

ИННОВАЦИОННАЯ МЕМБРАННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ПИЩЕВЫХ И КОРМОВЫХ ДОБАВОК ИЗ ЗЕРНОВОЙ БАРДЫ И ИХ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ

Кудряшов В.Л., канд. техн. наук, Алексеев В.В., Маликова Н.В.,
Погоржельская Н.С., канд. техн. наук

*Всероссийский научно-исследовательский институт пищевой биотехнологии – филиал
Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Федерального
исследовательского центра питания и биотехнологии» (Москва)*

Реферат. Приведена инновационная технологическая схема переработки зерновой барды с применением баромембранных процессов (БМП) – ультрафильтрации и обратного осмоса. Схема рассчитана на производство пищевых и кормовых зернодрожжевых добавок. Описаны способы использования добавок при производстве продуктов питания и кормлении животных.

Ключевые слова: баромембранные процессы, ультрафильтрация, обратный осмос, зерновая барда, пищевые добавки, продукты питания, кормовые добавки

Summary. An innovative technological scheme for processing grain bard is given by using baromembrane processes - ultrafiltration and reverse osmosis. The scheme is designed for the production of food and feed additives. The methods of using additives in the production of food and animal feeding are described.

Key words: baromembrane processes, ultrafiltration, reverse osmosis, grain bard, food additives, food-stuffs, fodder additives

Введение. В Послании Президента РФ Федеральному собранию от 01.03.2018г., на VIII международном Гайдаровском форуме (январь, 2017) основной проблемой экономики России признано научно-технологическое отставание. Следовательно, вновь создаваемые и модернизируемые производства должны основываться не на традиционных, а на принципиально новых наукоемких технологиях, в которые входят биотехнологические и мембранные процессы (МП). Они относятся к двум критическим технологиям РФ, а именно – №3 (биотехнологические, биосинтетические ...технологии) и №8 (нано-, биотехнологии) входящим в «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники РФ», а именно – № 2 (индустрия наносистем), №4 (науки о жизни), №6 (рациональное природопользование) и №8 (энергоэффективность и энергосбережение), утвержденным Указом Президента Российской Федерации от 7 июля 2011г. № 899.

Эффективность и целесообразность использования МП на различных предприятиях пищевой и перерабатывающей промышленности раскрыта в источнике [1]. При этом в этих отраслях наиболее распространены баромембранные процессы (БМП): микрофильтрация (МФ), ультрафильтрация (УФ), нанофильтрация (НФ) и обратный осмос (ОО). Эти процессы основаны на преимущественной проницаемости в зависимости от молекулярной массы (ММ) одного или нескольких компонентов истинных и коллоидных растворов через разделительные полупроницаемые перегородки – мембраны [1,2]. За счет их применения осуществляется стерилизация, выделение, разделение и концентрирование многокомпонентных растворов и их отдельных компонентов.

Основные преимущества БМП предопределяются: использованием электроэнергии в качестве единственного энергоносителя, отсутствием фазовых переходов, а также необхо-

димости применения дополнительных реагентов и нагревания обрабатываемых растворов. Учитывая это, БМП позволяют обеспечивать низкие энергозатраты, осуществлять холодную стерилизацию, исключать тепловую денатурацию и сохранять в нативном состоянии белки, аминокислоты, витамины, ферменты и другие биологически активные вещества (БАВ).

Объекты и методы исследований. Объектом исследования является зерновая барда, являющаяся побочным продуктом спиртового производства и представляющая остаток образующийся при перегонке зрелой зерновой бражки. В соответствии с ГОСТ 31809-2012 из нее путем переработки и высушивания должна производиться кормовая сухая барда, предназначенная для использования в производстве комбикормовой продукции, а также для непосредственного введения в рацион сельскохозяйственных животных и птицы в составе смеси с другими кормовыми средствами.

