦ подготовка сухих компонентов к смешиванию;
- ♦ дозирование и смешивание компонентов.

Для проведения испытаний было сформировано пять групп телок по 7 голов (контрольная, опытная № 1, опытная № 2, опытная № 3 и опытная № 4) одного возраста по принципу аналогов, с одинаковыми условиями содержания и кормления.

Формирование пяти групп телок осуществлялось для определения возможности выращивания молодняка крупного рогатого скота при полной замене цельного молока, также для установления степени влияния такого кормления на рост и развитие молодняка в сравнительном аспекте.

Перед скармливанием ЗЦМ восстанавливали в соотношении 1,0 часть сухого продукта на 8,0 частей питьевой воды. Восстановление осуществляли следующим образом: в чистой емкости в половинном объеме питьевой воды с температурой 50–55 °С растворяли необходимое количество сухого ЗЦМ, затем добавляли оставшееся количество воды и смесь тщательно перемешивали. Восстановленный ЗЦМ перед скармливанием животным имел температуру 36–39 °С.

Соблюдалась постепенность замены цельного молока на восстановленный ЗЦМ, не допуская перерывов в его скармливании в соответствии с табл. 2.

2.

День приучения	1	2	3	4
Восстановленный ЗЦМ, %	20	40	60	80
Цельное молоко, %	80	60	40	20

Далее ЗЦМ использовали в соответствии с принятой в СПФ «Заозерье» ОАО «Лепельский молочноконсервный комбинат» схеме выпойки, заменяя 1 кг цельного молока на 1 кг восстановленного ЗЦМ.

Научно-хозяйственный опыт был проведен по схеме, представленной в табл. 3.

3.

Группа	Количество телок	Условия кормления в течение молочного периода	Продолжительность испытаний ЗЦМ
Контрольная	7	Цельное молоко + комбикорм + сено + зеленые корма	1 месяц
Опытная № 1	7	ЗЦМ (рецептура 1) + комбикорм + сено + зеленые корма	1 месяц
Опытная № 2	7	ЗЦМ (рецептура 2) + комбикорм + сено + зеленые корма	1 месяц
Опытная № 3	7	ЗЦМ (рецептура 3) + комбикорм + сено + зеленые корма	1 месяц
Опытная № 4	7	ЗЦМ (рецептура 4) + комбикорм + сено + зеленые корма	1 месяц

Телкам контрольной группы выпаивали цельное молоко в количестве по 3 кг два раза в день. Телкам опытных групп №№ 1, 2, 3, 4 выпаивали восстановленный ЗЦМ рецептуры 1, 2, 3, 4 соответственно по 3 кг два раза в день.

У телок контрольной и опытных групп определяли живую массу до начала испытаний и по истечении месяца испытаний. При этом учитывалось также их физиологическое состояние.

Результаты контрольного взвешивания телок представлены в табл. 4.

За период вскармливания телок в опытных и контрольной группах негативных физиологических проявлений не наблюдалось. Телки имели удовлетворительное физиологическое состояние в соответствии с их возрастом.

По истечении 30 дней вскармливания среднесуточный (валовый) привес у телок опытных групп №№ 1, 2, 3, 4 оказался выше, чем в контрольной группе на 7, 7, 14, 36 кг соответственно, что составляет 4,0; 4,0; 6,2; 20,3 % соответственно. Среднесуточный привес у телок опытных групп №№ 1, 2, 3, 4 оказался выше, чем в контрольной группе на 33, 33, 52, 171 г соответственно, что составляет 3,9; 3,9; 6,2; 20,3 % соответственно.

Прирост массы телок в опытных группах №№ 1 и 2, которые вскармливались ЗЦМ (рецептура 1) с белком растительного происхождения массовой долей 21 % и ЗЦМ (рецептура 2) с белком растительного происхождения массовой долей 26 %, оказался одинаковым. Прирост массы телок в опытных группах №№ 3 и 4, которые вскармливались ЗЦМ (рецептура 3) с белком молочного происхождения массовой долей 21 % и ЗЦМ (рецептура 4) с белком молочного происхождения массовой долей 26 % выше, чем у телок опытных групп № № 1 и 2 на 4 и 29 кг соответственно, что составляет 2,2 и 15,8 % соответственно. Среднесуточный привес у телок

опытных групп №№ 3 и 4 оказался выше, чем в опытных группах №№ 1 и 2 на 19 и 139 г соответственно, что составляет 2,2 и 15,8 % соответственно.

4.

№ п/п	Наименование группы	Инд. № телки	Начало вскармливания	30 дней вскармливания		
			вес, кг	вес, кг	привес, кг	с/сут. привес, г
1	Контрольная	01496	41	71	30	1000
2		00193	41	74	33	1100
3		00195	39	64	25	833
4		00194	39	53	14	467
5		01212	32	49	17	567
6		01216	35	64	29	967
7		01206	47	76	29	967
<b>ИТОГО</b>			<b>274</b>	<b>451</b>	<b>177</b>	<b>843</b>
1	Опытная № 1	01215	35	55	20	667
2		01211	39	64	25	833
3		01213	33	55	22	733
4		00192	47	79	32	1067
5		01209	36	64	28	933
6		01468	37	59	22	733
7		01207	41	76	35	1167
<b>ИТОГО</b>			<b>268</b>	<b>452</b>	<b>184</b>	<b>876</b>
1	Опытная № 2	00198	44	71	27	900
2		01500	40	71	31	1033
3		01205	49	79	30	1000
4		01203	37	64	27	900
5		01208	37	55	18	600
6		01210	40	62	22	733
7		00186	33	62	29	967
<b>ИТОГО</b>			<b>280</b>	<b>464</b>	<b>184</b>	<b>876</b>
1	Опытная № 3	01204	35	66	31	1033
2		01202	40	62	22	733
3		01499	36	64	28	933
4		00187	47	79	32	1067
5		00200	37	55	18	600
6		01201	35	62	27	900
7		00188	44	74	30	1000
<b>ИТОГО</b>			<b>274</b>	<b>462</b>	<b>188</b>	<b>895</b>
1	Опытная № 4	00199	40	71	31	1033
2		00189	39	64	25	833
3		00196	47	82	35	1167
4		00197	51	82	31	1033
5		00190	44	76	32	1067
6		00191	49	84	35	1167
7		01214	33	57	24	800
<b>ИТОГО</b>			<b>303</b>	<b>516</b>	<b>213</b>	<b>1014</b>

Наибольший привес наблюдался у телок опытной группы № 4, вскармливаемой ЗЦМ (рецептура 4) с белком молочного происхождения массовой долей 26 % (213 кг), что выше по сравнению с телками опытной группы № 3, которые вскармливались ЗЦМ (рецептура 3) с белком молочного происхождения массовой долей 21 %, на 25 кг/13,3 %.

Совместно с разработкой технологии и рецептур на производство ЗЦМ РУП «Институт мясо-молочной промышленности» была разработана техническая документация на комплекс оборудования для производства сухих смесей кормового назначения Я23-ОСБ методом сухого сме-

шивания (рисунок), изготовление которого было проведено РУП «Институт мясо-молочной промышленности и на ОАО «Слущкий сыродельный комбинат» осуществлен его монтаж, а также проведена отработка технологического процесса производства заменителей цельного молока методом сухого смешивания.

Комплекс состоит из следующих основных изделий:

- ♦ смеситель;
- ♦ бункер-дозатор;
- ♦ площадка обслуживания;
- ♦ шкаф управления.

Смеситель обеспечивает эффективное перемешивание продукта, придавая ему свойство однородного состава. В качестве рабочего органа смесителя используется шнек с одним витком и набором лопаток. Бункер служит для промежуточного хранения продукта в течение смены. Шкаф управления располагается на раме в удобном для управления комплексом месте.



Рис. Комплекс оборудования для производства сухих смесей кормового назначения Я23-ОСБ

При отработке технологии производства заменителей цельного молока была выработана партия продукта. Проведены исследования полученной партии заменителя цельного молока по физико-химическим и органолептическим показателям, а также на однородность партии.

Технологический процесс производства заменителей цельного молока включает транспортирование, загрузку компонентов в смеситель, смешивание и дозирование. В табл. 5 представлено время, необходимое на совершение данных операций.

Суммарное время операций составило 23 мин при выходе готового продукта массой 248 кг. Средняя часовая производительность  $\Pi = (248/23) \times 60 = 647$  кг/ч.

5.

Операция	Время совершения операции, мин
Подъем 10 мешков (250 кг) на площадку высотой 1,8 м	4
Загрузка поднятого на площадку сырья в смеситель	7
Смешивание (процесс после загрузки последнего мешка)	4
Выгрузка смешанных сухих компонентов в мешки	8
Технологический процесс	23

В результате зоотехнической оценки кормового качества разработанных заменителей цельного молока определено:

- ♦ наиболее эффективным является применение ЗЦМ с белком молочного происхождения, содержание которого составляет 26 %, по сравнению в ЗЦМ с белком молочного происхождения, содержание которого составляет 21 %, и по сравнению с ЗЦМ с белком немолочного происхождения, содержание которого составляет 21 и 26 %, для удовлетворения кормовых потребностей молодняка крупного рогатого скота; потребление ЗЦМ с белком молочного

происхождения, содержание которого составляет 26 %, способствовало более высокому уровню среднесуточных приростов массы телок на 15,8 и 13,3 %, чем у телок, вскармливаемых ЗЦМ с белком немолочного происхождения, содержание которого составляет 21 и 26 % и ЗЦМ с белком молочного происхождения, содержание которого составляет 21 %, соответственно;

- ♦ кормление телят опытных групп ЗЦМ экспериментальной партии ускорило их переход на смешанное молочно-растительное питание и способствовало более высокому уровню среднесуточных приростов массы тела для телок опытных групп, вскармливаемых ЗЦМ с белком немолочного происхождения, содержание которого составляет 21 %, ЗЦМ с белком немолочного происхождения, содержание которого составляет 26 %, ЗЦМ с белком молочного происхождения, содержание которого составляет 21 % и ЗЦМ с белком молочного происхождения, содержание которого составляет 26 %, выше на 3,9; 3,9; 6,2; 20,3 % соответственно, чем у телок контрольной группы, вскармливаемых цельным молоком.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 14.02.2013*

**O. V. Dymar, I. V. Mikluh, L. N. Sokolovskaya**

### **NEW RECIPE AND EQUIPMENT COOKING METHOD MILK REPLACER DRY MIX**

The paper presents the results of research on the development of technology and prototype equipment for the production of whole milk substitutes by dry mixing with whey and whey components. The data on the of zootechnical food quality assessment developed whole milk substitutes.

ДК 533.6.011

*В статье отражены результаты научных исследований по разработке технологии и опытного образца оборудования для очистки дурно пахнущих вентиляционных выбросов при производстве сухих животных кормов из отходов убоя скота.*

## **ПРОЦЕСС ОЧИСТКИ ДУРНО ПАХНУЩИХ ВЕНТИЛЯЦИОННЫХ ВЫБРОСОВ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИМ СПОСОБОМ НА ОПЫТНОМ ОБРАЗЦЕ УСТАНОВКИ Ш 12 — ЭРУОВ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*О. Л. Сороко, кандидат технических наук, доцент,  
начальник отдела новых технологий и техники;*

*С. К. Протасов, кандидат технических наук, доцент, старший научный сотрудник  
отдела новых технологий и техники;*

**ООО Научно-производственная фирма «Интэкос», г. Санкт-Петербург,  
Российская Федерация**

*А. А. Дементьев, доктор технических наук, директор*

**ОАО «Глубокский мясокомбинат», г. Глубокое, Республика Беларусь**

*А. А. Дук, директор;  
О. В. Желткевич, механик*

В цехах технических и кормовых фабрикатов предприятий мясной промышленности осуществляется переработка непищевого животного сырья в сухие корма, включаемые в рацион

сельскохозяйственных животных, в том числе птиц. В зависимости от используемого сырья получают различные виды сухих кормов и керотиновую муку, а также растительно-животные корма. Одновременно при выработке некоторых видов кормовой муки получают технический и кормовой жир. Данные цеха являются источниками наиболее интенсивного загрязнения атмосферы неприятно пахнущими веществами (одорантами). Специфический неприятный запах, ощущаемый в районе расположения таких предприятий, как правило, обусловлен именно их выбросами.

В зависимости от мощности предприятия цех технических фабрикатов может быть расположен либо в отсеке мясожирового корпуса, либо в корпусе предубойного содержания скота, либо в отдельном здании. Цех состоит из двух изолированных друг от друга частей: нестерильной и стерильной. К нестерильной части относятся сырьевое отделение и склад сырья, а к стерильной — аппаратное отделение помещения для дробления шквары и просеивания сухих кормов, участок переработки крови и очистки технического жира, а также участка затаривания и склад готовой продукции.

Для транспортирования твердых видов сырья обычно используют напольные тележки. Эти тележки часто являются источниками выделения неприятно пахнущих веществ, так как они загрязняются жиром и кровью, при гниении которых образуется большое количество одорантов.

Для транспортирования мякотного сырья на некоторых предприятиях применяют емкостные вытеснители типа передувочных аппаратов, в которых в качестве вытесняющей среды используется сжатый воздух. Отработанный воздух передувочных систем, выбрасываемый в атмосферу, содержит высокие концентрации дурно пахнущих веществ, а также пыль животного происхождения. Особо велико содержание одорантов в отработанном воздухе систем пневмотранспорта технической крови.

Сортировку мякотного и костного сырья осуществляют вручную в низкорботных чанах или на полу, при этом в воздух производственных помещений выделяются вещества с неприятным запахом. Загрязнение рабочей зоны одорантами происходит также при измельчении и промывке сырья перед его загрузкой в вакуум-выпарные котлы. При каждой перегрузке сырья из одного аппарата в другой в воздух выделяются дополнительные количества одорантов.

В аппаратном отделении цеха технических фабрикатов основным источником выделения неприятно пахнущих веществ являются вакуум-выпарные котлы — аппараты, в которых производят разварку, стерилизацию, гидролиз и сушку технического сырья. Технологические процессы термической обработки животного сырья в вакуум-выпарных котлах сопровождается испарением большого количества водяных паров с высоким содержанием органических веществ, в том числе обладающих неприятным запахом. Эти выбросы из вакуум-выпарного котла, называемые «соковые пары», подлежат конденсации. В результате конденсации соковых паров удаляется часть водорастворимых одорантов. Несконденсировавшаяся часть соковых паров с высоким содержанием неприятно пахнущих веществ на данный момент выбрасывается в атмосферу. Так как процесс переработки сырья и вакуум-выпарных котлов периодический, то и выбросы носят циклический характер с наличием ярко выраженных «пиковых» концентраций.

Из цеха технических фабрикатов в атмосферу поступают газоздушные выбросы 4 типов:

- ♦ технологические выбросы (несконденсировавшаяся часть «соковых паров»);
- ♦ вентиляционные выбросы систем местного отсоса воздуха от технологического оборудования;
- ♦ вентиляционные выбросы системы общеобменной вентиляции;
- ♦ неорганизованные выбросы (через оконные, дверные и технологические проемы).

На долю общеобменной вентиляции цеха приходится 60–80 % общего объема выбросов, 10–20 % выбрасываемого воздуха поступает от систем местной вентиляции, несконденсировавшаяся часть «соковых паров» составляет 5–7 %, а неорганизованные выбросы 5–15 % объема выбросов.

Местные отсосы воздуха организуют над оборудованием, характеризующимся значительными выделениями вредных веществ: над горловинами вакуум-выпарных котлов, над механическими отцеживателями и дробилками шквары, в местах парковки тележек для транспортирования сырья и в местах затарки готовой продукции.

Содержание дурно пахнущих веществ наиболее велико в технологических выбросах: доля вредных веществ, поступающих в атмосферу с несконденсировавшейся частью паров, составляет более 50 % от общего количества выбрасываемых одорантов. С выбросами систем местной вентиляции в атмосферу поступает около 10 % массового выброса одорантов, столько же выбрасывается через оконные проемы производственных зданий. Остальная часть неприятно пахнущих веществ поступает в атмосферу с выбросами общеобменной вентиляции.

В процессе биологического разложения (биодеструкции) и термической обработки (термодеструкции) сырья животного происхождения образуются и выделяются в атмосферу органические вещества различного химического строения, многие из которых обладают неприятным запахом: альдегиды, кетоны, спирты, карбоновые кислоты, фенолы, меркаптаны, сульфиды и амины. Качественный и количественный состав одорантов в основном определяется видом и свежестью сырья. Кислородсодержащие компоненты выделяются в процессе биодеструкции жировых тканей, поэтому жировое и жиросодержащее сырье является источником образования альдегидов, кетонов и карбоновых кислот. Азотсодержащие компоненты (амины) выделяются при гниении мяса, а кератинсодержащее сырье (костное, рога-копытное, перо-пуховое) при разложении выделяет большое количество серосодержащих одорантов (меркаптаны и сульфиды).

