

Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 112-126.
Animal Husbandry and Fodder Production. 2023. Vol. 106, no 2. P. 112-126.

Обзорная статья
УДК 636.087:664.38
doi:10.33284/2658-3135-106-2-112

Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе

Альфия Аликовна Прокофьева¹, Артём Владимирович Быков², Ольга Вилориевна Кван³

^{1,2}Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

³Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, Оренбург, Россия

¹abubyazova93@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2364-3064>

²artem19782@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1967-5713>

³kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Аннотация. В статье представлен обзор информации по переработке твёрдых вторичных материальных ресурсов (материалы и изделия, которые после первоначального использования могут применяться повторно в производстве как исходное сырьё или изделие; являются источником дополнительных материально-технических ресурсов), а именно белковых отходов, которые составляют 30 % от всех твёрдых бытовых отходов и отрицательно влияют на окружающую среду. Утилизация белковых отходов является одной из глобальных проблем в мире. Рассмотрены несколько способов переработки вторичных материальных ресурсов, их применения на производстве. Упор сделан на переработку белковых отходов непосредственно для кормления в животноводстве. Наиболее часто встречаются методы переработки белковых отходов в кормовую муку, но выявлено, что такой способ губителен для животных, т. к. их желудок не способен переработать большое количество белка. Выявлен более выгодный и полезный способ вторичной переработки, применимый для кормления в животноводстве, получение гидролизатов методом ферментативного гидролиза. В кормлении животных метод ферментативного гидролиза оказывает только положительное влияние на желудочно-кишечный тракт, воздействуя на микробную ферментацию, что улучшает усвоение питательных компонентов и в итоге – здоровье животного. Несмотря на свои положительные качества, такой метод не достаточно изучен и требует дальнейших исследований.

Ключевые слова: сельскохозяйственные животные, кормление, белковые отходы, ферментативный гидролиз, утилизация белковых отходов

Для цитирования: Прокофьева А.А., Быков А.В., Кван О.В. Белковые отходы как альтернативные источники белка в рационе (обзор) // Животноводство и кормопроизводство. 2023. Т. 106, № 2. С. 112-126. <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-112>

Review article

Protein waste as alternative sources of protein in the diet

Alfiya A Prokofieva¹, Artem V Bykov², Olga V Kvan³

^{1,2}Orenburg State University, Orenburg, Russia

³Federal Research Centre of Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, Orenburg, Russia

¹abubyazova93@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0008-2364-3064>

²artem19782@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1967-5713>

³kwan111@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-0561-7002>

Abstract. The article presents an overview of information on the processing of solid secondary material resources (materials and products that, after original use, can be reused in production as a raw material or product; they are a source of additional material and technical resources), namely protein

waste, which amount to 30 % of all municipal solid waste and adversely affect the environment. Utilization of protein waste is one of the global problems in the world. Several ways of processing secondary material resources, their application in production are considered. Emphasis is placed on the processing of protein waste directly for feeding in animal husbandry. The most common methods of processing protein waste into feed flour, but it has been found that this method is detrimental to animals, because their stomach is not able to process a large amount of protein. A more profitable and useful method of recycling, applicable for feeding in animal husbandry, has been revealed to obtain hydrolysates by the method of enzymatic hydrolysis. In animal feeding, the method of enzymatic hydrolysis has only a positive effect on the gastrointestinal tract, affecting microbial fermentation, which improves the absorption of nutrients and ultimately the health of the animal. Despite its positive qualities, this method has not been sufficiently studied and requires further research.

Keywords: farm animals, feeding, protein waste, enzymatic hydrolysis, protein waste utilization

For citation: Prokofieva AA, Bykov AV, Kvan OV. Protein waste as alternative sources of protein in the diet (review). *Animal Husbandry and Fodder Production*. 2023;106(2):112-126. (In Russ.). <https://doi.org/10.33284/2658-3135-106-2-112>

Введение.