В связи с переходом ряда спиртозаводов на переработку качественного пищевого зерна и внедрением различных способов его очистки, мойки и обеззараживания созданы предпосылки переработки барды в пищевые добавки, что подтверждает отечественный и зарубежный опыт. При этом барда по отношению к соответствующим зерновым отличается повышенным содержанием белка, аминокислот (в том числе лизина, треонина и изолейцина), клетчатки и витаминов группы В.

В США отработана технология (J. Food sci. and technol. – 1989. т.24. № 4 - р. 373-384) получения белковой добавки для введения в диетические продукты питания путем экструдирования смеси кукурузной, картофельной, рисовой или пшеничной муки с бардой в количестве 10, 20 и 40 %. Установлено, что с увеличением количества последней скручивающее усилие, выход экструдированного продукта и радиальное растяжение экструдата снижаются, а показатель продольного растяжения, плотность и цветность возрастают.

Обсуждение результатов. В лаборатории мембранных технологий (ЛМТ) ВНИИ-пищевой биотехнологии (ВНИИПБТ) за счет использования самых современных БМП создана трехпродуктовая оригинальная национальная технологическая линия получения пищевых или/и кормовых добавок из зерновой барды (см. рис.1), отличающаяся от линии ЦВС пониженными (не менее чем на 30 %) энергозатратами и инвестициями [3]. Она рассчитана на производство не одной, а трех пищевых или/и кормовых зернодрожжевых (ЗД) добавок:

- двух сухих: марок ЗД-ПВTM (DDG) и ЗД-БTM (DDS), отличающихся повышенным содержанием пищевых волокон (ПВ) и белковых веществ (протеина);

- жидкого сиропообразного ультраконцентрата (УК) – марки ЗД-УКTM.

Себестоимость производства каждой из них составляет менее 25 % от себестоимости сухой барды марки DDGSTM.

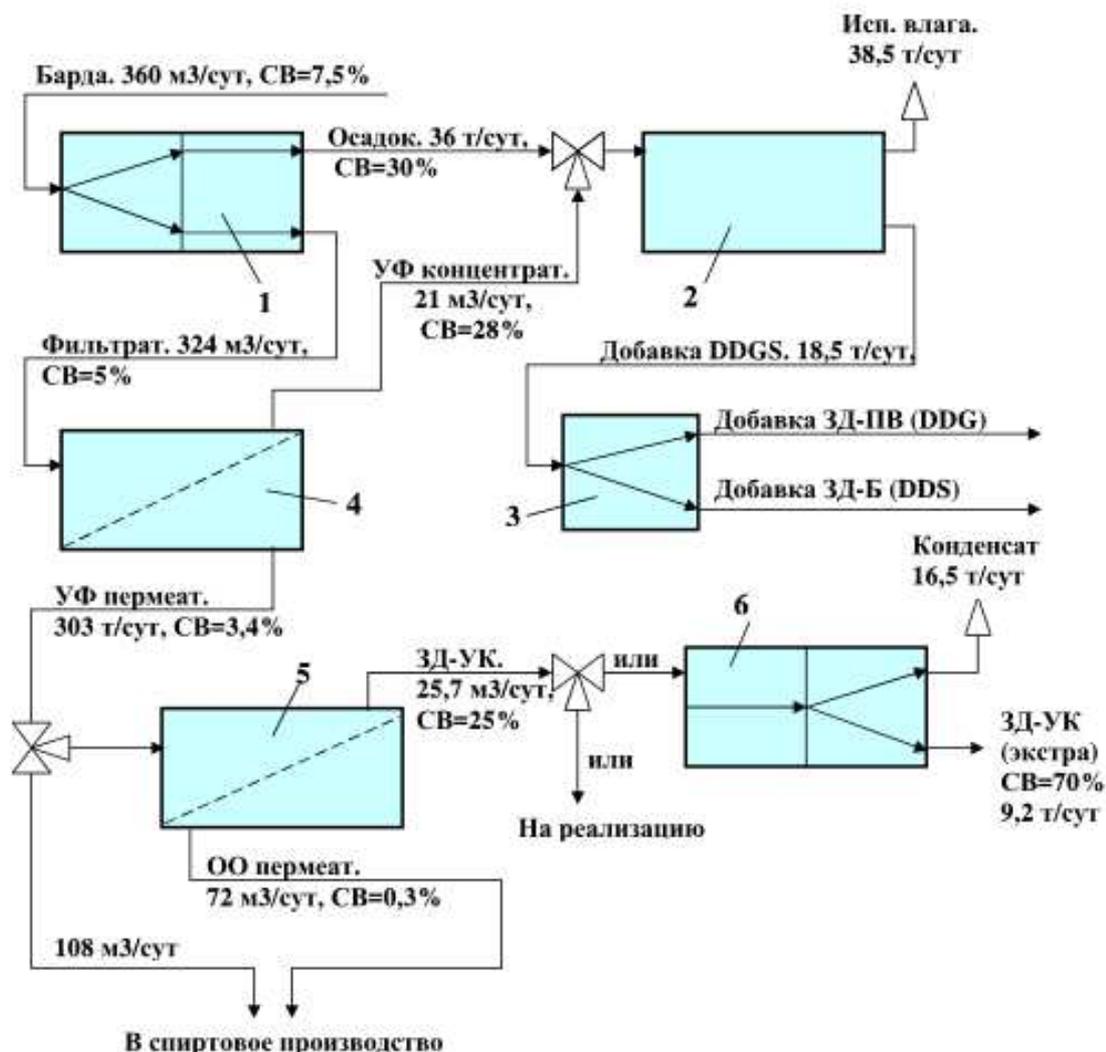
Основные отличия трехпродуктовой линии от линии ЦВС заключаются в замене вакуум-выпарки на комплекс БМП (сравнение энергозатрат см. табл.1), а также в выпуске одной из добавок (ЗД-УК) не в сухом, а в сиропообразном виде. Значительная экономия энергозатрат в этой линии обеспечивается именно за счет того, что осветленная на УФ мембранах часть барды, содержащая 3,3...3,5 % СВ только в растворенном сильноразбавленном виде, вообще не подвергается (хотя и после выпаривания) самому энергоемкому процессу – сушке, а выводится в виде жидкого сиропообразного пищевого продукта ЗД-УКTM.