Периодичность технологического процесса получения сухих кормовых продуктов обуславливает неравномерность поступления вредных веществ в атмосферу. Эту особенность производства необходимо учитывать при расчете годового выброса вредных веществ.

На практике в выбросах цехов технических фабрик различными методами химического анализа обнаружено более 300 компонентов. Однозначного ответа на вопрос, какое вещество или группа веществ ответственно за характерный запах выбросов ЦТФ, до настоящего времени не получено. В связи с этим нормированию подлежат все основные одоранты и группы химических соединений, присутствующие в выбросах производства сухих животных кормов.

В рамках выполнения научно-технической программы Союзного государства «Повышение эффективности пищевых производств за счет переработки их отходов на основе прогрессивных технологий и техники» на базе ОАО «Глубокский мясокомбинат» сотрудниками отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практического центра НАН Беларуси по продовольствию» и научно-производственной фирмы «Интэкос», г. Санкт-Петербург, РФ разработаны технология с технологической инструкцией и комплект конструкторской документации на опытный образец установки Ш12 — ЭРУОВ для очистки дурно пахнущих вентиляционных выбросов при производстве сухих животных кормов (мясокостной муки) из отходов продуктов убоя и кости. Даная установка изготовлена на РУП «Мариз» (рис. 1).

Технологическая схема утилизации соковых паров и очистки вентиляционных выбросов в производстве мясокостной муки включает в себя в основном существовавшее в цехе технических фабрик ОАО «Глубокский мясокомбинат» оборудование и разработанный опытный образец оборудования для очистки дурно пахнущих вентиляционных выбросов электрофизическим способом Ш 12 — ЭРУОВ. После варки и стерилизации сырья соковые пары поступают из горизонтального вакуумного котла КВМ — 4,6 (рис. 2) через жироловушку (рис. 3) в нижнюю часть межтрубного пространства теплообменника, где они конденсируются.

Конденсация соковых паров осуществляется водопроводной водой, которая направлялась в трубное пространство многоходового теплообменника, где она нагревается до необходимой температуры, в зависимости от ее расхода. Горячая вода собирается либо в емкость для технологических нужд цеха, либо отправляется в котельную на технологические нужды предприятия.



*Рис. 1.* Опытный образец установки Ш12 — ЭРУОВ для очистки дурно пахнущих вентиляционных выбросов



*Рис 2.* Горизонтальный вакуумный котел КВМ — 4,6



*Рис. 3.* Жироловушка

Конденсат самотеком стекает по трубе в конденсатоотводчик при температуре 30 °С. Инертная часть соковых паров, содержащая дурно пахнущие вещества поднимается вверх, с помощью вакуумного насоса отсасывается из теплообменника и направляется в нижнюю часть вентиля-



ционной шахты, где смешивается с местными отсосами от котлов и другого технологического оборудования. Далее общий поток направляется на очистку в нижний воздухопровод установки для очистки вентиляционных выбросов (рис.4).



Рис. 4. Вход и выход вентиляционных выбросов опытного образца установки Ш12 — ЭРУОВ

Испытания по конденсации соковых паров после варки и стерилизации показали, что при максимальной загрузке котлов, имеющийся в цеху, кожухотрубчатый теплообменник обеспечивает полную конденсацию соковых паров. Температура водопроводной воды на выходе из теплообменника изменяется в зависимости от расхода от 30 до 80 °С.

Воздушный поток в установке для очистки вентиляционных выбросов равномерно распределяется по четырем электроразрядным модулям (рис. 5).



Рис. 5. Опытный образец установки Ш12 — ЭРУОВ в работе

В модулях создается низкотемпературный барьерный плазменный разряд, который при проходе через него воздушного потока сжигает вредные вещества, вырабатывая при этом озон (рис. 6).

Низкотемпературная плазма электрических разрядов в газах атмосферного или около атмосферного давления вызывает интерес не только как объект для изучения фундаментальных плазменных явлений, но и с точки зрения многочисленных практических применений. Плазма этих разрядов сочетает в себе низкую температуру газа и высокую температуру электродов. Различные типы разрядов, позволяющие создавать такую плазму, в настоящее время являются объектами изучения многих исследовательских групп. Основной причиной для этого служат сравнительно невысокая стоимость оборудования для создания таких разрядов и относительная простота использования. Для создания плазмы атмосферного давления не требуется больших, дорогих и энергоемких систем, и использование подобных устройств может проводиться в режиме реального времени.



Рис. 6. Низкотемпературный барьерный плазменный разряд

Общим свойством тлеющего разряда является контракция — стягивание плазмы в яркосветящийся шнур при повышении давления и росте разрядного тока. При использовании в качестве источника возбуждения концентрированного высокочастотного разряда удастся на несколько периодов повысить чувствительность и предел обнаружения в спектральном анализе.

Барьерный разряд является источником неравновесной низкотемпературной плазмы при атмосферном давлении. Процессы, протекающие в газоразрядном реакторе, можно разделить на три типа:

- ♦ собственно газоразрядные процессы с характерным временем —  $10^{-9} - 10^{-6}$  с;
- ♦ атомно-молекулярные реакции с характерным временем —  $10^{-6} - 10^{-5}$  с;
- ♦ процессы течения газа в реакторе, диффузии атомных и молекулярных частиц в потоке и «медленные» химические реакции с характерным временем —  $10^{-5} - 10^{-1}$  с [1].

Барьерный разряд реализуется при атмосферном давлении и потому экономически выгоден, так как не требует средств откачки, что упрощает технологический процесс. Барьерный тип характеризуется с одной стороны сравнительно высокой энергией электронов (4–5 эВ), а с другой — низкой температурой газа, которая близка к температуре электродов. При этом энергия, вложенная в разряд, выделяется в короткоживущих, мало интенсивных искрах — микро-разрядах. Сочетание всех этих условий делает барьерный разряд эффективным для осуществления многих реакций: получение озона, проведение органических и неорганических синтезов, реакций полимеризации [2].

Главным источником появления электронов и положительных ионов в импульсном разряде на воздухе при атмосферном давлении является ионизация атомов при соударении с электронами. Скорость рождения электронов характеризуется константой скорости ионизации  $K_i$ .

Причиной ионизации нейтральной молекулы могут быть: 1) удар электрона; 2) удар иона; 3) удар нейтральной молекулы; 4) удар возбужденной молекулы (удар второго рода); 5) поглощение фотона (фотоионизация).

Одним из основных процессов, приводящих к ионизации атомов и молекул в разряде, является электронный удар. Элементарный процесс ионизации электронным ударом в общем случае выражается уравнением:



Работа ионизации здесь совершается за счет кинетической энергии иона.

Возможна ионизация газов ударами нормальных и возбужденных молекул. Так, если молекула  $L$  находится в возбужденном состоянии ( $V$ ) и если энергия возбуждения  $L'$  больше энергии, необходимой для ионизации другой молекулы  $M$ , то при столкновении  $L'$  с  $M$  возможен процесс:



Общий вид зависимости сечения ионизации от энергии тяжелых частиц (ионов, молекул в нормальном и возбужденных состояниях) такой же, как и при электронном ударе, но шкала энергий сильно расширяется из-за значительно больших масс сталкивающихся частиц. Сечение достигает максимума при энергии порядка  $10^3$ – $10^4$  эВ.

Ионизация молекулы при поглощении кванта излучения может происходить прямым путем по уравнению:



и ступенчатым путем в два последовательных процесса:



В электрическом разряде основным является ионизация электронным ударом. Роль остальных процессов в механизме электрического разряда в газе до сих пор не выяснена и, по-видимому, в большинстве случаев мало существенна [3].

В процессе работы данной установки верхним воздухопроводом (рис. 4) обработанные барьерным плазменным разрядом воздушные потоки собираются в единый поток, который отводится в верхнюю часть вентиляционной шахты с дальнейшим выбросом его в атмосферу. Кроме этого дополнительное воздействие озона дезодорирует вентиляционный поток в процессе его прохождения по верхней части вентиляционной шахты до выброса в атмосферу.

Приемочные испытания опытного образца установки Ш12 — ЭРУОВ по очистке вентиляционных выбросов цеха технических фабрикатов на ОАО «Глубокский мясокомбинат» (рис. 7) показали, что средняя степень очистки аммиака составляет — 1,8 (с 13,4 до 7,5 мг/м<sup>3</sup>), сероводорода — 2,8 (с 2,2 до 0,8 мг/м<sup>3</sup>), формальдегида — 2 (с 1,0 до 0,5 мг/м<sup>3</sup>), а концентрации выбрасываемых в атмосферу вредных веществ ниже предельно допустимых выбросов для данного предприятия.



Рис. 7. Приемочные испытания опытного образца установки Ш12 — ЭРУОВ

Таким образом, дальнейшее внедрение данной технологической схемы и опытного образца установки Ш12 — ЭРУОВ на мясоперерабатывающих предприятиях позволит:

- ♦ обеспечить полную конденсацию соковых паров;
- ♦ исключить утечку дурно пахнущих веществ в атмосферу цеха;
- ♦ повысить степень очистки вентиляционных выбросов в атмосферу в среднем по сероводороду в 2,8, формальдегиду в 2, аммиаку в 1,8 раза;
- ♦ проводить рекуперацию теплоты соковых паров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Самойлович, В. Г.* Физическая химия барьерного разряда / В. Г. Самойлович, В. И. Гибалов, К. В. Козлов. — М.: МГУ, 1989. — 176 с.

2. *Велихов, Е. Л.* Физические явления в газоразрядной плазме / Е. Л. Велихов, А. С. Ковалев, А. Т. Рахимов. — М.: Наука, 1987. — 160 с.
3. *Словецкий, Д. И.* Механизмы химических реакций в неравновесной плазме / Д. И. Словецкий. — Москва: Наука, 1980. — 313 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 15.02.2013*

**O. L. Soroko, S. K. Protasov, A. A. Dementiev, A. A. Duk, O. V. Zheltkevich**

### **THE PROCESS OF CLEANING SMELLY EXHAUST AIR ELECTROPHYSICAL WAY ON THE PROTOTYPE INSTALLATION SH12 – ERUOV**

The article reflects the results of research to develop the technology and prototype equipment for cleaning smelly air emissions from dry animal feeds from slaughter waste.

УДК 637.136.045.075(045)

*Представлена сравнительная характеристика белкового компонента обезжиренного молока, ферментированного молочнокислыми бактериями различных групп (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 782 М-А, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 1095 ST-AV, *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К, *Lactobacillus casei* 1188 ML-OF) и их комбинациями (10 вариантов). Уровень протеолитической активности микроорганизмов и специфичность действия бактериальных протеаз на белки казеиновой и сывороточной фракций установлены на основании различных методических подходов: ДСН-электрофореза, ВЭЖХ-анализа и спектрофотометрических исследований.*

## **ОСОБЕННОСТИ СОВМЕСТНОЙ ФЕРМЕНТАЦИИ БЕЛКОВ МОЛОКА МОЛОЧНОКИСЛЫМИ БАКТЕРИЯМИ РАЗЛИЧНЫХ ГРУПП**

**РУП «Институт мясо-молочной промышленности», г. Минск, Республика Беларусь**

- Т. Н. Головач, кандидат биологических наук, научный сотрудник лаборатории прикладных биотехнологий и детского питания отдела биотехнологий;*  
*Н. К. Жабанос, кандидат технических наук, заведующий лабораторией прикладных биотехнологий и детского питания отдела биотехнологий;*  
*Н. Н. Фурик, кандидат технических наук, заведующий отделом биотехнологий;*

**Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь**

- В. П. Курченко, кандидат биологических наук, заведующий лабораторией прикладных проблем биохимии;*  
*С. В. Ризевский, младший научный сотрудник лаборатории прикладных проблем биохимии*

Протеолиз, или ферментативная реакция расщепления белков, является важным биохимическим процессом при получении ферментированных молочных продуктов. В результате расщепления белков молока: казеина и сывороточных белков — протеолитическими ферментами (протеиназами) молочнокислых бактерий (МКБ) высвобождаются аминокислоты и пептиды, формирующие специфические органолептические свойства кисломолочных продуктов. Вместе с тем, при ферментации казеина некоторыми МКБ образуются биологически активные пептиды, что является актуальным при разработке продуктов функциональной направленности. Получение специфических пептидов, в частности, с гипотензивным, антимикробным, иммуностимулирующим, антифунгальным и другими эффектами, представляет особый интерес для пищевой и фармацевтической промышленности [1].

Большинство молочнокислых бактерий обладают протеиназами, локализованными в клеточной стенке (ПКС, или протеиназы клеточной стенки). ПКС осуществляют гидролиз казеина до олигопептидов, которые поглощаются бактериальной клеткой, где осуществляется их расщепление до короткоцепочечных пептидов и аминокислот [2]. Разработана модель микробной деградации казеина, транспорта и расщепления пептидов, регуляции стадий протеолиза [2, 3]. Согласно различиям в доменной организации протеиназ выделяют пять типов ПКС: PrtP из *Lc. lactis* и *Lb. paracasei*, PrtH из *Lb. helveticus*, PrtR из *Lb. rhamnosus*, PrtS из *Str. thermophilus* и PrtB из *Lb. bulgaricus*. Геномная и плазмидная локализация prtP-генов характерна для лактококков; ПКС лактобацилл кодируются бактериальным геномом [3, 4]. В соответствии с субстратной специфичностью протеиназ лактококков выделены основные типы ПКС [5]: PI-тип преимущественно гидролизует  $\beta$ -казеин на >100 различных олигопептидов размером 4–30 аминокислотных остатков; PIII-тип расщепляет  $\alpha_{s1}$ -,  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеины в равной степени [6]. Вместе с тем, у представителей рода *Lactobacillus* обнаружены ферменты PI-, PIII-типов и промежуточного PI/PIII-типа; протеиназа с PI/PIII-специфичностью выделена из *Str. thermophilus* [7].

В целом, с учетом современного уровня фундаментальных исследований в области изучения очищенных ПКС (их структуры, субстратной специфичности [2–7]) прикладное направление связано с определением протеолитической активности МКБ различных групп (*Lactobacillus* spp., *Lactococcus* spp. и *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* и др.) и их комбинаций, а также особенностей ферментации белкового компонента молока микробными протеолитическими системами. Практическая значимость настоящей работы определяется необходимостью направленного подбора МКБ в состав моно- и поливидовых заквасок и концентратов для получения ферментированных молочных продуктов с заданным белковым и пептидным составом.

Цель работы — характеристика субстратной специфичности бактериальных протеаз (протеиназ) по отношению к основным белкам молока (казеиновой и сывороточной фракциям), определение протеолитической активности МКБ и их комбинаций.

**Материалы и методы исследования.** Для получения образцов ферментированных молочных белков применяли молоко обезжиренное сухое распылительной сушки по СТБ 1858 с м.д. белка 30 % и производства Fluka (Швейцария) с м.д. белка 33,8 %; в качестве маркеров использовали  $\alpha$ -казеин (м.д. белка 70 %),  $\beta$ -казеин (м.д. белка 98 %) и  $\kappa$ -казеин (м.д. белка 70 %) производства Sigma (США); для инактивации протеаз применяли этилендиаминтетрауксусную кислоту (ЭДТА, чистота 99,4 %) и фенилметилсульфонил фторид (ФМСФ, чистота 99 %) производства Sigma (США).

Перечень исследуемых штаммов МКБ (из Централизованной отраслевой коллекции РУП «Институт мясо-молочной промышленности») для получения ферментированного молока представлен в табл. 1.