Отходы пищевой промышленности – это конечные продукты различных её отраслей, которые не были переработаны или использованы для других целей. Они не имеют продуктивную ценность (Sellami M et al., 2015) и чаще всего просто выбрасываются, т. к. их восстановление и повторное использование не рентабельно. Отходы образуют питательную среду, в которой активно развиваются микроорганизмы (Ashok KS et al., 2019). Отсюда возникает глобальная проблема человечества – загрязнение окружающей среды. Значительную часть занимают твёрдые пищевые отходы, а именно белоксодержащие. Важно отметить, что белковые отходы быстро портятся, не просто загрязняя окружающую среду и создавая в ней неблагоприятные микробиологические условия, но и являясь источником потерь потенциально ценного белка (Егорова И.Ю. и др., 2017; Bahar KI et al., 2003). Отсюда возникает вопрос, как правильно утилизировать такие отходы и не просто избавиться от них, а найти полезное применение (Тупольских Т.И. и др., 2019). К тому же без извлечения ресурсов из отходов можно потерять продукты, находящиеся в дефиците, восстановление продуктов переработки также может помочь сэкономить энергию на производство, в отличие от изготовления новых (Henning F, 2013).

Наряду с проблемой утилизации отходов остро стоит вопрос о необходимости расширения кормовой базы, что требует новые кормовые культуры и добавки. При всём этом составляющие рациона должны сохранять продуктивность и качество продукции на выходе.

Одним из важных условий кормления животных является уровень протеинового питания. Важно не только само количество протеина в питании, но и биодоступность азотистых соединений и аминокислот (Уланова Р.В. и др., 2019). Чаще всего в целях экономии средств многие хозяйства для улучшения питательности корма строят мини комбикормовые заводы, используя для приготовления комбикорма помимо традиционного сырья ещё и компоненты собственного производства. Конечно, такая замена экономически выгодна, но, как правило, уступает по кормовой ценности дорогостоящим препаратам, что влечёт за собой ущерб для метаболизма и продуктивности животного. Как известно, ферментативная система животных не может переварить большое количество белка и клетчатки, к тому же на пищеварение влияют стрессовые ситуации, что требует использование сторонних ферментов (Максимова Е.М., 2006; Смирнова Ю.М. и др., 2020).

Виды отходов белкового производства.

В мясной отрасли получают следующие вторичные ресурсы: кровь, кость, субпродукты II категории, жир-сырец, рогакопытное сырьё, шкурсырьё. Обычно при переработке образуется от 56 до 82 % вторичного сырья. Процесс преобразования необработанной шкуры, кожи производит огромное количество как твёрдых, так и жидких отходов (Deng S and Bai R, 2004). Эти побочные про-

дукты жизнедеятельности содержат переменное количество белка (Nishtar NF et al., 2005). В основном такие отходы целесообразно использовать для кормления сельскохозяйственных животных и птицы. Кровяная, костная, мясокостная мука имеют в своём составе большое количество протеина (30-80 %). Известно, что в 1 г протеина мясокостной муки содержится лизина до 60 г, цистина – до 25 г. Белковые корма животного происхождения включают в себя полноценный белок, витамины и минеральные вещества, что делает их весьма ценными (Жданова И.Н. и Суханова Е.В., 2021).

Молочная сыворотка считается высококачественным побочным продуктом, важным источником ценных белков, компонентом в питании человека и животных из-за содержания в ней ферментов, гормонов, витаминов, минералов и антиоксидантных соединений, имеет низкое содержание лактозы, очень мало или совсем не содержит липидов (Папуниди Э.К. и др., 2020). Жвачные животные могут потреблять до 30 % сухого вещества в виде молочной сыворотки без снижения продуктивности, в то время как у свиней с большой вероятностью возникнет диарея, когда более 20 % из сухого вещества приходится на неё (Ashoori M et al., 2014). Дополнительное включение безлактозной сыворотки в рацион животным способствует увеличению привеса, лучшей усвояемости белка и жира, а также минеральных веществ (Каримбердиева Г.К. и др., 2018). Добавление сыворотки в травяной и бобовый силос улучшает качество и усвояемость корма, а концентрация аммиачного азота в комбикорме снижается при добавлении сыворотки в кукурузный силос, обработанный мочевиной (Брагинец С.В. и др., 2021)

Большой источник антиоксидантной и витаминной активности – отходы пищевых производств растительного происхождения, помимо этого они являются ценным энергетическим, высокобелковым сырьём для комбикормовой промышленности, нутрициологии, фармацевтики (Dimou Ch et al., 2017). К особо ценному вторичному сырью относятся зерновые отходы, свёкловичный жом и меласса, спиртовая барда, пивная дробина, продукты переработки семян подсолнечника, сои, рапса, кукурузная и картофельная мезга, плодово-ягодные выжимки (Курасов В.С. и Припоров И.Е., 2019).