Это обеспечивает снижение энергозатрат в 3 раза (пара в 2,8 раза и электроэнергии на 19 %), что приводит к снижению общих затрат на переработку барды, например, для спиртзавода средней мощности только за счёт этого – более чем на 3,0 млн. руб в год [3].

В последнее время трехпродуктовая линия в ЛМТ дополнительно модернизирована за счет исключения одной из сушилок, а также замены центрифуги (декантора) на шнеко-

вый сепаратор, который позволяет получать осадок с меньшей влажностью. Использовать сепаратор в линиях с выпарками нельзя, так как в его фильтрате содержится повышенное количество взвешенных веществ. Последнее мешает работе выпарок, а УФ установок – наоборот способствуют.

Модернизированная с помощью БМП и представленная на рис. схема позволяет по сравнению с «классической» линией снизить расход пара с 7,215 т/час [3, 4] до 2,29 т/час, то есть в 3,15 раза.



- 1 – шнековый сепаратор FAN PSS (декантор); 2 – сушилка; 3 – вибрационный рассеиватель;
4 и 5 – мембранные УФ - и ОО установки; 6 – вакуум-выпарка

Рис. Технологическая схема переработки зерновой барды с производством трех пищевых зернодрожжевых (ЗД-ПВ, ЗД-Б и ЗД-УК) или (и) кормовых (DDGS, DDG и DDS) добавок

Работа линии осуществляется следующим образом. Нативная (исходная) барда без охлаждения разделяется на деканторе поз.1 (или, что экономичнее - на шнековом сепараторе FAN PSS) на крупнодисперсный осадок (дробину) и содержащий мелкодисперсную фазу грубый фильтрат (супернатант), который далее поступает в мембранную УФ установку поз.4. В последней выделяются и концентрируются все взвешенные, коллоидные и растворенные высокомолекулярные вещества ($MM > 100$ кДа), с образованием УФ концентрата. Последний смешивается с дробинкой и затем совместно с ней высушивается в поз.2 с получением кормовой зернодрожжевой добавки под торговой маркой DDGS™ со-

держашей ПВ (клетчатку), белки и др. высокомолекулярные БАВ. В случае использования ее в качестве пищевой добавки она дополнительно измельчается до 30..50 мкм в специальном измельчителе (на рис. не показан).