1. ,

Паспортный номер	Видовая принадлежность	Оптимальные условия культивирования	
		pH	T, °C
782 М-А	<i>Lactococcus lactis</i> subsp. <i>lactis</i> (М)	5,5±0,2	30±1
1095 ST-AV	<i>Streptococcus salivarius</i> subsp. <i>thermophilus</i> (Т)	6,7±0,1	42±1
2388 МИО-К	<i>Propionibacterium</i> sp. (П)	7,0±0,2	32±2
1188 ML-OF	<i>Lactobacillus casei</i> (Л)	5,5±0,2	34±1

*Определение протеолитической активности (ПА) молочнокислых бактерий* (согласно модифицированной методике [8]). Готовили 10 % раствор СОМ (восстановленного обезжиренного молока, далее ВОМ) в дистиллированной воде; для отделения нерастворимого осадка полученный раствор центрифугировали при 4 000 об/мин в течение 20 мин; отбирали супернатант и пастеризовали его при 85 °C в течение 15 мин. МКБ культивировали в пастеризованном 10 % растворе СОМ в течение 18 ч при оптимальной температуре (табл. 1) и оценивали полученный сгусток (1-я перевивка); далее ферментированным ВОМ, полученным на стадии 1-й перевивки, ино-

кулировали очередную порцию пастеризованного молока (2-я перевивка), выдерживали в течение 24 ч; образцы хранили при 8 °С. Для получения бактериальной суспензии образцы ферментированного ВОМ смешивали с фосфатно-цитратным буфером (рН 7,0) в соотношении 2 : 3, центрифугировали при 6000 об/мин, 10 мин — 1-й цикл. Осадок ресуспендировали в фосфатном буфере, центрифугировали при 8000 об/мин, 20 мин — 2-й и 3-й циклы. Отбирали супернатант, а осадок ресуспендировали в 4,0–4,5 мл фосфатного буфера (рН 6,5) и измеряли ОП<sub>600</sub> полученной бактериальной суспензии. При изучении ПА комбинаций микроорганизмов полученные бактериальные суспензии смешивали в равном соотношении. В качестве субстрата использовали 0,5 % раствор белков молока (СОМ производства Fluka, Швейцария) в фосфатно-цитратном буфере (рН 6,5).

Контрольная проба: 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии и немедленно отбирали 50 мкл образца для ДСН-электрофореза. Для инактивации протеаз в 250 мкл смеси вносили 500 мкл 12 % трихлоруксусной кислоты (ТХУ) и инкубировали в течение 10 мин при комнатной температуре; центрифугировали при 13 000 об/мин, 5 мин.

Опытные образцы: 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии, инкубировали при 30 °С в течение 24 ч, отбирали 50 мкл для электрофоретического анализа; далее вносили 12 % ТХУ и готовили аналогично контрольным образцам.

**Определение протеолитической активности МКБ спектрофотометрическим методом.** Полученные супернатанты опытных и контрольных образцов (после осаждения белка 12 % ТХУ) оставляли для последующего определения ПА методом М. Kunitz (1946) согласно описанию [8]. Принцип метода заключается в измерении количества неосаждаемых трихлоруксусной кислотой продуктов бактериального протеолиза. Расчет ПА проводили в ЕА/мл (бактериальной суспензии с ОП<sub>600</sub> = 1,0).

*Контроль степени протеолиза ферментированных белков молока* осуществляли согласно модифицированной методике [8], предполагающей использование ДСН-электрофоретического анализа в полиакриламидном геле.

Приготовление контрольных и опытных образцов ферментированного обезжиренного молока для нанесения на полиакриламидный гель: 50 мкл образца (реакционной смеси) немедленно ресуспендировали в 50 мкл буфера разделяющего геля, вносили 50 мкл диссоциирующей смеси и инкубировали на кипящей водяной бане 10 мин; далее смешивали с 50 мкл раствора для окрашивания; маркер Т 851.1 (Roti-Mark Standard, 14–212 кДа; производства Carl Roth, Германия) и полученные образцы наносили на гель и осуществляли электрофоретическое разделение белковой смеси. Анализ электрофореграмм проводили с помощью системы гель-документации Image Master VDS–SL и программного обеспечения ImageMaster ID Software version 4.20 (Amersham Bioscience, США).

*ВЭЖХ-анализ ферментированного ВОМ* (согласно модифицированной методике [9]) проводили на хроматографе Agilent 1100 («Agilent», США) с применением колонки Zorbax–300SB C8 (4,6×250 мм, 5 мкм; Agilent, США).

Приготовление контрольных и образцов ферментированного ВОМ для нанесения на колонку: 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии, немедленно вносили 150 мкл фосфатного буфера (рН 7,0) с ингибиторами протеаз (0,3 М ЭДТА и 3 мМ ФМСФ) и фильтровали с использованием полипропиленовых фильтров (Rolitabo®-syringe filters, 25 мм, 0,45 мкм; Carl Roth, Германия). Опытные образцы: 150 мкл субстрата смешивали с 150 мкл бактериальной суспензии, инкубировали при 37 °С в течение 24 ч и далее готовили аналогично контрольным образцам.

Колонку уравнивали 0,1 % водным раствором трифторуксусной кислоты. Элюцию белков и их ферментативных гидролизатов осуществляли с использованием нелинейного градиента ацетонитрила (30 %, 0–5 мин; 37 %, 5–20 мин; 55 %, 20–25 мин; 100 %, 25–28 мин; 30 %, 28–35 мин) при 45 °С в потоке 1,0 мл/мин. Детекцию проводили при 214 и 280 нм.

*Протеолитическую активность (мг/мл)* определяли как количество белка (гидролизованного казеина, мг), ферментированного 1 мл бактериальной суспензии с ОП<sub>600</sub> = 1,0. Расщепленный белок рассчитывали согласно калибровочным графикам для α-, β- и κ-казеина.

При статистической обработке данных результаты 3-х независимых экспериментов представлены как среднее арифметическое; достоверность различий между выборками данных оценивали методом доверительных интервалов ( $n = 3$ ;  $p < 0,05$ ) [10].

**Результаты и их обсуждение.** Изучены особенности ферментации казеиновой фракции обезжиренного молока различными представителями молочнокислых бактерий, а также их комбинациями. В работе использовали штаммы из Централизованной отраслевой коллекции РУП «Институт мясо-молочной промышленности»: *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 782 М-А (далее *Lc. lactis* 782 М-А), *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 1095 СТ-АВ (далее *Str. thermophilus* 1095 СТ-АВ), *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К и *Lactobacillus casei* 1188 МЛ-ОФ (далее *Lb. casei* 1188 МЛ-ОФ).

Для определения протеолитической активности получали бактериальную суспензию из ферментированного обезжиренного молока, проводили ферментативную реакцию, предполагающую инкубирование бактериальной суспензии (смеси суспензий) и субстрата (восстановленного обезжиренного молока, ВОМ).

Последующий анализ продуктов протеолиза осуществляли с применением различных методических подходов: спектрофотометрического метода, ДСН-электрофореза и ВЭЖХ-анализа.

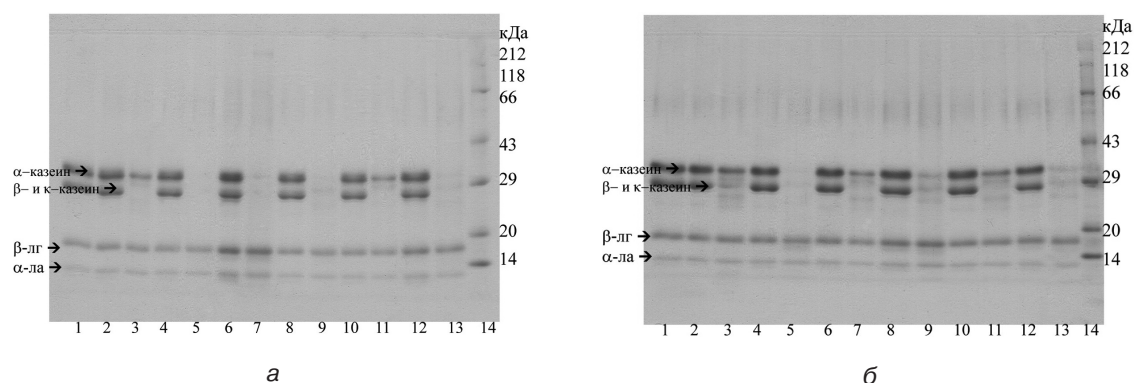
Так разделение сложной белково-пептидной смеси в денатурирующих условиях (при внесении в систему додецилсульфата натрия, ДСН) предполагает распределение компонентов в полиакриламидном геле согласно их молекулярной массе (ДСН-электрофорез). Вместе с тем, принцип ВЭЖХ состоит в разделении компонентов смеси, основанном на различии в равновесном распределении их между двумя несмешивающимися фазами. Разделение происходит за счет различной растворимости анализируемых веществ в неподвижной фазе, химически привитой к поверхности неподвижного носителя, и в подвижной фазе (растворителе). В частности, привитая фаза представляла собой неполярный алкильный остаток  $C_8$ , а подвижная более полярная фаза — смесь ацетонитрила с 0,1 % водным раствором трифторуксусной кислоты, в которой проводилось градиентное элюирование. В свою очередь, спектрофотометрический метод основан на измерении светопоглощения при  $\lambda_{280}$ , что обусловлено присутствием в белках и в продуктах протеолиза аминокислот Туг и Тгр (в меньшей степени, Phe). Интересным представляется сопоставление результатов разделения продуктов микробного протеолиза как по молекулярной массе, так и полярности компонентов белково-пептидной смеси; а также по количеству не осаждаемой трихлоруксусной кислотой (ТХУ) низкомолекулярной фракции, детектируемой спектрофотометрически ( $\lambda_{280}$ ). Согласно проведенным ранее исследованиям коэффициент вариации при определении количества гидролизованного субстрата с использованием ВЭЖХ и спектрофотометрического метода составляет  $\leq 10$  %, в случае ДСН-электрофореза —  $\leq 15$  %, что указывает на приемлемую воспроизводимость результатов и подтверждает целесообразность применения перечисленных методов для оценки уровня протеолитической активности МКБ и их комбинаций.

По данным ДСН-электрофореграмм судили как о составе белков казеиновой фракции молока, так и количественном их содержании. Так установлен белковый профиль 10 образцов ферментированного молока (ФМ) и уровень ПА соответствующих молочнокислых бактерий и их комбинаций (рис. 1 а, б).

Для *Str. thermophilus* 1095 СТ-АВ, *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К и *Lb. casei* 1188 МЛ-ОФ показано эффективное расщепление  $\alpha$ -,  $\beta$ - и  $\kappa$ -казеина, тогда как в образце, ферментированном *Lc. lactis* 782 М-А, выявлен негидролизированный  $\alpha$ -казеин (рис. 1). В проведенных ранее исследованиях также отмечено, что представители *Lactococcus* spp. преимущественно расщепляют  $\beta$ -казеин, а  $\alpha$ -фракция практически не используется в качестве субстрата или расщепляется менее эффективно [11].

Наряду с данными ДСН-электрофоретического исследования, методом ВЭЖХ установлен качественный и количественный состав казеиновой фракции и определен уровень протеолитической активности МКБ (рис. 2, 3, 4).

На ВЭЖХ-профиле образца обезжиренного молока, ферментированного *Lc. lactis* 782 М-А, выявлено максимальное количество нерасщепленного  $\alpha$ -казеина (рис. 2), что согласуется с результатами ДСН-электрофореза (рис. 1).



1 – контроль, обезжиренное молоко (2,5 мг/мл); 2 – М (контроль); 3 – М (ферментированное молоко, ФМ); 4 – Т (контроль); 5 – Т (ФМ); 6 – П (контроль); 7 – П (ФМ); 8 – Л (контроль); 9 – Л (ФМ); 10 – МТ (контроль); 11 – МТ (ФМ); 12 – МП (контроль); 13 – МП (ФМ); 14 – маркер

1 – контроль, обезжиренное молоко (2,5 мг/мл); 2 – М (контроль); 3 – М (ФМ); 4 – Т (контроль); 5 – Т (ФМ); 6 – МЛ (контроль); 7 – МЛ (ФБ); 8 – МТП (контроль); 9 – МТП (ФМ); 10 – МТЛ (контроль); 11 – МТЛ (ФМ); 12 – МТПЛ (контроль); 13 – МТПЛ (ФМ); 14 – маркер

Рис. 1. ДСН-электрофореграмма образцов обезжиренного молока, ферментированного *Lc. lactis* 782 М-А (М), *Str. thermophilus* 1095 ST-AV (Т), *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К (П), *Lb. casei* 1188 ML-OF (Л) и их комбинациями

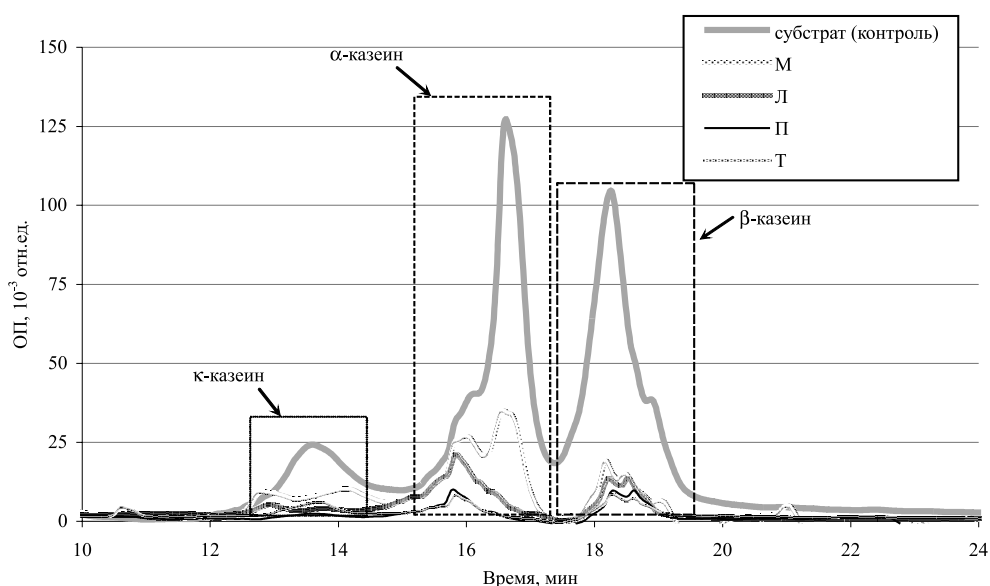


Рис. 2. ВЭЖХ-профили обезжиренного молока, ферментированного *Lc. lactis* 782 М-А (М), *Lb. casei* 1188 ML-OF (Л), *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К (П), *Str. thermophilus* 1095 ST-AV (Т)

Согласно данным количественного анализа ДСН-электрофореграмм и ВЭЖХ-профилей (рис. 4), максимальный уровень ПА установлен для штамма *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К — 2,54–3,12 мг (белка)/мл (бактериальной суспензии); вместе с тем, количество расщепленного субстрата в случае *Lc. lactis* 782 М-А, *Str. thermophilus* 1095 ST-AV и *Lb. casei* 1188 ML-OF составило 1,26–2,22 мг/мл. Во всех исследованных вариантах сохраняется исходное количество сывороточных белков: они не расщепляются микробными протеазами. Различия между данными, полученными с использованием двух различных подходов, не достоверны.

Сравнительный анализ образцов молока, ферментированного комбинациями МКБ, позволил установить, что внесение *Propionibacterium* sp. 2388 МИО-К наряду с мезофильным лактококком *Lc. lactis* 782 М-А, присутствующим во всех основах, обеспечивает увеличение доли



гидролизованного  $\alpha$ -казеина (рис. 1, рис. 3, рис. 4). Менее выраженный эффект показан при совместном культивировании *Lc. lactis* 782 М-А с *Str. thermophilus* 1095 ST-AV и *Lb. casei* 1188 ML-OF, которые также используют в качестве субстрата  $\alpha$ -казеин (рис. 1; рис. 3; рис. 4). Так для комбинации *Lc. lactis* 782 М-А и *Str. thermophilus* 1095 ST-AV протеолитическая активность составляет 1,40–1,51 мг/мл, а в случае дополнительного внесения пропионовокислых бактерий — 2,09–2,25 мг/мл (рис. 4).