Традиционные способы переработки белковых отходов.

Традиционным способом вторичной переработки белковых отходов является производство кормовой муки (Мезенова О.Я., 2018). Как правило, при кормопроизводстве используют отходы мукомольного и крупяного производств, а также до 60 % лузги. Отходы мукомольной и крупяной промышленности являются продуктами с огромной пищевой ценностью. Существует мнение, что белковый комплекс зерновых отходов содержит большее количество незаменимых аминокислот, чем белок целого зерна. Он богат витаминами Е, РР, группы В, полиненасыщенными жирными кислотами, железом, марганцем, калием, фосфором. Как правило, зерновые отходы, а именно некондиционное и мелкое зерно, кормовая дроблёнка поступают в рацион животных в естественном, не переработанном виде. Такое зерно плохо усваивается, из-за чего возникают его большие потери (Чернуха И.М. и др., 2020). Чтобы улучшить поедаемость и переваримость комбикормов из зерна и зерновых отходов различных культур, в том числе повысить их вкусовые качества, применяются соответствующие технологии предварительной обработки. Для переработки зернового сырья основным направлением считают комплексную глубокую переработку, приводящую к получению различных высокотехнологичных продуктов и даже кормовых (Алтынбаева Г.К. и Баймуханова Д.Б., 2021).

Также в качестве использования вторичных материальных ресурсов для кормления животных можно рассмотреть продукты переработки ржи. Биохимический состав ржи отличается большим количеством крахмала и пентозанов. Особенность этих веществ в том, что они повышают вязкость содержимого пищеварительного тракта животных. Такой факт говорит о том, что рожь нельзя использовать как самостоятельный корм, но это не мешает применять её в качестве добавки. Если сравнивать рожь с другими злаковыми, то её аминокислотный состав более сбалансирован, в ней содержится большое количество лизина и триптофана. В связи с этим вторичное сырьё ржи очень многообещающее для получения аминокислот, а именно L-лизина – незаменимой ами-

ноокислоты, в чистом виде являющейся высокоэффективной кормовой добавкой (Паркалов И.В. и Навныко М.В., 2019).

В литературных источниках встречаются упоминания о применениях отходов белкового происхождения в производстве кормовой муки для кормления животных. Например, существует технология производства белкового корма для птиц из молочной сыворотки и отходов яиц. Данная технология включает в себя несколько этапов: сбор, обработка, сгущение молочной сыворотки, смешивание с отходами яиц, измельчение скорлупы, высушивание смеси на распылительных сушильных установках. Физико-химические показатели такого кормового продукта, указывают на его высокую питательную и биологическую ценность: в 100 г концентрата содержится сырого протеина 25,3 г, сырого жира – 14,8 г, углеводов в форме лактозы – 44,5 г, кальция – 4,71 г, фосфора – 1,47 г, натрия – 0,345 г, а также незаменимые аминокислоты: лизин, метионин, цистин, триптофан, аргинин, гистидин, лейцин и изолейцин, фенилаланин, тирозин, треонин, валин, глицин (Азимова Л.Б. и др., 2019). В состав белкового концентрата входят основные витамины: А, В1, В2, РР и микроэлементы: Mg, Fe, Mn, S. Растворимость белкового концентрата составляет 93-95 % (Салеева И. и др., 2019).

Помимо прочего как эффективный источник питания рассматривают гнилые яблоки и отходы пивного бродильного бульона (Jung НН, 2008). Такие продукты дают возможность создать новую линейку питания, опираясь на традиционные методы переработки сырья.