При отдельном производстве двух сухих добавок ЗД-Б (DDS) и ЗД-ПВ (DDG) добавка DDGSTM (ЗД-ПВ+Б) рассеивается в поз.3 без предварительного измельчения. При этом сразу выделяется фракция ЗД-Б (DDS) с размером частиц менее 50 мкм с повышенным содержанием белка. А измельчению до 50 мкм подвергается только выделенная крупнодисперсная дробина ЗД-ПВ (DDG), содержащая повышенное количество нерастворимых ПВ (клетчатки). Применение рассеивателя позволяет не применять для получения добавки ЗД-Б энергоемкую распылительную сушилку.

УФ пермеат (фильтрат, прошедший через УФ-мембрану) представляет собой «кристалльно» прозрачную практически стерильную жидкость светложелтого цвета, содержащую низкомолекулярные белки, полипептиды, аминокислоты, витамины и др. БАВ, причем только в растворенном легко усваиваемом организмом виде.

УФ пермеат концентрируется на разработанной нами специальной комбинированной ОО установке поз. 5 до концентрации СВ порядка 25...35 %. В случае необходимости по требованию потребителей ЗД-УК доконцентрируется до СВ = 60...70 % на вакуум-выпарке с получением ультраконцентрата ЗД-УК (экстра).

Достоинством линии (рис.) является возможность быстрой ее переналадки на выпуск как той или иной пищевой ЗД добавки, так и кормовых добавок DDGS, DDG и DDS в соответствии с изменяющейся конъюнктурой рынка.

Схема (рис.) рассчитана на использование отечественных импортозамещающих, соответствующих мировому уровню мембран и мембранных элементов, выпускаемых ЗАО «НТЦ Владипор», ООО «Керамикфильтр» и ОАО «РМ Нанотех».

Области использования добавок ЗД-Б (DDS), ЗД-ПВ (DDG) и ЗД-УК.

Зернодрожжевая барда может использоваться двумя способами: в качестве кормовой добавки в нативном жидком виде [5-7] или в соответствии с ГОСТ 31809-2012 Барда кормовая. Технические условия, в сухом виде. Экономический анализ показывает, что при наличии близкорасположенных к спиртзаводам животноводческих хозяйств эффективность первого способа значительно выше [5]. Разделение сухой барды на две фракции ЗД-Б (DDS) и ЗД-ПВ (DDG) позволяет использовать ее также более эффективно, а именно, первую с повышенным содержанием белка в комбикормах для птицы и свиней, а вторую с повышенным содержанием клетчатки – в комбикормах для КРС.

Дополнительно к вышеописанным зарубежным были выявлены нами также и другие способы использования добавок из барды в пищевой промышленности. Доказано, что при переработке качественного зерна они действительно могут перерабатываться и использоваться в качестве пищевых добавок [8,9]. Полученные по описанной выше технологи ЗД добавки представляют собой:

- добавка ЗД-Б – порошок с содержанием белка (включает белки зерна и дрожжей) более 50 %, который по этому показателю соответствует и может заменять соевую муку;
- добавка ЗД-ПВ – порошок, содержащий более 60 % нерастворимых ПВ и до 30 % белка.

Установлено, что белки ЗД добавок содержат кроме триптофана все незаменимые аминокислоты.

Эти добавки были наработаны и всесторонне испытаны нами, что позволило разработать ТУ 9182-040-00334586-2003 и получить соответствующее Санитарно-эпидемиологическое заключение Минздрава РФ № 77.99.02.916.Т.001258 от 13.11.2003 г.