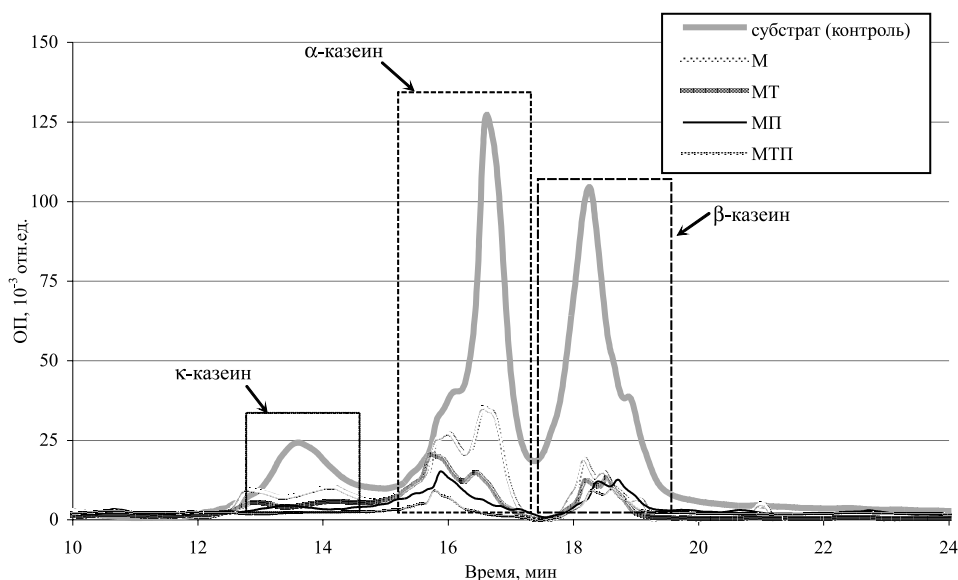
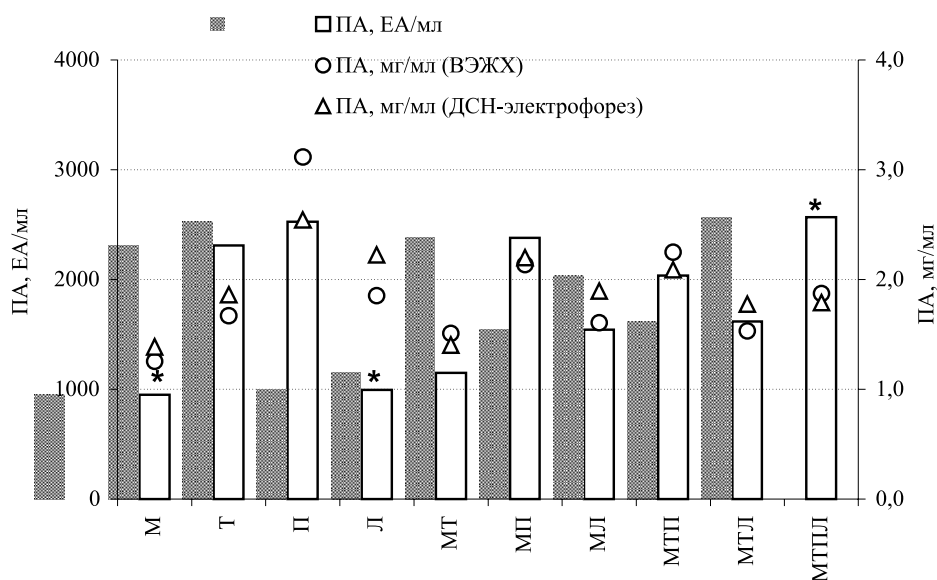


Рис. 3. ВЭЖХ-профили обезжиренного молока, ферментированного комбинациями молочнокислых бактерий *Lc. lactis* 782 М-А (М), *Str. thermophilus* 1095 ST-AV (Т), *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К (П)



\* — статистически достоверные различия по отношению к данным, полученным методами ДСН-электрофореза и ВЭЖХ ( $p < 0,05$ ;  $n = 3$ )

Рис. 4. Характеристика уровня ПА различных представителей МКБ: *Lc. lactis* 782 М-А (М), *Str. thermophilus* 1095 ST-AV (Т), *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К (П), *Lb. casei* 1188 ML-OF (Л) и их комбинаций

Согласно данным спектрофотометрических исследований (метод М. Kunitz), судили о количестве не осаждаемых ТХУ низкомолекулярных продуктов гидролиза, что выразалось в

ЕА/мл (бактериальной суспензии). На основании экспериментальных исследований условно принято соответствие 1,0 мг/мл расщепленного казеина уровню ПА, составляющему 1000 ЕА/мл.

Показано увеличение протеолитической активности в ряду *Lc. lactis* 782 М-А, *Lb. casei* 1188 ML-OF → *Str. thermophilus* 1095 ST-AV, *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К. В целом, для *Str. thermophilus* 1095 ST-AV и *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К количество расщепленного казеина, выявленного на ДСН-электрофореграммах, коррелирует с количеством неосаждаемых ТХУ низкомолекулярных продуктов протеолиза, установленных спектрофотометрическим методом (рис. 3). Очевидно, при анализе продуктов гидролиза белков молока протеолитическими системами *Lc. lactis* 782 М-А и *Lb. casei* 1188 ML-OF необходимо индивидуально оценивать соотношение количества расщепленного казеина на ДСН-электрофореграммах и гидролизованной фракции, регистрируемой методом М. Kunitz. При ферментации белкового компонента ВОМ с использованием *Lc. lactis* 782 М-А протеолитическая активность составляет 949 ЕА/мл наряду с расщеплением 1,26–1,39 мг/мл казеина. В случае *Lb. casei* 1188 ML-OF 1,85–2,22 мг/мл казеина подвергается протеолизу с образованием относительно высокого количества низкомолекулярных соединений — 995 ЕА/мл.

Корреляция в уровне ПА, определенном тремя способами, отмечена для комбинаций *Lc. lactis* 782 М-А + *Str. thermophilus* 1095 ST-AV, *Lc. lactis* 782 М-А + *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К, *Lc. lactis* 782 М-А + *Lb. casei* 1188 ML-OF, а также при сочетании *Lc. lactis* 782 М-А + + *Str. thermophilus* 1095 ST-AV с *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К или *Lb. casei* 1188 ML-OF. Превышение уровня ПА, измеренного методом М. Kunitz, над результатами, полученными с использованием ДСН-электрофореза и ВЭЖХ-анализа, показано лишь для комбинации, предусматривающей ферментацию 4 штаммами: *Lc. lactis* 782 М-А + *Str. thermophilus* 1095 ST-AV + + *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К + *Lb. casei* 1188 ML-OF.

В целом, высокая сходимость результатов показана при определении ПА с применением ДСН-электрофореза и ВЭЖХ-анализа. Выявленные отличия в уровне ПА согласно результатам спектрофотометрических исследований могут быть обусловлены, во-первых, образованием промежуточных пептидов, отделяемых от исходных белков электрофоретически, но осаждаемых ТХУ, активным поглощением гидролизованной фракции бактериальными клетками, а также наличием продуктов протеолиза, не содержащих Tyr, Trp или Phe, которые обеспечивают поглощение при  $\lambda_{280}$  (1), либо, во-вторых, накоплением низкомолекулярных пептидов в культуральной среде (2), что приводит к заниженным (1)/завышенным (2) значениям ПА при применении спектрофотометрического метода. Кроме того, спектр проведенных исследований не позволяет обсудить особенности транспорта продуктов гидролиза в бактериальную клетку, а также возможные эффекты, возникающие при совместном культивировании штаммов с различными физиолого-биохимическими свойствами.

Таким образом, сравнительная характеристика экспериментальных данных, полученных с применением альтернативных методических подходов: ДСН-электрофореза в полиакриламидном геле, спектрофотометрического анализа и обратнофазной ВЭЖХ, — обеспечивает наиболее полное представление об особенностях бактериального гидролиза отдельных белковых фракций молока, об уровне протеолитической активности МКБ различных групп и их комбинаций.

На основании данных ДСН-электрофоретического анализа, ВЭЖХ и спектрофотометрических исследований изучены особенности гидролиза белкового компонента обезжиренного молока молочнокислыми бактериями (и комбинациями МКБ), а также определен уровень их протеолитической активности. Установлено, что диапазон значений ПА молочнокислых бактерий исследованной выборки: *Lc. lactis* 782 М-А, *Str. thermophilus* 1095 ST-AV, *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К и *Lb. casei* 1188 ML-OF — составляет 1,26–3,12 мг (казеина)/мл (бактериальной суспензии) (или 949–2526 ЕА/мл). Для протеолитической системы *Lc. lactis* 782 М-А показано преимущественное расщепление  $\beta$ -казеина, тогда как *Str. thermophilus* 1095 ST-AV, *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К и *Lb. casei* 1188 ML-OF гидролизуют  $\alpha$ - и  $\beta$ -казеин; сывороточные белки не используются микробными протеазами в качестве субстрата. Наиболее полное

расщепление белков казеиновой фракции ( $\alpha$ - и  $\beta$ -казеина) достигается при внесении пропионовокислых бактерий (*Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К) в основу, представленную лактококками либо комбинацией *Lc. lactis* 782 М-А и *Str. thermophilus* 1095 ST-AV.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Korhonen, H. Food-derived bioactive peptides — opportunities for designing future foods / H. Korhonen, A. M. Pihlanto // *Curr. Pharm. Des.* — 2003. — Vol. 9, № 16. — P. 1227–1230.
2. Doeven, M. K. Specificity and selectivity determinants of peptide transport in *Lactococcus lactis* and other microorganisms / M. K. Doeven, J. Kok, B. Poolman // *Mol. Microbiol.* — 2005. — Vol. 57. — P. 640–649.
3. Guedon, E. Pleiotropic transcriptional repressor CodY senses the intracellular pool of branched-chain amino acids in *Lactococcus lactis* / E. Guedon [et al.] // *Mol. Microbiol.* — 2001. — Vol. 40. — P. 1227–1239.
4. den Hengst, C. D. Probing direct interactions between CodY and the oppD promoter of *Lactococcus lactis* / den C. D. Hengst [et al.] // *J. Bacteriol.* — 2005. — Vol. 187. — P. 512–521.
5. Savijoki, K. Proteolytic systems of lactis acid bacteria / K. Savijoki, H. Ingmer, P. Armament // *Appl. Microbiol. Biotechnol.* — 2006. — Vol. 71. — P. 394–406.
6. The extracellular PI-type proteinase of *Lactococcus lactis* hydrolyzes  $\beta$ -casein into more than one hundred different oligopeptides / V. Juillard [et al.] // *J. Bacteriol.* — 1995. — Vol. 177. — P. 3472–3478.
7. *Streptococcus thermophilus* cell wall-anchored proteinase: release, purification, and biochemical and genetic characterization / M.D. Fernandez-Espla [et al.] // *Appl. Environ. Microbiol.* — 2000. — Vol. 66. — P. 4772–4778.
8. Evidence for proteolytic activity of lactobacilli isolated from kefir grains // P. Kabadjova-Hristova [et al.] // *Biotechnol. Equip.* — 2006. — Vol. 20. — P. 89–94.
9. Veloso, A. C. A. Separation and quantification of the major casein fractions by reverse-phase high-performance liquid chromatography and urea-polyacrylamide gel electrophoresis. Detection of milk adulterations / A.C.A. Veloso, N. Teixeira, I.M.P.L.V.O. Ferreira // *J. Chromatography A.* — 2002. — Vol. 967. — P. 209–218.
10. Лакун, Г. Ф. Биометрия. Учеб. пособие для биол. спец. вузов — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1990. — Гл. 5. — С. 106–108.
11. Головач, Т. Н. Закономерности расщепления белков молока протеолитическими системами мезофильных лактококков и термофильных стрептококков / Т.Н. Головач, Н.К. Жабанос, Н.Н. Фурик, В.П. Курченко // *Труд. Белорусск. гос. ун-та. Сер.: Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем.* — 2011. — Т. 6, Ч. 2. — С. 66–74.

Рукопись статьи поступила в редакцию 04.12.2012

**T. N. Halavach, N. K. Zhabanos, N. N. Furyk,  
V. P. Kurchenko, S. V. Rizevsky**

### THE FEATURES OF COMPLEX FERMENTATION OF MILK PROTEINS WITH DIFFERENT LACTIC ACID BACTERIA

The comparative characteristic of protein component of skimmed milk fermented with different lactic acid bacteria (*Lactococcus lactis* subsp. *lactis* 782 М-А, *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus* 1095 ST-AV, *Propionibacterium sp.* 2388 МИО-К, *Lactobacillus casei* 1188 ML-OF) and their combinations (10 variants) has been presented. The proteolytic activity of microorganisms and specificity of bacterial proteinases reaction on proteins of casein and whey fractions have been established according to various methodical approaches: SDS-electrophoresis, HPLC-analysis and spectrophotometry.

*В статье изложены результаты исследований о влиянии состава компонентов купажа и технологических обработок на стабильность коньяков. На примере поступающих в Республику Беларусь коньяков бутилированных и коньяков в транспортной таре изучены основные факторы, обеспечивающие устойчивость к помутнениям, — компонентный состав алкогольных напитков и купажных материалов, их физико-химические свойства, розливостойкость и технологические приемы обработки.*

## **ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СЫРЬЯ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБРАБОТОК НА СТАБИЛЬНОСТЬ КОНЬЯКОВ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

- К. А. Алексанян, заместитель начальника отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, старший научный сотрудник;*  
*Т. М. Тананайко, кандидат технических наук, доцент, начальник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции, ведущий научный сотрудник;*  
*О. Н. Урсул, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*  
*Л. А. Ткачук, руководитель группы — старший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции;*  
*О. Л. Зубковская, старший научный сотрудник отдела технологий алкогольной и безалкогольной продукции*

В настоящее время в Республике Беларусь одним из приоритетных направлений является выпуск алкогольной продукции, обладающей потребительскими характеристиками, не уступающими импортным аналогам.

По ценовому фактору коньяк относится к элитной алкогольной продукции, в связи с чем решение проблем его устойчивости к различным помутнениям, стабилизации, направленное на увеличение сроков хранения является постоянным объектом исследований ученых и практиков-виноделов всех стран, тем более что с учетом высокой стоимости и сложности технологического процесса, охватывающего несколько крупных технологических этапов, технология коньяка является одним из самых жестко регламентированных видов деятельности.

Как показывает практика, многие коньяки различных наименований и сроков выдержки, поступающие в республику, имеют склонность к помутнениям различного характера. Вместе с тем в настоящее время на рынке Республики Беларусь представлена широкая номенклатура стабилизирующих материалов, применение которых может обеспечить стабильное качество коньяков в течение длительного времени (5 лет и более).

Проблема стабилизации коньяков обусловлена в первую очередь многокомпонентностью сырья: в коньяках идентифицировано более 800 компонентов, находящихся в состоянии взаимодействия друг с другом и с окружающей средой, содержание и соотношение которых определяют характерные особенности того или иного коньяка [1].

Наиболее важными факторами, обуславливающими стабильность готовых коньяков, являются: сортовой состав и условия выращивания винограда; технологические параметры проведения спиртового брожения при изготовлении коньячных виноматериалов и способы их дистилляции; условия выдержки коньячных спиртов; купажный состав и соотношение коньячных спиртов, состав и качество питьевой воды, сахарного сиропа, колера и душистых вод [2, 3].

К основным видам помутнений коньяков обычно относят три группы помутнений: обратимые коллоидные, белковые полифенольные и кристаллические (помутнения минерального происхождения). Коллоидные помутнения связывают с содержанием в коньяках фенольных

соединений, эфиров, жирных кислот, а помутнения минерального происхождения — с высоким содержанием кальция, железа, меди, калия, магния, натрия [4, 5].

Осадки органического происхождения, представляющие собой жирные кислоты и эфиры различного состава, могут при определенных условиях повторно растворяться в коньяке. Осадки минерального или смешанного происхождения со значительным содержанием минеральных веществ, основными компонентами которых являются катионы кальция, калия, полисахариды и азотистые соединения, имеют, как правило, необратимый характер.

Важную роль в образовании осадков в коньяках играет содержание кальция, пороговая концентрация которого, по мнению ряда ученых, не должна превышать  $5 \text{ мг/дм}^3$ , так как кальций может провоцировать образование осадков, представляющих собой комплексы кальция с дубильными веществами, пектином, жирными кислотами и продуктами распада лигнина (клетчаткой). Основными источниками попадания избыточного количества кальция в коньяк считают сахарный сироп и колер, спиртованную и умягченную воду [6, 7].

Целью данной работы является проведение исследований по изучению влияния состава компонентов купажа и технологических обработок на стабильность коньяков.

Для изучения летучих и нелетучих компонентов (сложных эфиров, высших спиртов, ароматических и фурановых альдегидов, экстрактивных и дубильных веществ, этилового спирта, сахаров и др.) и минерального состава коньяков использовали как традиционные методы испытаний, так и современные научные инструментальные методики и методики, выполняемые в целях оперативного контроля — химические, спектрофотометрические, ВЭЖХ, фотоэлектроколориметрические.

Объектами исследования являлись компонентный состав коньяков и купажных материалов, их физико-химические свойства и розливостойкость, технологические приемы обработки коньяков.

В работе использованы следующие материалы:

- 1) коньяки бутилированные и коньяки в транспортной таре, поступающие в Республику Беларусь;
- 2) стабилизирующие и фильтрующие материалы, предназначенные для стабилизации и осветления коньяков.