В Волгоградском государственном аграрном университете для кормления птиц использовали белоксодержащий горчичный концентрат «Горлинка» полученный с помощью гидробаротермической обработки жмыха из семян горчицы. Исследования продуктивных качеств цыплят-бройлеров и кур-несушек проводились в течение двух лет. Выявили, что белоксодержащий концентрат «Горлинка» по своей питательной ценности превосходит подсолнечный шрот и подсолнечный жмых. Основным показателем являлась живая масса птицы, которая в опытной группе была на 149 грамм выше контроля, не получавшего концентрат. Для изучения влияния кормового продукта на развитие птиц проводили гематологические исследования, по результатам которых у опытной группы цыплят-бройлеров выявлен большой валовой выход мяса, разница с контролем составила 10,0 %. Таким образом, исследуемый концентрат, состоящий из белковых отходов, способствовал повышению экономической эффективности в конце эксперимента. В результате таких же исследований у кур-несушек наблюдалось повышение яйценоскости на 4,25 %. Помимо этого увеличилась средняя масса кур-несушек опытной группы, затраты корма на 1 кг живой массы снизились на 8,33 % (Николаев С.И. и др., 2018).

Часто встречается упоминание о получении протеинов, применяя в качестве вторичного сырья отходы от разделки рыб. При традиционной переработке рыбы остаётся большое количество отходов, таких как головы, кожа, внутренности, чешуя, кости. Они весьма богаты натуральным белком. Такие отходы идут на кормовые цели или в утилизацию (Николаенко В.П. и др., 2021). Огромное количество отходов от переработки рыбы образуется в Калининградской области, более 10 000 тонн/год. Обычно данное сырьё либо утилизируется, либо используется для корма животных без переработки. Наибольшее количество отходов вырабатывается при производстве консервов. Их количество достигает 50 % массы сырья. Часть таких отходов уходит на корм пушным зверям, а часть направляется на частные предприятия по производству кормовой муки, но, несмотря на это, область страдает от нехватки кормового протеина в виду быстрого развития птицеводства, свиноводства и аквакультуры, которые требуют качественного белкового корма, поставляемого по импорту (Максимова С.Н. и др., 2019).

Основной проблемой в животноводстве является гибель молодняка из-за заболеваний желудочно-кишечного тракта. Из-за некачественного питания возрастает количество условно-патогенной микрофлоры с одновременным уменьшением численности лактобацилл и бифидобактерий (Сложенкина М.И. и др., 2022). Важно не просто лечение заболевания желудочно-кишечного тракта, но и профилактика в результате заселения микрофлоры полезными бактериями (Абубязова А.А. и др., 2021). Помимо вредного влияния белка в большом количестве на здоровье желудочно-

кишечного тракта животного, выявлено, что при не правильном применении белка в кормлении прирост живой массы тела наблюдается не существенный (Babitha S, 2009). В Нигерии провели исследование: две группы крыс кормили обычным рационом, но для первой группы в порошок перерабатывали костную муку, а для второй группы в качестве добавки были обычные семена *Thaumatococcus daniellii*, перетёртые в порошок. В результате не было замечено существенной разницы в массах тел, при этом животные первой группы, потребляющие большое количество не переработанного белка, чаще болели (Elemo BO et al., 2011). Для увеличения биологической и кормовой ценности сыворотку обогащают факторами роста бактерий, кормовыми препаратами белка. Белки полученной консистенции отчасти гидролизуют протеолитическим ферментным препаратом с целью повышения их усвояемости и стимуляции развития бифидобактерий (Николаев С.И. и др., 2018). Сыворотку обогащают белком пропорционально энергопротеиновому отношению к энергопротеиновому отношению в молоке. Наличие в смеси живых клеток бифидобактерий и ацидофильной палочки наделяет продукт лечебно-профилактическими свойствами. Такой продукт полезен при заболеваниях желудочно-кишечного тракта (Смольникова Я.В. и др., 2022).

Научные разработки по усовершенствованию технологий приготовления белкового корма проводятся на кафедре тракторов, автомобилей и технической механики у Кубанского ГАУ (Алимов А.В. и Цибизова М.Е., 2016).