Целесообразность и эффективность применения добавок ЗД-Б и ЗД-ПВ для обогащения пищевых продуктов белком, ПВ и витаминами группы В (в том числе для импортозамещения соевой муки и очищенных ПВ) подтверждены по результатам совместных испытаний положительными заключениями.

Так, совместные исследования с ГосНИИХП показали, что при использовании добавки ЗД-Б при производстве ржано-пшеничных сортов хлеба, помимо обогащения белком, повышается водопоглотительная способность теста и улучшаются физико-химические показатели хлебобулочных изделий. При этом улучшаются вкус, цвет и аромат хлеба. Использование добавки ЗД-ПВ при производстве хлебобулочных и мучных кондитерских изделий, кроме улучшения физико-химических показателей, позволяет обогащать их ПВ и снижать калорийность.

Добавка ЗД-ПВ в промышленном масштабе нарабатывалась на промышленной линии переработки барды на спиртзаводе «Остроженский» и после дополнительной обработки (измельчения и дезодорирования) использовалась на хлебозаводе «Золоторожский хлеб» для выпечки и реализации населению ржаного и ржано-пшеничного хлеба «Дарницкий». Специалисты этого крупного московского хлебозавода в соответствующем Акте подтвердили, что замена 5 % пшеничной муки при выпечке ржано-пшеничного хлеба и 5 % ржаной муки при выпечке ржаного хлеба на добавки ЗД позволяет производить хлеб, соответствующий по органолептике действующим ТУ и ГОСТ.

Как показал наш опыт и его анализ, для широкого крупнотоннажного использования ЗД добавок из барды в продуктах питания необходимо решить следующие проблемы:

1. Массовое количество их введения ограничивается 5...8 %, так как уже при 10 % хлеб и др. продукты приобретают посторонний непривычный характерный для барды запах, обусловленный присутствием в ней остаточных низколетучих продуктов брожения. Продукты дополнительно приобретают часто нежелательный коричневый оттенок, например, при введении в пшеничные батоны добавок ЗД. Следовательно их необходимо обесцвечивать и дезодорировать.

2. Для повышения конкурентоспособности добавки ЗД-ПВ с чрезвычайно дорогостоящими импортными ПВ (например, цена пищевой глубоко очищенной и обесцвеченной клетчатки из пшеничной соломы Vitacel достигает 100 руб/кг) необходимо повысить ее набухаемость, влагоудерживающую способность и процентное содержание клетчатки, а в добавке ЗД-Б повысить содержание белка до уровня также дорогостоящих (до 70 руб/кг) концентратов и изолятов белка (70 и 90 %, соответственно) из сои.

3. Снижения себестоимости путем введения в них в оптимальном соотношении других компонентов с целью создания комплексных добавок. Например, на хлебозаводы их целесообразно поставлять не отдельно, а после смешивания на элеваторах с ржаной и пшеничной мукой.

Для решения этих проблем нами разработаны технологии получения сухих лечебно-профилактической добавок, в том числе для больных анемией и хроническим малокровием, содержащих экструдированную смесь добавки ЗД-ПВ, очищенных остаточных пивных дрожжей, препаратов железа и аскорбиновой кислоты.

Для разработки способа повышения набухаемости, сорбирующей способности и содержания ПВ в добавке были проведены НИР по отработке технологии удаления из ЗД-ПВ других компонентов. Исследованы химическая, ферментативная и ультразвуковая (УЗ) обработки.

Для получения высокоочищенных от белков ПВ химическим методом использовали: 1,7 % раствор серной кислоты (рН 1,35); 0,2 % раствор гидроксида натрия (рН 12,5) и 20 % раствор карбоната натрия (рН 11). При этом наибольший эффект наблюдался при использовании серной кислоты, но по сравнению с щелочью, незначительный.

При ферментативной обработке использовали грибную протеазу и глюкоамилазу. Установлено, что использование последней можно исключить.