При исследованиях применялось лабораторное оборудование, обеспечивающее точность, воспроизводимость и сопоставимость результатов при выполнении измерений.

**Идентификация состава осадков коньяков.** Экспериментальные работы по идентификации состава осадков помутневших коньяков проводили с целью установления оптимальных технологических параметров обработки коньяков.

Основными причинами выпадения осадков коньяков являются понижение температуры хранения и избыточное содержание железа и кальция в коньяке. Характерными внешними проявлениями являются осадки в виде светло-серых хлопьев, находящихся во взвешенном состоянии, которые при встряхивании частично растворяются, вызывая помутнение, а также осадки темно-серого цвета, плотно лежащие на дне бутылки, не растворяющиеся при взбалтывании и образующие помутнение. При хранении взвешенные частицы оседают, и коньяк становится прозрачным. В составе осадка коньяка обнаружены этиловые эфиры высококипящих кислот, углеводороды, жирные кислоты, триглицериды, продукты распада лигнина, кумарин и другие фенольные соединения, минеральные вещества [8, 9, 10]. Визуально осадки в коньяках можно классифицировать в виде следующих осадков:

- ♦ легкий осадок белого цвета в виде «змейки»;
- ♦ кристаллы различной формы (минеральные соли);
- ♦ пылевидный осадок белого цвета (силикатные соли);
- ♦ декстраны (высокомолекулярные полимеры глюкозы, представляющие собой слизистые вещества);
- ♦ хлопьевидные осадки темно-коричневого цвета (полифенолы);
- ♦ игольчатые кристаллы (кальциевые соли).

Для сравнительной оценки видов помутнений проводили исследования коньяков с помутнениями различного характера. Результаты исследований приведены в табл. 1.

1.

№ №	Наименование коньяка и регион	Срок выдержки, лет	Визуальная оценка осадка	Тип и состав осадка
	«3 звездочки» (Дербент, Республика Дагестан)	3	Легкий осадок белого цвета («змейка»)	Кристаллы различной формы Фенольные вещества
	«4 звездочки» (Дербент, Республика Дагестан)	4	Легкий осадок белого цвета («змейка»)	Кристаллы различной формы Фенольные вещества
	«4 звездочки» (г. Темрюк, Краснодарский край)	4	Легкий осадок белого цвета («змейка»), фенольные вещества	Кристаллы различной формы Фенольные вещества
	«Кубань» (Краснодарский край)	5	Пылевидный осадок белого цвета, отдельные кристаллы	Кристаллы Декстраны
	«5 звездочек» (Краснодарский край)	5	Пылевидный осадок белого цвета, отдельные кристаллы	Кристаллы Декстраны
	«Лезгинка» (Республика Дагестан)	7	Легкий осадок белого цвета	Кристаллы различной формы
	«Дербент» (Дербент, Республика Дагестан)	7	Хлопья коричневого цвета	Фенольные вещества
	«Кизляр» (г. Кизляр, Республика Дагестан)	10	Хлопьевидный осадок темно-коричневого цвета	Фенольные вещества
	«Ай-Петри» (Крым)	10	Легкий осадок белого цвета («змейка»), кристаллы	Декстраны Кальциевые соли
	«Дагестан» (Республика Дагестан)	15	Хлопьевидный осадок коричневого цвета	Фенольные вещества Кристаллы размером 1–3 мкм

Результаты исследований, приведенные в табл. 1, подтверждают, что в коньяках различных групп по возрасту и разных изготовителей характер и природа осадков практически одинаковы. Это позволяет предположить, что помутнения в основном формируются на стадии производства коньяка, а именно купажирования, технологических обработок, выдержки, когда происходит разбавление коньячных спиртов питьевой водой, добавление спиртованных вод, колера, сахарного сиропа. Очевидно, важную роль в этом процессе играют качество и состав коньячных спиртов, воды, колера, доступ (или его отсутствие) кислорода воздуха, а также их взаимодействие.

Проведен анализ качественного состава осадков коньяков. В результате экспериментов установлено, что осадки коньяков в возрасте до пяти лет были сложнее по химическому составу. В них преобладали соли калия, кальция, натрия, магния (до 50 % массы осадка в пересчете на сухое вещество), комплексные соединения катионов железа и меди (10 – 12 %), фенольные вещества, в том числе лигнин и его производные (до 26 %), полисахариды различной природы, в том числе декстраны. Кроме того, в осадках коньяков в возрасте от трех до пяти лет идентифицированы азотистые соединения, в частности белки (до 5 %).

Состав осадков коньяков, изготовленных из коньячных спиртов среднего возраста более 5 лет, более однороден. Около 90 % массы осадка в пересчете на сухое вещество составляли конденсированные формы фенольных веществ, в том числе производные лигнина, и соли щелочных и щелочноземельных металлов. Практически не выявлены белки, однако выделены отдельные аминокислоты, в частности, в определяемых концентрациях — тирозин, аланин, глутаминовая кислота, в следовых количествах — треонин, лизин, триптофан. Наличие сахаров и аминокислот позволяет предположить, что некоторую часть осадков составляют продукты сахароаминной реакции, т. е. меланоидины, которые могли образоваться как в процессе выдержки коньячного спирта, так и при изготовлении колера, применяемого в купажах коньяков.

Результаты исследования катионного состава (соотношения катионов металлов) в осадках коньяков, изготовленных из коньячных спиртов различного возраста, представлены в табл. 2.

2.

Марка коньяка	Срок вы- держки, лет	Содержание катионов, % от общего количества					
		Ca <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	Fe <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Cu <sup>+</sup>
«3 звездочки», (Дербент)	3	38	42	8	—	10	2
«4 звездочки», (Дербент)	4	39	41	6	—	8	6
«4 звездочки», (Темрюк)	4	41	27	8	1	6	7
«Кубань»	5	44	26	12	6	10	2
«5 звездочек»	5	62	20	4	2	12	—
«Лезгинка» (Дагестан)	7	64	22	—	—	12	—
«Дербент»	7	34	58	—	4	4	—
«Кизляр»	10	52	34	—	6	8	—
«Ай-Петри»	10	58	30	—	5	7	—
«Дагестан»	15	45	37	—	4	14	—

Результаты исследований показали, что в состав осадков входят одни и те же катионы — кальций, натрий, калий, железо, значительно реже — магний и медь.

Для определения катионов и анионов, вызывающих образование кристаллических осадков в зависимости от возраста, нами был исследован ионный состав осадков коньяков.

Осадки в коньяках, разлитых в бутылки, в большинстве случаев образовывались по истечении 2–3 месяцев хранения. Большинство их было кристаллического характера, в виде мелких хлопьев. В редких случаях в коньяках образовывались осадки коллоидного характера.

Результаты исследований минерального состава осадков коньяков различных категорий, представленные в табл. 3, дают основание считать, что наличие в коньяках катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и анионов PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> является основным стимулирующим фактором выпадения солей в осадок.

3.

№ п/п	Категория коньяка	Минеральный состав осадка, мг/г											
		Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	трехлетний	1,7	2,6	1,2	1,2	9,8	—	1,8	2,0	—	0,8	—	42,1
2	трехлетний	12,8	0,6	1,6	0,8	2,3	0,6	2,4	7,4	1,8	2,8	—	13,0
3	трехлетний	2,5	0,4	0,3	0,2	1,1	2,9	0,6	12,4	—	3,9	—	9,9
4	трехлетний	11,9	11,0	—	—	0,9	6,2	3,4	4,6	—	—	—	6,0
5	четырёхлетний	7,6	1,0	—	—	3,1	0,4	4,2	3,0	—	—	—	12,5
6	четырёхлетний	127,4	5,1	—	—	2,1	0,3	—	42,1	—	—	—	45,9
7	пятилетний	10,5	—	—	—	0,2	3,3	0,7	1,0	—	—	—	5,7
8	пятилетний	14,4	4,9	3,8	0,6	3,3	0,8	2,5	37,6	0,6	8,8	—	44,0
9	пятилетний	76,1	12,2	—	—	27,4	1,2	12,4	6,5	—	—	—	56,3
10	восьмилетний	30,7	12,9	—	6,9	13,8	0,7	13,2	32,1	—	—	11,4	9,7
11	восьмилетний	29,0	14,4	—	5,5	10,8	0,9	23,1	16,5	—	—	0,9	24,7
12	десятилетний	41,6	97,5	2,3	3,1	18,4	0,1	9,8	52,0	—	—	—	31,9
13	трехлетний (в купа- жной емкости)	8,4	1,9	—	0,7	5,3	—	0,7	22,1	4,3	—	10,3	—
14	пятилетний (в купа- жной ем- кости)	26,9	52,8	12,7	14,2	27,2	—	17,4	—	—	—	100	67,6

Для оценки микроскопической картины различных видов помутнений проводили микроскопирование пятилетних коньяков.

При микроскопировании осадков коньяка в виде хлопьев были обнаружены либо мелкие включения типа отдельных игл, либо скопления в виде «ежиков», представленные на рис. 1.

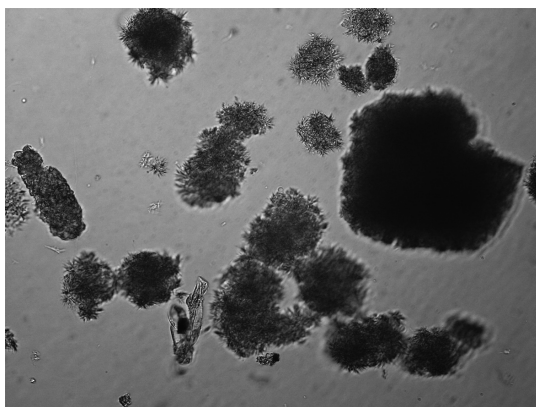


Рис. 1. Осадок коньяка до добавления 10 % раствора  $H_2SO_4$

При добавлении 10 % раствора серной кислоты они превращались в скопления в виде крупных игл, т. е. происходило образование гипса, что подтверждает наличие  $Ca^{2+}$  в осадке. Результат микроскопирования осадка коньяка после добавления 10 % раствора  $H_2SO_4$  представлен на рис. 2.

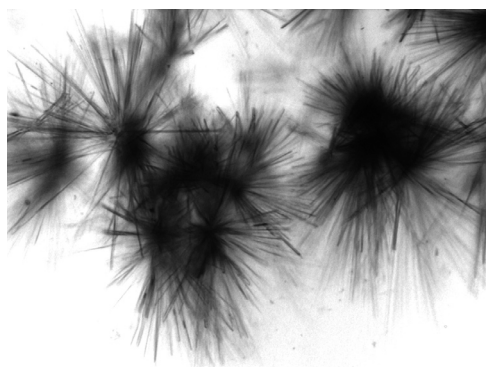


Рис. 2. Осадок коньяка после добавления 10 % раствора  $H_2SO_4$

Микроскопическая картина осадка коллоидного характера представлена на рис. 3.

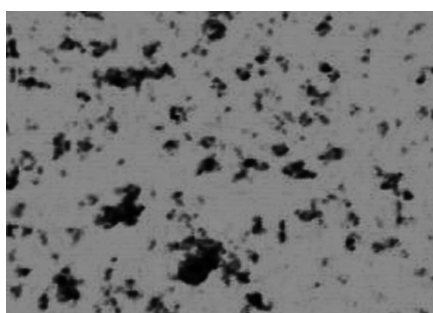


Рис. 3. Коллоидный осадок коньяка

Сопоставляя результаты микроскопических исследований с результатами, представленными в табл. 1, можно предположить, что основную часть исследуемых осадков составляют кристаллические помутнения. Это подтверждает относительно высокое содержание катионов  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  и анионов  $F^-$ ,  $Cl^-$ ,  $SO_4^{2-}$  и  $PO_4^{3-}$  в осадках коньяков, образовавшихся на стадии купаживания, представленного в табл. 3.



Отсутствие содержания фосфатов в осадках готовых коньяков и, наоборот, их высокое содержание в осадках, образовавшихся на стадии купажирования, можно объяснить очень низкой растворимостью фосфорно-кислых солей и, как следствие, их выпадением в осадок уже на стадии купажирования и отдыха купажа.

Результаты исследований тяжелых металлов показали, что они либо отсутствуют в осадках, либо их содержание очень незначительно. Концентрация обнаруженных ионов в осадках коньяков составляла 0,1–2,0 %.

**Проведение экспериментальных работ по определению минерального состава купажных компонентов и сырья.** Из всех технологических этапов, влияющих на стабильность коньяков, можно особо выделить этап купажирования. Качество купажных материалов, технологические схемы составления и дальнейшей обработки купажа во многом определяют стабильность коньяков [11–12].

Значительную часть объема купажа (около 30 %) составляет питьевая вода. Следовательно, степень очистки воды, т. е. степень удаления из нее минеральных веществ, влияет на минеральный состав коньяков и их розливостойкость.

Как правило, в коньячном производстве используются и естественные воды, т. е. воды родниковые, талые и т. д. Соответственно, физико-химический состав питьевой воды находится в широких пределах. Поэтому контроль качества используемой для коньячного производства питьевой воды является важным фактором, влияющим не только на розливостойкость, но и на органолептические показатели готового продукта.

В табл. 4 представлена информация о минеральном составе умягченной воды, полученной различными способами.

#### 4.

№	Объект исследований	Содержание, мг/дм <sup>3</sup>	
		Общая минерализация	Жесткость (сумма Ca <sup>+</sup> и Mg <sup>+</sup> )
1	Вода умягченная на ионообменной установке	105,000	0,230
2	Вода умягченная на ионообменной установке и активированным углем	116,000	0,0331
3	Вода умягченная на осмотической установке	6,800	0,023
4	Вода умягченная на осмотической установке после обработки на ионообменной установке и активированным углем	4,020	0,012
5	Вода дистиллированная	1,220	0,041
6	Вода подземная (г. Минск)	132,700	0,700
7	Вода подземная (Гомельская область)	123,000	0,800
8	Вода подземная (Витебская область)	110,0	0,900

Как показали проведенные исследования, наиболее эффективная очистка воды происходит при ее обработке на осмотической установке (образец № 3) и, особенно, после предварительной обработки на ионообменной установке и обработки активированным углем (образец № 4). Также эффективно использование дистиллированной воды.

Ионный состав сахарного сиропа и колера полностью зависит от минерального состава используемого сахара и умягченной воды.

В табл. 5 представлены данные минерального состава сахарного сиропа, колера и используемого для их приготовления сахара.

Результаты исследований показали, что концентрации катионов и анионов в исследуемых образцах варьировались в широком диапазоне.

Высокое содержание минеральных компонентов в сахарном сиропе (образцы № 3 и № 4) и колере (образцы № 7 и № 9) может косвенно свидетельствовать о применении при их изготовлении сахара и питьевой воды с повышенным содержанием минеральных соединений. Данные, приведенные в табл. 5, подтверждают, что концентрация катионов и анионов в сахаре-рафинаде значительно ниже, чем в сахаре-песке.

5.

№ п/п	Объект исследования	Раз-мер-ность	Минеральный состав										
			Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F	Cl	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
1	Сахарный сироп № 1	МГ/ДМ <sup>3</sup>	23,4	25,8	—	28,0	17,0	38,4	19,5	—	5,4	—	15,5
2	Сахарный сироп № 2		185,7	—	—	1,5	15,8	150,7	50,9	40,4	—	2,2	73,1
3	Сахарный сироп № 3		57,7	27,9	3,0	8,8	71,2	41,2	22,7	—	—	105,6	14,7
4	Сахарный сироп № 4		15,4	60,6	—	0,8	25,4	32,2	65,2	—	—	287,6	3,5
5	Сахарный сироп спиртованный № 1		218,0	118,0	—	—	22,4	—	5,2	—	—	—	29,4
6	Колер № 1		15,1	56,0	—	—	156,1	539,4	95,1	—	—	—	45,7
7	Колер № 2		1381	—	1125	—	1573	1363	—	121,0	286,0	537,0	—
8	Колер № 3		55,5	31,0	—	36,4	87,1	243,7	317,1	—	9,2	1,8	54,9
9	Колер № 4		223,8	66,0	93,2	20,8	461,8	823,3	277,0	—	—	1418	143,8
10	Колер № 5		232,5	—	—	—	18,5	469,0	553,0	802,0	—	18,1	215,3
11	Сахар-песок № 1	МГ/КГ	2,0	28,5	2,7	32,0	24,0	29,5	7,1	—	6,2	0,8	2,3
12	Сахар-песок № 2		2,3	10,5	—	—	2,3	7,2	2,8	—	0,7	—	0,9
13	Сахар-песок № 3		4,8	26,0	—	—	24,3	—	13,3	—	—	—	5,4
14	Сахар-песок № 4		1,0	22,5	—	—	33,4	—	22,7	—	—	—	22,1
15	Сахар-рафинад № 1		4,5	4,8	1,7	—	—	1,4	2,8	—	—	—	3,5
16	Сахар-рафинад № 2		4,2	3,9	1,5	—	—	1,1	2,3	—	—	—	2,9
17	Сахар-рафинад № 3		3,8	4,2	1,0	—	—	0,9	1,9	—	—	—	3,1

Нами в лабораторных условиях были изготовлены два купажа коньяков, с использованием одного и того же коньячного спирта и различных компонентов купажа. Для изготовления купажа № 1 были использованы компоненты с низким содержанием катионов и анионов (в сумме 30 мг/дм<sup>3</sup>), купажа № 2 — компоненты с высокой концентрацией минеральных веществ (в сумме 140 мг/дм<sup>3</sup>).