Существует метод изготовления протеиновых продуктов базирующийся на получении соевой белковой основы. Происходит изготовление такого продукта путём замачивания, проращивания и измельчения пророщенных семян сои, отделение нерастворимой соевой фракции от соевой белковой основы, получение белкового сгустка и сыворотки посредством коагуляции белка в соевой белковой основе раствором томатной пасты (Попов В.П. и др., 2017). Данный метод имеет свои изъяны. Существует методика изготовления комбикорма для овец при помощи экструдирования подсолнечника после его вторичной отчистки с добавлением соли и другими добавками. Однако из-за значительного количества химических компонентов, добавляемых в корм такого рода, вкусовые качества комбикорма изменяются и, как следствие, снижается калорийность (Мезенова О.Я., 2018). Помимо этого использование корма с химическими компонентами для телят только усугубляет работу желудочно-кишечного тракта животного. Известна технология производства полнорационных экструдированных комбикормов на основе экструдирования и дражирования смеси из белково-витаминных добавок и мела, смешивания жировой смеси, транспортирования растительного масла, распыления растительного масла, разделения продукта на части. Процесс изготовления такого продукта трудоёмок и очень дорогой, что является недостатком. Также можно изготовить белковый корм из семян масличных культур. Жмых подсолнечника при постоянном перемешивании нагревают до температуры +130 °С в течение одного часа. Далее продукт охлаждают и обрабатывают муравьиной кислотой в дозе 1 % от его веса. Но и у такой методики есть минус, а именно в использовании муравьиной кислоты, которая отпугивает крупный рогатый скот (Припоров И.Е. и др., 2017).

Метод ферментативного гидролиза.

Несмотря на существующие способы утилизации белоксодержащих отходов, широко исследуется и применяется метод ферментативного гидролиза, происходящий под действием щелочей или ферментов, полностью повторяющий процесс расщепления белка в живом организме (Макарова Е.Л. и Петракова И.В., 2016; Chiu CH et al., 2011). Растительные белки подвергались ферментативному гидролизу в лабораторных или промышленных масштабах. Такие гидролизаты можно изготовить из бобов, сои, пшеницы. Их особые функциональные свойства: растворимость, эмульгирование и пенообразование зависят от степени гидролиза, поэтому гидролизованный белок рекомендуется в качестве пищевых добавок или для обогащения различных продуктов белками. Установлено, что ход гидролиза при ферментативной модификации белка кукурузы с алкалазой существенно не отличается от других белков (казеин, изолят соевого белка, пшеничный глютен). Кроме того, он отмечает, что гидролиз кукурузного глютена при соответствующих условиях и низкой степени гидролиза приводит к значительному увеличению количества воды.

Сравнивая глютен словацкой кукурузы с другими растительными белками, можно было определить только ограниченную деградацию белка во время ферментативного гидролиза. К примеру, кормовую добавку белкового происхождения можно сделать из пера птицы при помощи метода ферментативного гидролиза. Такой метод позволяет сохранить ценные аминокислоты в продукте и существенно уменьшить расход энергии при его производстве. Усвояемость такого белкового концентрата достигает 85 % (Fatoumata T et al., 2014).

Данная технология даёт возможность получить качественный белковый концентрат из пера птицы, при этом обеспечивает сохранность пищевой ценности. Белок, который не усваивается, кератиновый белок пера, при методе ферментативного гидролиза преобразуется в поливидовую аминокислоту с содержанием 86,56 % усваиваемого сырого протеина (Фисинин В.И. и др., 2018; Фисинин В.И. и др., 2021). Исследования в виварии СГЦ «Загорское ЭПХ» – филиала ФНЦ «ВНИТИП» РАН показали, что если в состав комбикормов внести ферментированный гидролизат пера и смесь ферментированного гидролизата пера и гидролизата коллагена с добавлением пробиотического препарата и пшеничных отрубей, наблюдается увеличение продуктивности бройлеров. Отсюда следует, что в кормлении для цыплят-бройлеров рыбную муку можно заменить кормовыми добавками, которые легко усваиваются, но при этом изготавливаются из вторичных ресурсов: пера, пуха и мясокостного остатка. Такой метод позволяет заменить в рационе птиц рыбную муку на перьевую, что снижает затраты на закупку (Масютин А.Я. и др., 2022).