Обработку ультразвуком с частотой 22 кГц проводили 3 раза по 60 сек с перерывами по 30 с как с использованием ферментов, так и без. В последнем случае ЗД-ПВ предварительно кипятили в течение часа. Установлено, что обработка УЗ позволяет повысить набухаемость, а введение ферментов на 30 % и более повысить в ЗД-ПВ содержание ПВ.

В процессе НИР также установлено, что одним из эффективных методов дезодорирования и осветления ПВ является использование молочной сыворотки и, особенно, ее пермеатов. При этом появляется возможность одновременно утилизировать как барду, так и сыворотку.

Эффективными методами осветления являются обработка добавок ЗД растворами перекиси водорода, NaClO и озоном с отработанной нами концентрацией. При этом раствор NaClO может готовиться непосредственно на заводе за счет электролиза концентрированного раствора NaCl. Эффективно использовать для этого пермеат соленой молочной сыворотки.

На основе результатов наших последних НИОКР (в том числе приведенных здесь) разработаны аппаратно-технологические схемы производства добавок ЗД-ПВ (Экстра) и ЗД-Б (Экстра) с повышенным содержанием обесцвеченных высокоочищенных ПВ и белка, соответственно.

В процессе наших НИР доказано, что и Ультраконцентрат ЗД-УКTM также является эффективной пищевой добавкой. Он представляет собой темнокоричневый сироп с концентрацией СВ=25...70 %, который по вязкости, цвету и органолептике мало отличается от квасного сула. В своем составе ЗД-УКTM содержит свободные аминокислоты (содержание аминного азота при 65 % СВ составляет 560 мг %), низкомолекулярные белки, полипептиды, витамины группы В, биотин, фолиевую кислоту, каротиноиды, органические кислоты (пропионовую, молочную, уксусную и другие), активаторы роста (в т.ч. пекарских дрожжей) и другие БАВ.

ЗД-УК с концентрацией СВ=25 % предназначен для потребителей, находящихся на незначительном расстоянии (до 150 км), а также в составе комплексных добавок, улучшителей, питательных сред и подкислителей, а с концентрацией СВ=60...70 % – для удаленных (500 км и более).

Исследования показали, что ЗД-УК целесообразно использовать в качестве обогатителя БАВ и коричневого красителя при производстве широкого ассортимента пищевых продуктов, в том числе кваса, пива и других напитков, а также хлебобулочных, мучных кондитерских и мясных изделий.

Использование в хлебопечении особенно целесообразно при производстве ржаного и ржано-пшеничного хлеба, что, обусловлено его коричневым цветом. НИР, проведенные совместно с ГосНИИХП, показали, что при использовании ЗД-УК улучшаются окраска корочки и внешний вид хлеба, интенсифицируется процесс тестоприготовления, повышается пищевая ценность и сокращается дозировка традиционной закваски и (или) дрожжей.

Использование ЗД-УК при производстве ржаного хлеба из-за значительного содержания органических кислот (рН = 3,5...3,8) также целесообразно двумя способами:

- путём введения этой добавки в нативном виде в количестве до 5...7 % к массе муки (по заключению ГосНИИХП он может использоваться в качестве хлебопекарного улучшителя при переработке муки с пониженной автолитической активностью);

- созданием на его основе комплексных подкисляющих добавок (в ЛМТ были созданы три рецептуры, в которых содержание ЗД-УК составляет 50 % [9]).

Добавки с положительным эффектом испытаны в производственных условиях хлебозавода «Золоторожский хлеб» путём введения в количестве 8 % к массе муки.

В целом, испытания показали, что подкисляющие добавки ЗД-УК рекомендуются в хлебопечении вместо традиционной «живой» закваски, а также комплексных подкисляющих химических добавок: «Цитросал», «Полимол», «Люкс», «Лецитокс», «Эффект» и др.).