Сравнительные данные о минеральном составе купажей приведены на рис. 4.

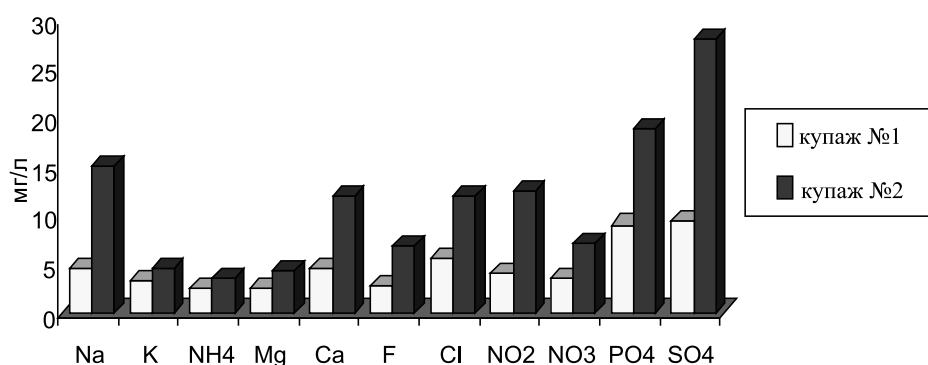


Рис. 4. Минеральный состав купажей коньяков

Как показывают данные, в купаже коньяка № 2 содержание катионов и анионов больше, чем в купаже № 1. При проведении тестов на розливостойкость было установлено, что купаж № 1 стойкий ко всем видам помутнений, а купаж № 2 — не стойкий к кристаллическим помутнениям.

Таким образом, одним из условий, определяющих стабильность коньяков к кристаллическим помутнениям, является минеральный состав компонентов. Чем ниже содержание в коньяках компонентов минерального происхождения, тем ниже вероятность образования в них кристаллических осадков, в связи с чем предотвращение образования осадков в коньяках необходимо осуществлять с момента его купаживания.

Так как питьевая вода является одним из основных компонентов, минеральный состав которого в многом влияет на стабильность коньяков, экспериментально установлены требования к умягченной воде, используемой в купажах коньяков и при изготовлении сахарного сиропа и колера, которые приведены в табл. 6.

6.

Контролируемый показатель	Содержание, мг/дм <sup>3</sup>	Жесткость, ммоль/дм <sup>3</sup>
Ca <sup>2+</sup> *	<2	≤0,1
Mg <sup>2+</sup> **	<1,9	≤0,1
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	≤3	≤0,1
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	Не допускается	≤0,1

Нами были проведены исследования влияния технологических обработок (фильтрация, обработка холодом, фосфорным эфиром целлюлозы и ионообменными смолами) на состав и розливостойкость коньяков.

**Влияние фильтрации на химический состав коньяков.** Было исследовано влияние фильтрации на химический состав пятилетних коньяков. Данные о минеральном составе исследуемых коньяков до и после фильтрации через различные фильтркуарты приведены в табл. 7.

7.

Коньяк	Химический состав, мг/дм <sup>3</sup>											Общий экстракт
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
<i>Купаж № 1</i>												
До фильтрации	99,6	7,1	2,6	2,9	8,7	8,6	—	—	—	12,9	—	20,5
После фильтрации (фильтр-картон К-100)	89,9	6,5	2,3	2,4	7,6	—	—	—	—	11,7	—	18,5
После фильтрации (фильтр-картон KS-50)	89,5	6,3	2,3	2,1	7,3	—	—	—	—	10,9	—	18,0
<i>Купаж № 2</i>												
До фильтрации	101,2	7,4	2,1	2,3	8,5	6,9	—	—	—	13,7	—	15,9
После фильтрации (фильтр-картон К-100)	96,4	7,0	2,0	1,9	8,0	—	—	—	—	13,4	—	14,2
После фильтрации (фильтр-картон KS-50)	95,1	6,9	1,9	1,8	7,6	—	—	—	—	13,2	—	13,5

Результаты исследований показали, что при фильтрации общее содержание минеральных и экстрактивных соединений снизилось в среднем на 13 % и 12 % соответственно. Определение розливостойкости образцов после фильтрации показало, что образцы коньяков нестойкие к кристаллическим помутнениям. Таким образом, процесс фильтрации ведет к изменению химического состава коньяков, что может привести к образованию кристаллических осадков и нарушению стабильности.

**Влияние обработки холодом на минеральный состав коньяков.** Холодом были обработаны трех-, четырех- и пятилетние коньяки, нестойкие к кристаллическим и обратимым коллоидным помутнениям. Обработку холодом проводили при температуре –10...–12 °С в течение 10 дней. До и после обработки холодом в коньяках определяли минеральный состав, который представлен в табл. 8.

Во всех исследуемых образцах коньяков отсутствовал анион PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, что может свидетельствовать о выпадении фосфорнокислых солей в осадок при отдыхе до их обработки. Общее содержание минеральных веществ после обработки снизилось в среднем на 15 % за счет образования нерастворимых веществ, экстрактивных веществ — на 10 %.

Таким образом, процесс обработки холодом ведет к изменению химического состава коньяков, а именно к снижению растворимости минеральных соединений, и тем самым не гарантирует стабильность коньяков к кристаллическим помутнениям.

8.

Коньяк	Химический состав, мг/дм <sup>3</sup>									
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Общий экстракт
<i>Трехлетний коньяк</i>										
До обработки холодом	57,6	4,6	1,9	4,4	4,7	5,5	28,9	—	56,8	15,2
После обработки холодом	42,8	4,4	1,7	3,8	4,4	5,0	26,0	—	46,9	14,1
<i>Четырехлетний коньяк</i>										
До обработки холодом	60,3	9,4	2,2	5,3	5,2	8,0	34,4	—	63,2	18,9
После обработки холодом	54,5	8,7	2,0	4,7	4,4	7,6	24,8	—	56,7	17,6
<i>Пятилетний коньяк</i>										
До обработки холодом	74,5	11,6	2,2	7,8	7,5	8,3	42,1	—	74,0	20,7
После обработки холодом	66,7	9,0	0,9	6,5	5,6	7,4	31,9	—	68,9	18,4

**Влияние обработки катионообменным сорбентом ФЭЦ на минеральный состав коньяков.** Для экспериментов по обработке ФЭЦ — катионообменным сорбентом, полученным на основе природной целлюлозы и карбамида, использовали препарат в Н<sup>+</sup> форме. ФЭЦ были обработаны четыре партии нестойких к кристаллическим помутнениям коньяков. Результаты исследований приведены в табл. 9.

9.

Объект исследования	Химический состав, мг/дм <sup>3</sup>										
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	Общий экстракт
Купаж трехлетнего коньяка (до обработки)	80,5	3,6	—	—	3,2	25,6	29,2	—	—	50,2	17,3
Купаж трехлетнего коньяка (после обработки)	60,7	2,4	—	—	1,9	23,8	32,1	—	—	48,3	17,1
Купаж пятилетнего коньяка (до обработки)	83,0	5,5	—	—	37,7	29,5	27,1	—	—	46,2	18,7
Купаж пятилетнего коньяка (после обработки)	47,8	3,8	—	—	7,8	27,6	28,0	—	—	43,2	18,4
Коньяк «Три звездочки» (до обработки)	57,3	30,5	5,4	2,4	9,6	0,2	1,6	34,4	0,7	1,3	16,9
Коньяк «Три звездочки» (после обработки)	32,4	22,7	4,9	2,5	4,2	0,3	2,2	36,9	1,2	1,3	16,8
Коньяк «Четыре звездочки» (до обработки)	65,5	13,9	2,4	2,0	4,3	5,4	10,6	6,2	0,6	0,2	18,0
Коньяк «Четыре звездочки» (после обработки)	52,5	12,4	2,3	2,0	2,9	4,7	9,7	7,3	0,9	0,3	17,8

Исследования показали, что кроме снижения содержания кальция на 33–79 %, в образцах значительно снижалась концентрация натрия на 20–40 %; калия — на 11–33 %; аммония — на 5–8 %; фтора — на 0–13 %. Содержание хлора, нитрата и фосфата несколько возросло, содержание сульфата практически осталось без изменений.

Таким образом, ФЭЦ снижает содержание многих ионов и, соответственно, общее количество минеральных соединений, практически не влияет на содержание общего экстракта, что

повышает стойкость коньяков к кристаллическим помутнениям. При проведении тестов на розливостойкость установлено, что после обработки ФЭЦ опытные образцы коньяков стали стойкими к кристаллическим помутнениям.

**Влияние обработки ионообменными смолами на минеральный состав коньяков и органолептические показатели.** Для данной серии экспериментов была выбрана ионообменная смола российского производства марки КУ-2-8чс, полученная на основе гранулированного сополимера стирола и дивинилбензола. Скорость потока при обработке составляла 2,5–3 л/ч.

Результаты обработки ионообменными смолами представлены в табл. 10.

10.

Коньяк	Химический состав, мг/дм <sup>3</sup>										Общий экстракт
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	F <sup>-</sup>	CL <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	
<i>Образец № 1</i>											
до обработки	47,3	33,4	4,3	24,6	14,0	5,7	16,6	2,1	4,2	67,9	19,3
после обработки	32,1	26,5	3,7	18,6	3,8	4,4	14,3	1,9	2,6	46,3	19,2
<i>Образец № 2</i>											
до обработки смолой	30,7	28,9	6,8	19,7	17,4	6,0	18,0	4,4	13,0	47,8	18,6
после обработки	24,1	25,7	4,7	17,1	5,2	4,7	16,3	3,7	9,2	29,6	18,4
<i>Образец № 3</i>											
до обработки смолой	63,9	37,3	7,7	13,8	7,0	6,7	21,1	2,2	2,0	22,3	19,6
после обработки	47,4	23,1	6,8	11,9	2,9	5,9	18,5	2,4	1,9	21,0	19,3
<i>Образец № 4</i>											
до обработки смолой	67,5	17,6	4,4	16,3	9,3	11,6	23,2	–	2,0	26,4	20,1
после обработки	46,4	14,5	4,3	15,4	3,6	9,7	22,4	–	1,5	22,3	19,9

Как показали проведенные исследования, обработка ионообменными смолами снижает содержание минеральных веществ в среднем на 22 %, а общий экстракт остается практически без изменения. При проведении тестов на розливостойкость установлено, что коньяки, склонные к кристаллическим помутнениям, после обработки ионообменными смолами становились розливостойкими.

Таким образом, проведенные исследования по изучению влияния исходного состава купажных материалов и технологических обработок при производстве коньяков при неполном технологическом цикле позволяют сделать следующие выводы.

1. Наиболее важными факторами, обуславливающими стабильность готовых коньяков на этапе вторичного виноделия являются: купажный состав и соотношение коньячных спиртов, состав и качество питьевой воды, сахарного сиропа и колера.

2. К основным видам помутнений коньяков обычно относят три группы помутнений: обратимые коллоидные, белковые, полифенольные и кристаллические. Важную роль в образовании осадков в коньяках играет содержание кальция, пороговая концентрация которого не должна превышать 5 мг/дм<sup>3</sup>, так как кальций может провоцировать образование осадков.

3. Исследования показали, что в коньяках различных групп по возрасту и разных изготовителей характер и природа осадков практически одинаковы. Это позволяет предположить, что помутнения в основном формируются на стадии производства коньяка, а именно купаживания, технологических обработок и хранения. Наличие в коньяках катионов Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> и анионов PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> и SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> является основным стимулирующим фактором выпадения солей в осадок.

4. Наиболее эффективная очистка воды происходит при ее обработке на осмотической установке после предварительной обработки на ионообменной установке и обработки активированным углем. Также эффективно использование дистиллированной воды. Оптимальный состав умягченной воды, используемой в купажах коньяков и при изготовлении сахарного сиропа и колера следующий:

- ♦ жесткость — не более 0,1 ммоль/дм<sup>3</sup>;
- ♦ содержание катионов и анионов, мг/дм<sup>3</sup>, не более: Ca<sup>2+</sup> — 2; Mg<sup>2+</sup> — 1,9; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> — 3; PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> — не допускается.

5. Процесс фильтрации ведет к изменению химического состава коньяков, что может привести к образованию кристаллических осадков, в связи с чем необходимо подобрать специальные марки фильтркартонов, адсорбирующих кальций, или использовать мембранные фильтрующие элементы.

6. Применение современных препаратов (ФЭЦ, ионообменные смолы) в производстве коньяков снижает содержание многих ионов и минеральных соединений, практически не влияет на содержание общего экстракта, что повышает стойкость коньяков к кристаллическим помутнениям и обеспечивает розливостойкость коньяков в течение длительного времени.

По результатам проведенных исследований установлены оптимальные технологические параметры обработки коньяков против различных видов помутнений, разработаны и утверждены в установленном порядке 5 отраслевых технологические инструкции.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Кухно, А. И.* Оптимальное количество веществ танино-лигнинного комплекса древесины для крепких спиртных напитков / А. И. Кухно // Пищевая технология. — 1995. — № 5. — С. 47–48.
2. *Мартыненко, Э. Я.* Технология коньяка / Э. Я. Мартыненко — Симферополь: Таврида, 2003. — С. 28 — 79.
3. *Нягу, И.* Производство коньяка и кальвадоса в Молдавии / И. Нягу — Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1978. — С. 45–179.
4. *Оселедцева, И. В.* Физико-химические основы оценки качества коньяков: автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. / Кубан. гос. технол. ун-т, Краснодар, 1999. — С. 23 — 29.
5. *Семенов, Н. Т.* Стабилизация коньяков // Виноделие и виноградарство СССР. 1982. — № 2. — С. 59–60.
6. *Личев, В. И.* Научные основы технологии коньячного производства Болгарии: автореф. дисс.... д-ра техн. наук / В. И. Личев. — М.: МТИПП, 1978. — 58 с.
7. *Панасюк, А. Л.* Исследование процессов деме­таллизации вин с помощью комплексонов: автореф. дисс. ...канд. техн. наук / А. Л. Панасюк. — Ялта, 1977. — 17с.
8. *Руссу, Г. И.* Разработка эффективной технологии купа­жирования и обработки коньяков: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Г. И. Руссу. — М., 1986. — 20 с.
9. *Руссу, Г. И.* Исследование кинетики образования обратимых коллоидных помутнений в коньяках / Г. И. Руссу, Г. И. Дьяур // Прогрессивные технологии в производстве продуктов переработки винограда. — Кишинев, 1987. — С. 98–106.
10. *Андреев, И. С.* Применение ионитов для обработки алкогольной продукции / И. С. Андреев // Иониты в пищевой промышленности. — М.: Пищевая промышленность, 1978. — С. 230–236.
11. *Зінченко, В. І.* Потокова технологія стабілізації вин до кальцієвих кристалічних помутнень / В. І. Зінченко, М. Г. Таран, В. І. Дорофтей // Виноград. Вино. — № 5. — 2002. — С. 23–26.
12. *Ефимов, Б. Н.* Стабилизация коньяка против кальциевых помутнений / Б. Н. Ефимов, А. В. Сдобна // Виноделие и виноградарство СССР. — Ялта. — 1982. — № 3. — С. 21–23.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 06.02.2013*

**K. A. Alexanian, T. M. Tananaiko, O. N. Ursul,  
L. A. Tkachuk, O. L. Zubkovskaya**

### INFLUENCE OF RAW MATERIALS AND MANUFACTURING PROCESSES FOR STABILITY COGNAC

The article describes the results of studies on the impact of the components of the blend, and technological treatments on the stability of the brandy. On the example of coming to Belarus bottled

cognac and brandy in a transport container studied the main factors providing resistance to Turbidity — component composition of alcoholic beverages and blended materials, their physical and chemical properties, filling resistance and technological methods of processing.