Метод ферментативного гидролиза выделяется своей способностью расходовать до 90 % отходов, с максимально возможным выделением полезных питательных веществ. Привлекательным сырьём для производства является картофель, в том числе и картофельные очистки. Гидролиз картофельной мезги проходит с применением комплекса амилолитических, целлюлозолитических и пектинолитических ферментов (Muhidinov ZK et al., 2010).

В специальных условиях под давлением проводят комбинированное воздействие ферментами на сырьё при высоких температурах. В таких условиях размягчённые под действием эндо- и экзопептидаз протеины сырья образуют водные растворы аминокислот и пептидов путём расщепления на пептиды с низкой молекулярной массой. Полученная эмульсия быстро разделяется на три фракции при помощи центрифугирования. Полученные при данном методе жиры используются для изготовления маргарина, мыла, биотоплива, косметических и фармацевтических изделий. Минеральный осадок отлично используется в виде удобрения, кормовой фосфатной добавки, в полимерной химии. При жёстких режимах гидротермолиза молекулярная масса большей части получаемых молекул пептидных осколков протеинов может быть меньше (ниже 10 кДа), это указывает на значительную усвояемость, а также биоактивность, возможность использования в специальном функциональном кормлении, в составе биологически действующих композиций. Срок хранения пептидных порошков в форме сухих лиофилизированных гидролизатов, без влияния на них химических компонентов, более двух лет (Мануйлов А.Н. и др., 2022).

Мелкая рыба не соответствует критериям качества и её нельзя использовать в промышленных процессах, поэтому обычно либо выбрасывается из рыбного промысла или продаётся как малоценный продукт (Hsu K, 2010). Эта рыба содержит ценные белки и незаменимые аминокислоты. Следовательно, гидролиз рыбного белка – одна из стратегий получения экономической выгоды при рассмотрении отходов рыбопереработки в ценную продукцию с улучшением качества и количества (Kristinsson HG and Rasco BA, 2000). Гидролизат рыбного белка – продукт реакции гидролиза на пептидные связи в белках, приводящей к более коротким пептидам или аминокислотам, которые легко усваиваются животными (Wisuthiphaet N et al., 2015).

В Красноярском университете обеспокоились тем фактом, что в молокоперерабатывающей отрасли 50 % молочной сыворотки сливается в канализацию, тем самым провоцируя устойчивое органическое загрязнение территории путём разложения большого количества животного белка (Muhidinov ZK et al., 2010). Проблемой является то, что отходы молочного производства имеют высокие показатели биологического и химического потребления кислорода сточных вод, что су-

щественно ухудшает работу локальных и городских очистных сооружений. Переработка сыворотки может снизить экологическую нагрузку на окружающую среду (Уаро ВМ, 2011).

На основании методики ферментативного гидролиза изобретена экологически чистая технология выработки биологически активных веществ из непищевого белкового сырья животного происхождения. Для данной технологии взяли микроорганизмы, отличающиеся мощной ферментативной системой, выполняющие два биохимических процесса – расщепление и синтез. К тому же микробиологический синтез отличается малым количеством отходов и является экологически безопасным (Зяйнитдинов Д.Р. и др., 2020). Как следствие, даётся возможность использовать различные отходы как субстрат и получить в итоге ценные продукты метаболизма: аминокислоты, пептиды, полисахариды, витамины, макро- и микроэлементы с высокой биологической ценностью, которые находят всё более широкое применение в медицине, ветеринарии и животноводстве (Гиро Т.М. и др., 2019).

Заключение.

В результате анализа литературных источников можно сделать вывод, что отходы белкового происхождения можно и нужно использовать для кормления животных. Но стоит учитывать развитие их кишечного тракта и возможность переварить большое количество белка. Несмотря на свою пользу, белок в большом количестве отрицательно влияет на желудочно-кишечный тракт животного, поэтому стоит внимательно рассмотреть методы переработки отходов. Очень хорошо себя зарекомендовал метод получения белкового гидролизата путём ферментативного гидролиза, имеющий хорошие результаты в различных областях применения, в том числе и в кормлении.