По результатам исследований на добавку ЗД-УК разработаны ТУ 9182-276-00008064-00, получено Гигиеническое заключение Министерства здравоохранения РФ № 77.99.9.916.П.13943.8.00.

Анализ состава позволил установить, что добавки ЗД-УК могут использоваться в пищевой биотехнологии в составе субстратов (в том числе, взамен кукурузного экстракта) при микробиосинтезе ферментов, аминокислот, пищевых органических кислот (молочной,

пропионовой, лимонной и др.), ветпрепаратов, дрожжей (пекарских и пивных), заквасок, азотфиксирующих бактерий, антибиотиков, бифидобактерий, витаминов, мицелиальных грибов (вешенки, шампиньоны) и других биопрепаратов, а также при производстве пива и кваса взамен части сушла.

Проведенные испытания ЗД-УК в составе питательных сред при производстве пекарских дрожжей на Московском дрожзаводе «Дербеневка» показали, что их выход увеличивается на 7 %, подъемная сила – на 10 %, а осмочувствительность сокращается в 2 раза.

Исследования показали, что наибольшая эффективность достигается при использовании ЗД-УК для биосинтеза дорогостоящего (цена \$ 500 тыс. за т) бактериоцина низина, который является стимулятором роста животных и единственным из антибиотиков, допущенным в пищевую промышленность.

Выводы. Технология переработки зерновой барды является низкоэнергоемкой, основана на применении отечественных импортозамещающих мембран и мембранных элементов и рассчитана на производство как пищевых, так и кормовых добавок. Она была награждена Золотой медалью Международного жюри под председательством академика РАН Лауреата Нобелевской премии Ж.И. Алферова на «Первом международном московском салоне инноваций и инвестиций».

Сотрудники ЛМТ готовы адаптировать схему (рис.) к конкретным условиям каждого спиртзавода, осуществить авторский надзор за проектно-конструкторскими работами, монтажом и вводом ее в эксплуатацию.

Литература

1. Кудряшов, В.Л. Роль и эффективность мембранных процессов при модернизации пищевой промышленности / В.Л. Кудряшов // Пищевая промышленность. – 2012. – № 10. – С.14-16.
2. Свитцов, А.А. Введение в мембранные технологии /А.А. Свитцов. - М.: Де-Липринт. 2007. – 280 с.
3. Кудряшов, В.Л. Экономичный трехпродуктовый способ переработки барды в кормовые и пищевые добавки / В.Л. Кудряшов, Н.С. Погоржельская, Н.В. Маликова // Ликероводочное пр-во и виноделие. –2011. – № 10. – С.16-19.
4. Кудряшов, В.Л. Эффективность и перспектива использования мембранных процессов для импортозамещения линий переработки барды / В.Л. Кудряшов // Спиртовое и ликероводочное пр-во. – 2015. – № 2 . – С. 4 - 9.
5. Гут, Б.М. Откорм КРС на барде / Б.М. Гут, В.Г. Мельников. – Л.: Колос, 1984. – 128 с.
6. Кудряшов, В.Л. Экономичные методы переработки и использования зерновой барды для жидкого кормления / В.Л. Кудряшов, Е.С. Павлова, А.С. Кислов // Ликероводочное пр-во и виноделие.– 2010. – № 05 - 06. – С.19-23.
7. Кудряшов, В.Л. Экономичный двухпродуктовый способ переработки и использования барды для жидкого кормления/ В.Л. Кудряшов, Е.С.Павлова // Ликероводочное пр-во и виноделие. –2011.– №1.– С.13
8. Кудряшов, В.Л. Производство сухих зернодрожжевых добавок из барды и их использование в пищевой промышленности / В.Л. Кудряшов, Н.С. Погоржельская // Ликероводочное пр-во и виноделие. – 2012. – № 9-10. – С.26-29.
9. Кудряшов, В.Л. Производство и использование жидкого ультраконцентрата из барды / В.Л. Кудряшов, Н.С. Погоржельская // Ликероводочное пр-во и виноделие. – 2012. – № 11-12 (155). – С.18-20.