УДК 664.696-027.3:[577.112+577.114]

*В статье приведены исследования по выявлению влияния технологического процесса экструзии на преобразование основных биополимеров исходного сырья зерновых продуктов — крахмала и белка — а именно, на их физико-химические свойства, ферментативную атакуемость и другие показатели качества готовых изделий. На основе проведенных исследований сделан вывод, о том, что в результате технологической обработки в присутствии обогащающих добавок ферментативный гидролиз крахмала и белка усиливается, что соответственно приводит к повышению степени усвоения данных биополимеров. Полученные закономерности, характеризующие механизм формирования структуры и изменения биополимеров при технологической обработке экструдированных зерновых продуктов, являются теоретической основой для формирования качества обогащенных зерновых продуктов повышенной пищевой и биологической ценностью.*

## **ИЗМЕНЕНИЕ ОСНОВНЫХ БИОПОЛИМЕРОВ ЗЕРНОВЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ**

Одесская национальная академия пищевых технологий, Украина

*М. Р. Мардар, кандидат технических наук, доцент кафедры товароведения и экспертизы товаров*

К наиболее распространенным продуктам питания, потребляемым ежедневно и повсеместно всеми группами населения нашей страны, относятся пищевые продукты, полученные на основе зерновых культур: хлеб, крупы, хлебобулочные, макаронные изделия и т. д. В этой группе все большее значение занимают пищевые концентраты на зерновой основе, а именно — готовые к употреблению зерновые завтраки (хлопья, палочки, мюсли и др.). Достоинством данной группы продуктов являются — длительные сроки хранения, транспортабельность, удобство в употреблении. Однако в большинстве своем зерновые завтраки не сбалансированы по основным питательным веществам, вследствие чего обладают невысокой пищевой и биологической ценностью. Поэтому в настоящее время активно ведутся работы по разработке и товароведной оценке новых видов сухих завтраков на зерновой основе с определенными показателями качества.

Для обоснования целесообразности разработки новых продуктов нами проведены маркетинговые исследования потребительских предпочтений и мотиваций относительно нового разрабатываемого товара [1]. Было отмечено, что респонденты при покупке сухих завтраков в первую очередь обращают внимание на такие факторы, как вкус, состав продукта, срок его хранения. Учитывая, что такому критерию, как вкус, отдают предпочтение 27 % респондентов, были изучены вкусовые предпочтения потребителей. Выявлено, что 43 % респондентов отдают предпочтение мясному и пряному вкусу. В дальнейшем это было учтено при выборе исходных компонентов для разработки новых видов экструдированных продуктов.

С помощью методов математического моделирования с учетом принципов пищевой комбинаторики была рассчитана рецептура новых видов экструдированных продуктов, где в качестве основного сырья была выбрана пшеничная и кукурузная крупа, в качестве дополнительно — мясные компоненты (говядина и говяжья печень), которые позволят обогатить готовую продукцию белком. Для обогащения сухих завтраков витаминами В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, РР, В<sub>9</sub>, С и минеральными веществами — Са, Fe, предложено вводить витаминно-минеральную смесь. С целью придания готовым изделиям хороших органолептических показателей вводили смесь натуральных пряностей и поваренную соль.

В связи с широким использованием различных обогатительных добавок в составе зерновых завтраков особый интерес вызывает проведение исследований по выявлению влияния технологического процесса экструзии на преобразование основных биополимеров исходного сырья — крахмала и белка — а именно, на их физико-химические свойства, ферментативную атакуемость и другие показатели качества готовых изделий.

Основным биополимером зерновых круп является крахмал, изменения которого оказывает наиболее существенное влияние на формирование пищевой ценности готовых изделий. В связи с этим проведены исследования по изучению влияния процесса экструдирования и введения обогатительных добавок на структуру и свойства крахмала новых экструдированных зерновых продуктов. Исследования проводили в образцах:

- ♦ контроль 1 — смесь пшеничной и кукурузной крупы;
- ♦ контроль — экструдированная пшеничная и кукурузная крупа;
- ♦ образец 1 — экструдат на основе пшеничной и кукурузной крупы с включением 20 % бланшированной говяжьей печени, 2 % витаминно-минеральной добавки, 2 % смеси натуральных пряностей и 1 % поваренной соли;
- ♦ образец 2 — экструдат на основе пшеничной и кукурузной крупы с включением 20 % бланшированной говядины, 2 % витаминно-минеральной добавки, 2 % смеси натуральных пряностей и 1 % поваренной соли.

Влияние обогатительных добавок и процесса экструдирования на ферментативную атакуемость крахмала образцов экструдированных продуктов оценивали в условиях «in vitro» на основе гидролиза комплексом амилалитических ферментов — панкреатина (рис. 1). Как свидетельствуют полученные результаты, введение обогатительных добавок в состав продуктов несколько интенсифицирует процесс ферментативного гидролиза крахмала по сравнению с исходным и экструдированным образцом, что связано с процессами деполимеризации полисахаридов крахмала при термообработке, которые интенсифицируются в присутствии добавок. Глубина гидролиза крахмала за 5 ч воздействия для всех опытных образцов составляла 93,15...94,91 %, т. е. амилалитические ферменты достаточно полностью расщепляют крахмал.

Для более подробного изучения, как введение обогатительных добавок и экструзия влияют на структуру крахмала, проведены исследования по изучению следующих физико-химических показателей: массовая доля амилозы, «синее» число, относительная вязкость растворов крахмала, молекулярная масса (табл. 2).

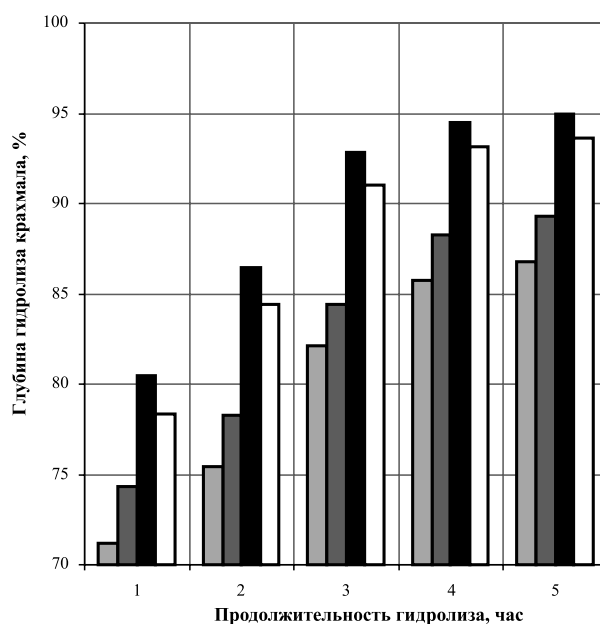


Рис. 1. Динамика ферментативного гидролиза образцов крахмала экструдированных продуктов: 1 — контроль 1; 2 — контроль; 3 — образец 1; 4 — образец 2



2. -

**( $P \geq 0,95, n = 3$ )**

Показатель	Контроль 1	Контроль	Образец 1	Образец 2
Массовая доля амилозы, %	21,4	18,6	16,2	16,1
«Синее» число	0,96	0,84	0,69	0,68
Относительная вязкость, г·см <sup>-1</sup>	2,3	1,7	1,3	1,2
Молекулярная масса · 10 <sup>-3</sup>	130,2	120,5	102,2	98,4

Как свидетельствуют полученные результаты, массовая доля амилозы в опытных образцах снижается более существенно (на 12,9...13,4 %) по отношению к контрольному образцу. При этом наблюдается уменьшения значений «синих» чисел, которые свидетельствует о снижении содержания амилозы в образцах крахмала, это объясняется, во-первых, частичным переходом амилозы в растворимую форму при клейстеризации крахмала, во-вторых, тем, что в процессе экструдирования при наличии значительного количества влаги начинается быстрое разрушение компонентов крахмала, причем быстрее всего разрушается амилоза [2, с. 86; 3, с. 92]. Соответственно, происходит снижение относительной вязкости дисперсии экструдированного крахмала при введении добавок, что свидетельствует о существенном изменении структуры и размеров молекул амилопектина. На наш взгляд, это объясняется тем, что кислотные группы и минеральные элементы входящие в состав обогатительных добавок, выступают катализаторами гидролитической деструкции компонентов крахмала, что приводит к дезорганизации его молекул. Молекулярная масса крахмала опытных образцов значительно отличается от контрольных образцов. Как известно, существует прямая зависимость между величиной, характеризующей вязкость крахмала и молекулярной массой [4, с. 7]. Эта зависимость заключается в том, что введение добавок способствует повышению степени молекулярной дезорганизации крахмала и уменьшению размеров его молекул, что в конечном итоге приводит к повышению ферментативной атакующести полисахаридов крахмала амилолитическими ферментами.

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что в процессе технологической обработки общее содержание крахмала уменьшается за счет процесса деструкции, при этом введение в состав экструдированных продуктов обогатительных добавок приводит к увеличению глубины гидролиза крахмала. Это в совокупности с данными ферментативного гидролиза крахмала амилолитическими ферментами свидетельствует об отсутствии негативного влияния мясных компонентов и других добавок на пищевую ценность готовых продуктов, более того, способствует увеличению ферментативной атакующести крахмала и, соответственно, повышению степени его усвоения.

Изменение белковых веществ, входящих в состав пищевых продуктов, как правило, оказывают решающее влияние на органолептические, структурно-механические и другие показатели качества, а, главное, — на их пищевую ценность. При этом глубина физико-химических и биохимических изменений белков определяется их природными свойствами, характером внешнего воздействия, концентрацией белков в продукте. Наиболее существенные изменения белков связаны с денатурацией, деструкцией и атакующестью их протеолитическими ферментами. Последний показатель особенно важен в формировании потребительских свойств обогащенных зерновых продуктов с точки зрения их усвоения в организме. Поэтому для выявления влияния обогащающих добавок на свойства белковых веществ проведена оценка их изменений в составе экструдированных продуктов, в частности определены ферментативная атакующесть и аминокислотный состав.

Ферментативный гидролиз экструдированных продуктов проводили в лабораторных условиях «in vitro» протеолитическими ферментами — пепсином, трипсином и химотрипсином (рис. 2). Результаты оценки глубины гидролиза свидетельствуют о том, что экструзионная обработка приводит к незначительной интенсификации ферментализации белков экструдированных продуктов. Как видно, на начальном этапе глубина гидролиза белков экструдированных образцов в 1,3...1, 5 раза выше, чем у контроля 1, при этом наиболее активно расщепляется белок

продуктов с включением обогатительных добавок (образец 1 и образец 2). Однако после окончания 4 ч воздействия различие в гидролизованности белков образцов несколько сглаживается.

Экспериментальные данные свидетельствуют о том, что ферментативный гидролиз белков мясных компонентов в составе экструдированных продуктов усиливается при их комбинации с белками зерновых культур, а также в результате технологической обработки продуктов. Приведенные результаты соответствуют имеющимся в литературе данным [2, с. 126; 3, с. 140; 5, с. 222] по лучшей усвояемости продуктов при сочетании в их составе компонентов растительного и животного происхождения.

Наряду с ферментативной атакуемостью существенную информацию о биологической ценности белков продуктов представляют сведения об их аминокислотном составе (табл. 2). Технологическая обработка зернового сырья при производстве экструдированных продуктов предусматривает различные химические, физические процессы, которые способны повлиять на их аминокислотный состав. Введение в рецептуру экструдированных продуктов обогатительных добавок может видоизменить такое влияние.

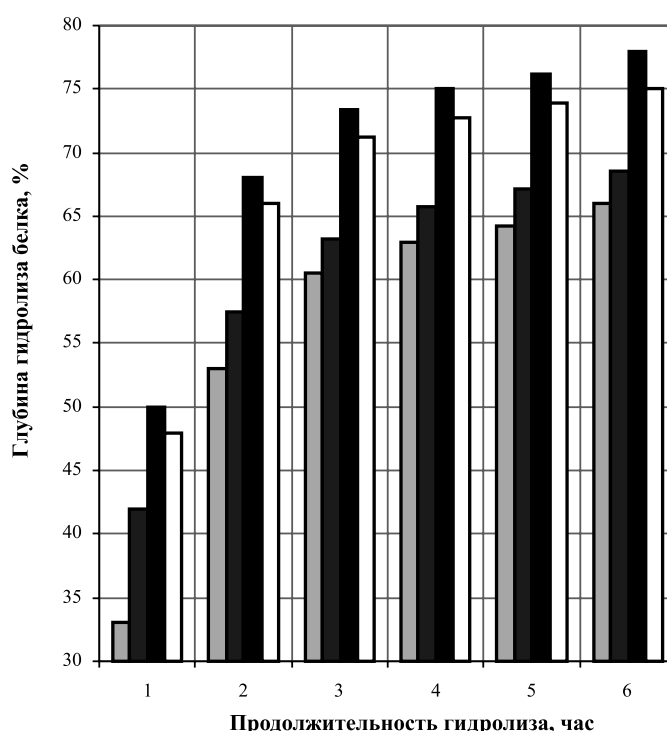


Рис. 2. Динамика ферментативного гидролиза белка экструдированных продуктов: 1 — ■ контроль 1; 2 — ■ контроль; 3 ■ — образец 1; 4 □ — образец 2

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют, что в пшеничной и кукурузной крупе (контроль), которая подвергалась термической обработке, наблюдается снижения содержания аминокислот в белке на 9,7 % по отношению к исходному сырью. Комбинация высокой температуры и давления в камере экструдера с одновременным увлажнением исходного сырья в ходе технологического процесса, а также наличием в составе экструдированного сырья углеводов — все это создает благоприятные условия для протекания реакций меланоидинообразования. Отмечено снижение в экструдированной крупе (контроль) массовой доли основных аминокислот — лизина (на 32,8 %), валина (на 23,7 %), что вероятно обусловлено результатом протекания реакции Майяра. Значительны также потери треонина (18,1 %), триптофана (12,7 %) и изолейцина (21,3 %).

Введение мясных компонентов в состав продуктов приводит к изменению их аминокислотного состава. При этом происходит увеличение содержания, что особенно важно с биологической точки зрения лимитированных для зерновых культур аминокислот, таких как лизин и треонин. Обогащение экструдированных продуктов мясными компонентами позволило по-

высить в 2,4...2,5 раза содержание лизина в опытных образцах по сравнению с контрольным образцом. Увеличилось также содержание серосодержащих аминокислот (метионина и цистина) на 69,3...77,4 % по сравнению с контрольным образцом. Массовая доля валина и треонина в опытных образцах увеличилась на 94,2...104,8 % и в 1,9...2,1 раза соответственно по сравнению с контрольным образцом. По результатам исследований установлено, что суммарное содержание незаменимых аминокислот в опытных образцах по отношению к контролю (экструдированной пшеничной и кукурузной крупе) существенно увеличилось на 75 % (образец 1) и 84,6 % (образец 2).

2.

( /100 ),  $P \geq 0,95, n = 3$

Аминокислоты	Конт-роль 1	Конт-роль	Потери при экс-тудировании	Образец 1	Изменения, % к контролю	Образец 2	Изменения, % к контролю
Валин	541	413	-23,7	802	94,2	846	104,8
Изолейцин	470	370	-21,3	643	73,8	674	82,2
Лейцин	900	762	-15,3	1237	62,3	1293	69,7
Лизин	509	342	-32,8	826	141,5	869	154,1
Метионин+ цистин	422	336	-20,4	569	69,3	596	77,4
Треонин	393	322	-18,1	625	94,1	687	113,4
Фенилаланин+ тирозин	1091	855	-21,6	1251	46,3	1316	53,9
Триптофан	102	89	-12,7	153	71,9	160	79,8
Сумма незаменимых аминокислот, $\Sigma_{\text{НАК}}$	4428	3489	-21,2	6106	75,0	6441	84,6
Аланин	506	471	-6,9	624	32,5	645	36,9
Аргинин	567	541	-4,6	615	13,7	629	16,3
Аспарагиновая кислота	685	628	-8,3	742	18,2	769	22,5
Гистидин	266	240	-9,8	304	26,7	325	35,4
Глицин	515	472	-8,3	539	14,2	588	24,6
Глутаминовая кислота	3392	3273	-3,5	3641	11,2	3739	14,2
Пролин	1048	1154	10,1	1201	4,1	1251	8,4
Серин	566	540	-4,6	613	13,5	639	18,3
Сумма заменимых ами-нокислот, $\Sigma_{\text{ЗАК}}$	7545	7319	-3,0	8279	13,1	8585	17,3
Общее содержимое ами-нокислот, $\Sigma_0$	11973	10808	-9,7	14385	33,1	15026	39,0
Соотношение $(\Sigma_{\text{НАК}}/\Sigma_0) \cdot 100 \%$	37,0	32,3	—	42,4	—	42,9	—

Наряду с незаменимыми аминокислотами очень важным является достаточное поступление с пищей заменимых аминокислот, так как при их недостатке в рационе расходуются в увеличенном количестве незаменимые аминокислоты. Таким образом, имеет значение не только определенная сбалансированность незаменимых аминокислот в продукте, но и соотношение их с заменимыми аминокислотами [6, с.13]. Показатель — соотношение незаменимых аминокислот к общему содержанию аминокислот ( $\Sigma_{\text{НАК}}/\Sigma_0$ ) свидетельствует о том, что введение мясных компонентов в состав экструдированных зерновых продуктов значительно повышает биологическую ценность белков опытных образцов.

Биологическая ценность продуктов определяется не только наличием и массовой долей заменимых и незаменимых аминокислот, но и их сбалансированностью, т. е. соответствием эталону идеального белка, рекомендованного ФАО/ВОЗ [6, с. 181]. Подтверждением о повышенной биологической ценности белков новых экструдированных зерновых продуктов являются данные об их аминокислотном score (табл. 3).

3.

$P \geq 0,95, n = 3$

Аминокислоты	Контроль 1		Контроль		Образец 1		Образец 2	
	а	б	а	б	а	б	а	б
Валин	87,2	-12,8	74,0	-26,0	107,2	7,2	108,8	8,8
Изолейцин	94,8	-5,2	83,0	-17,0	107,5	7,5	108,3	8,3
Лейцин	103,7	3,7	97,6	-2,4	118,1	18,1	118,7	18,7
Лизин	74,5	-25,5	55,8	-44,2	100,5	0,5	101,5	1,5
Метионин+цистин	97,1	-2,9	86,0	-14,0	108,9	8,9	109,4	9,4
Треонин	79,3	-20,7	72,3	-27,7	104,5	4,5	110,5	10,5
Фенилаланин + тирозин	148,0	48,0	120,3	20,3	139,5	39,5	141,0	41,0
Триптофан	82,0	-18,0	80,0	-20,0	102,0	2,0	103,0	3,0

*Примечание.* а — аминокислотный скор белка продукта по белку ФАО/ВОЗ %; б — отклонение найденной величины от 100 %.

Полученные закономерности, характеризующие механизм формирования структуры и изменения биополимеров при технологической обработке экструдированных зерновых продуктов является теоретической основой для формирования качества обогащенных зерновых продуктов повышенной пищевой и биологической ценностью.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Мардар, М. Р.* Маркетингові дослідження споживних мотивацій та переваг при виборі нових видів сухих сніданків / М. Р. Мардар, Л. О. Валевська, Е. І. Погонцева // Зб. наук. прац Одеської національної академії харчових технологій. — Вип. 36. — Т.1. — Одеса: ОНАХТ, 2009. — С. 242–247.
2. Формирование потребительских свойств комбинированных зерновых продуктов: монография / Г. В. Дейниченко [и др.]; Харьк. гос. ун-т питания и торговли. — Харьков: Факт, 2012. — 352 с.
3. *Сердюк, Л. В.* Научное обоснование формирования качества комбинированных зерновых продуктов повышенной пищевой ценности [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.18.15 / Л. В. Сердюк; ОДАХТ. — О., 2001. — 365 с.
4. *Жушман, А. И.* Современные достижения в технологии экструзионных крохмалопродуктов [Текст] / А. И. Жушман, Е. К. Коптелова, В. Г. Карпов. — М.: АгроНИИТЭИПП, 1989. — Вып. 4. — 24 с.
5. *Тостогузов, В. Б.* Новые формы белковой пищи [Текст] / В. Б. Тостогузов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 303 с.
6. *Павлоцкая, Л. Ф.* Пищевая, биологическая ценность и безопасность сырья и продуктов его переработки [Текст]: / Л. Ф. Павлоцкая, Н. В. Дуденко, В. В. Евлаш. — К.: Фирма «ИНКОС», 2007. — 287 с.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 16.12.2012*

**M. R. Mardar**

### CHANGE OF THE MAIN GRAIN PRODUCTS BIOPOLYMERS IN THE PROCESS OF THE TECHNOLOGICAL TREATMENT

The studies concerning revealing of influence of the technological process of extrusion on the transformation of the main biopolymers of initial raw material of grain products, starch and protein, namely on their physical and chemical properties, fermentative ability of being attacked and other in dices of quality of the finished products, have been given in the article. On the basis of the given research,

the conclusion has been made about the fact, that as a result of the technological treatment in the presence of the enriching additives, the fermentative hydrolysis of starch and protein intensifies, that consequently results in increase of the degree of the given biopolymers assimilation. The obtained regularities, characterizing the mechanism of structure forming and change of biopolymers during the technological treatment of the extruded grain products are the theoretical basis for forming the quality of the enriched grain products with increased food and biological value.

УДК 005.6: 579.676

*В статье описываются основные группы параметров, которые необходимо учитывать при анализе и управлении микробиологическими рисками в рамках концепции анализа риска по критическим контрольным точкам (системы НАССР) на предприятиях пищевой промышленности.*

## **УПРАВЛЕНИЕ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКИМИ РИСКАМИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ**

**РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси  
по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь**

*Л. А. Мельникова, кандидат биологических наук,  
ведущий научный сотрудник отдела питания*

Рассмотрение пищевых продуктов с точки зрения риска для потребителя в основном касается химических веществ, присутствующих в пище или попадающих в нее в процессе переработки и упаковки. Биологическим агентам, способным вызывать заболевания у человека, уделялось меньше внимания. Вместе с тем, в последние годы во всем мире возрастает число пищевых отравлений бактериальной природы, что заставляет исследователей обращать особое внимание на микробиологические риски и проводить их анализ [1]. На международном уровне наибольшее признание получила концепция анализа риска по критическим контрольным точкам (система НАССР) [2].

Анализ микробиологических рисков в рамках системы НАССР позволяет, во-первых, выявить потенциально опасное сырье и пищевые продукты, которые могут содержать болезнетворные микроорганизмы, а также большое количество микроорганизмов, вызывающих порчу пищевых продуктов, или источник, способствующий развитию микроорганизмов. Во-вторых, выявить потенциальный источник и особые точки повторной контаминации. В-третьих, определить вероятность того, что микроорганизмы смогут выжить или размножиться в процессе производства, хранения, транспортировки, реализации и подготовки к использованию продукта. При этом факторы риска следует оценивать на протяжении всей пищевой цепочки, объединяя данные в области эпидемиологии и патогенности микроорганизмов с данными, полученными при производстве и переработке пищевых продуктов [3,4,5].

В связи с этим, при анализе микробиологических рисков следует выделять первичные и вторичные микробиологические факторы. К первичным факторам следует относить превышение установленного уровня микробиологических загрязнителей в основном сырье, вспомогательных материалах, упаковке, в среде технологического окружения. К вторичным опасным факторам относят рост или выживание патогенных, условно-патогенных, санитарно-показательных микроорганизмов и микроорганизмов порчи в основном сырье, вспомогательных материалах, упаковке, связанные с технологическим оборудованием и персоналом в ходе производственного процесса, а также их недопустимое повторное загрязнение.

Поступающее на пищевые предприятия сырье растительного и животного происхождения является благоприятной средой для развития микроорганизмов, вследствие большого содержания в нем питательных веществ. Поступающее на производство сырье уже содержит разнообразную микрофлору — от сапрофитов до патогенных микроорганизмов. Микробиальная обсемененность пищевого сырья оказывает большое влияние на качество готовой продукции. Это первичный источник микроорганизмов на производстве (первичный опасный фактор). Гигиенические нормативы качества и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов устанавливает СанПиН «Гигиенические требования к качеству и безопасности продовольственного сырья и пищевых продуктов», который включает контроль за 4 группами микроорганизмов:

- ♦ санитарно-показательными, к которым относят количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) и бактерии группы кишечной палочки БГКП (колиформы);
- ♦ условно-патогенными микроорганизмами, к которым относят *E.coli*, *S.aureus*, бактерии рода *Proteus*, *B.cereus* и сульфитредуцирующие кластридии;
- ♦ патогенные микроорганизмы, в том числе сальмонеллы;
- ♦ микроорганизмы порчи — в основном дрожжи и плесневые грибы.

Важным нормативом для обеспечения микробиологической безопасности сырья и пищевых продуктов является отсутствие патогенных и условно-патогенных микроорганизмов в определенной массе продукта.

В соответствии с рекомендациями международной организации по стандартизации методов микробиологического анализа пищевых продуктов (ISO) качество пищевого сырья и продуктов питания принято оценивать по диапазонам мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов (МАФАНМ) (табл.1).

Вместе с тем, доброкачественность готового продукта в микробиологическом отношении в значительной степени зависит не только от микробиологических характеристик сырья и вспомогательных материалов, но и от санитарного уровня производства, от четко организованного санитарно-микробиологического режима и контроля. Исходя из этого, при анализе микробиологических рисков, относящихся к среде технологического окружения (воздух, вода, технологическое оборудование), необходимо учитывать основополагающие принципы пищевой гигиены, начиная с производства сырья до обработки, хранения и реализации готового продукта.

Микробиологические критерии должны соответствующим образом учитываться при оценке требований к технологическому оборудованию, воде, воздуху производственных помещений, персоналу для установления надлежащего микробиологического состояния производства. При этом нормативные показатели микробиальной обсемененности должны характеризовать уровень санитарного состояния производства, правильность ведения технологических процессов, выявлять возможные нарушения правил личной гигиены персонала при производстве продукции.

1.

Уровень МАФАНМ	Уровень качества
$10^3-10^4$ КОЕ/г и не более $10^5$ КОЕ/г	Сырье или продукт свежие, доброкачественные, стойкие при хранении
$10^5-10^6$ КОЕ/г	Нарушение технологических или санитарно-гигиенических режимов при производстве и хранении сырья или продуктов
Более $10^6-10^7$ КОЕ/г	Сырье или продукт представляют потенциальную опасность, т. к. данное развитие микроорганизмов может быть только следствием их активного размножения
Более $10^7-10^8$ КОЕ/г	Порча сырья или продукта, которая может быть определена органолептически

В связи с этим в процессе выработки продукции проводят основной (профилактический) микробиологический контроль, дополнительный микробиологический контроль и эпидемиологический контроль.

Микробиологический контроль в зависимости от его назначения предусматривает определение:

- ♦ общей бактериальной обсемененности сырья, полуфабрикатов и готовой продукции;
- ♦ санитарного состояния помещения, технологического оборудования и инвентаря;
- ♦ санитарно-микробиологических показателей воды, используемой в производстве;
- ♦ санитарно-микробиологических показателей воздуха производственных помещений;
- ♦ уровня личной гигиены персонала;
- ♦ санитарное состояние рук рабочих и спецодежды.

Одним из потенциальных способов заражения пищевых продуктов в процессе производства является плохая личная гигиена персонала. Пути заражения пищевых продуктов через персонал приведены в табл. 2. Учитывая это, фактор влияния персонала на заражение пищевых продуктов необходимо контролировать с помощью усиленного внимания к личной гигиене рабочих.

Проводя анализ микробиологических рисков, необходимо учитывать, что как стабильность санитарного состояния продукта, так и его микробиологическая безопасность базируется на сочетании ряда факторов или барьеров.

## 2.

Безвредный микроорганизм	Источник	Комментарии
<i>Shigella spp.</i> , <i>E.coli</i> , <i>Salmonella spp.</i>	Фекальные массы	1 из 50 работников является носителем и распространяет $10^9$ безвредных микроорганизмов на грамм фекальной массы
<i>Staphylococcus aureus</i>	Кожа, нос, фурункулы	60 % населения является носителями $10^8$ микроорганизмов, вызывающих кожные инфекции
<i>Streptococcus pyogenes</i>	Горло, кожа	$10^5$ безвредных микроорганизмов выделяется при кашле

Эффект барьеров является основополагающим при рассмотрении санитарного состояния и микробиологической безопасности пищевых продуктов и заключается в определении степени интенсивности их обработки, позволяющей поддерживать в продукте «нормальное» число микроорганизмов [6]. Основными барьерами, влияющими на развитие микроорганизмов, являются водородный показатель среды (рН), активность воды, присутствие консервантов, упаковка и температура. Барьеры препятствуют развитию микроорганизмов и предохраняют продукт от порчи и интоксикаций.

При анализе микробиологических рисков возникает также необходимость прогнозировать рост, выживание и гибель бактерий, дрожжей и плесневых грибов в продуктах питания [7]. Прогнозирующая микробиология связана с количественной микробиологической экологией пищевых продуктов. Ее базовой гипотезой является теория воспроизводимости реакции микроорганизмов на факторы окружающей среды, которая включает разработку моделей, описывающих и прогнозирующих изменение количества микроорганизмов при определенных условиях.

В пищевой промышленности модели прогнозирующей микробиологии являются необходимым инструментом оценки, контроля, документального подтверждения и обеспечения микробиологической безопасности.

При анализе микробиологических рисков в рамках концепции НАССР модели прогнозирующей микробиологии используют для оценки степени риска или вероятности его возникновения, а также для определения последствий микробиологического риска в пищевом про-

дукте. При этом выявленная степень риска контролируется в критических контрольных точках.

С помощью использования прогнозирующих моделей можно определить диапазоны и комбинации параметров производственного процесса, т. е. лимитирующие пределы значений для выявленных критических контрольных точек.

Учитывая, что концепция НАССР разработана для снижения степени любого риска, прогнозирующие микробиологические модели можно рассматривать как инструменты для принятия решений при оценке степени микробиологического риска, выявлении критических контрольных точек, а также при описании параметров производственного процесса, необходимых для достижения приемлемого уровня микробиологического риска.

Таким образом, при анализе микробиологических рисков в рамках концепции НАССР необходимо учитывать следующие группы параметров:

- ♦ микробиологические характеристики основных сырьевых ингредиентов;
- ♦ влияние технологической обработки на микрофлору продукта (количественные и качественные показатели воздействия на микрофлору используемых режимов обработки);
- ♦ вероятность и последствия микробной контаминации и роста микроорганизмов в процессе переработки и хранения пищевых продуктов;
- ♦ физико-химические свойства продукта;
- ♦ санитарно-гигиеническое состояние производства;
- ♦ температуру на протяжении всей пищевой цепочки;
- ♦ особенности упаковочных систем и свойства упаковочных материалов;
- ♦ эпидемиологические данные о продукте как источнике пищевых токсикоинфекций с учетом возможного риска для потребителя.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Risk assessment and critical control points from the production perspective / J. A. Serra, E. Domenech, I. Escriche, S. Martorelli // *Int. J. Food Microbiol.* — 1999. — Vol. 46. — P. 9–26.
2. *Serber William, H.* The modern НАССР system / H. Serber William // *Food Technol.* — 1998. — № 6. — P. 116–120.
3. *Brown, M. H.* Quantitative Microbiological Risk Assessment: principles applied to determining the comparative risk of salmonellosis from chicken products / M. H. Brown, K. W. Davies, C. M. P. Billon // *J. Food Protein.* — 1998. — Vol. 61, № 11. — P. 1446–1453.
4. Use of epidemiologic and food survey data to estimate a purposefully conservative dose-response relationship for *Listeria monocytogenes* levels and incidence of listeriosis / R. L. Buchanan [and ets.] // *Ibid.* — 1997. — Vol. 60, № 8. — P. 918–922.
5. *Cassin, M. H.* Quantitative risk assessment for *Escherichia coli* 0157: H7 in ground beef hamburgers / M. H. Cassin, A. M. Lammerding, E. S. D. Todd // *Int. J. Food Microbiol.* — 1998. — Vol. 41. — P. 21–44.
6. *Leistner, L.* Principles and applications of hurdle technology. In *New methods of food Preservation* / L. Leistner. — London, 1995. — P. 1–21.
7. *Labuza, T. P.* Growth kinetics for shelf-life prediction: theory and practice / T. P. Labuza, B. Fu // *J. of industrial microbiology.* — 1993. — № 12. — P. 309–323.

*Рукопись статьи поступила в редакцию 10.01.2013*

**L. A. Melnikova**

### MANAGEMENT OF MICROBIOLOGICAL HAZARDS IN FOOD PRODUCTION

The article describes the main groups of parameters that must be considered in the analysis and management of microbiological hazards in the concept of the Hazard Analysis Critical Control Point (НАССР) in the food industry.