Список источников

1. Абуязова А.А., Попов В.П., Волошин Е.В. Производство экструдированных кормов с внесением биологически активных добавок // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2021. № 6(92). С. 308-311. [Abuzyazova AA, Popov VP, Voloshin EV. Extruded feed production with the introduction of biologically active additives. Izvestia Orenburg State Agrarian University. 2021;6(92):308-311. (In Russ.)].
2. Алимов А.В., Цибизова М.Е. Обоснование возможности использования комплексного ферментного препарата для получения пищевых волокон из вторичных ресурсов переработки овощного сырья // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2016. Т. 19. № 3. С. 563-568. [Alimov AV, Tsibizova ME. Rationale for using integrated enzymatic preparation for receiving food fibers from secondary resources of vegetable material processing. Vestnik of Murmansk State Technical University. 2016;19(3):563-568. (In Russ.)]. doi: 10.21443/1560-9278-2016-3-563-568
3. Алтынбаева Г.К., Баймуханова Д.Б. Использование некондиционного зерна в технологии комбикорма повышенной питательной ценности // Вестник Алматинского технологического университета. 2021. № 3. С. 10-18. [Altynbayeva GK, Baimukhanova JB. The use of substandard grain in the technology of compound feed of increased nutritional value. The Journal of Almaty Technological University. 2021;3:10-18. (In Russ.)]. doi: 10.48184/2304-568x-2021-3-10-18
4. Аминокислотный состав белковых концентратов из вторичных продуктов пищевых производств и альтернативного сырья / Р.В. Уланова, В.В. Колпакова, Д.С. Куликов, Е.Г. Евлагина // Хранение и переработка сельхозсырья. 2020. № 4. С. 89-103. [Ulanova RV, Kolpakova VV, Kulikov DS, Evlagina EG. Amino acid composition of protein concentrates from secondary products of food production and alternative raw materials. Storage and Processing of Farm Products. 2020;4:89-103. (In Russ.)]. doi: 10.36107/spfp.2020.330
5. Биомодификация коллагенсодержащих субпродуктов методом ферментативного гидролиза / Т.М. Гиро, С.С. Зубов, А.С. Яшин, А.В. Гиро, В.А. Преображенский // Техника и технология пищевых производств. 2019. Т. 49. № 2. С. 262-269. [Giro TM, Zubov SS, Yashin AV,

Giro AV, Preobrazhenskii VA. Biomodification of collagen-containing by-products by enzymatic hydrolysis. Food Processing: Techniques and Technology. 2019;49(2):262-269. (*In Russ.*). doi: 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269

6. Биотехнология переработки органических отходов с получением белковых продуктов / Т.И. Тупольских, Д.А. Яковлев, Д.В. Рудой, В.А. Сердюк // Современная наука и инновации. 2019. № 1(25). С. 148-153. [Tupolskikh TI, Yakovlev DA, Rudoy DV, Serdyuk VA. Biotechnology of organic wastes recycling with protein production. Modern Science and Innovations. 2019;1(25):148-153. (*In Russ.*)]. doi: 10.33236/2307-910x-2019-25-1-147-152

7. Брагинец С.В., Бахчевников О.Н., Хлыстунов В.Ф. Экструдирование кормов для аквакультуры (обзор) // Таврический вестник аграрной науки. 2021. № 1(25). С. 38-49. [Braginets SV, Bakhchevnikov ON, Khlystunov VF. Aquafeed extrusion (review). Taurida Herald of the Agrarian Sciences. 2021;1(25):38-49. (*In Russ.*)]. doi: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-38-49

8. Влияние лактулозы в составе новых кормовых добавок на характеристики мясной продуктивности и обменные процессы бройлеров / М.И. Сложенкина, И.Ф. Горлов, З.Б. Комарова, А.А. Мосолов, Н.А. Карабалина, С.С. Курмашева // Аграрная Россия. 2022. № 4. С. 32-36. [Slozhenkina MI, Gorlov IF, Komarova ZB, Mosolov AA, Karabalina NA, Kurmasheva SS. Influence of lactulose in the composition of new feed additives on characteristics of meat productivity and metabolic processes of broilers. Agrarian Russia. 2022;4:32-36. (*In Russ.*)]. doi: 10.30906/1999-5636-2022-4-32-36

9. Выделение и изучение физико-химических свойств галактоманнанов из растительного сырья / Л.Б. Азимова, Н.С. Нормакхматов, С.Б. Хайтметова, Б.И. Мухитдинов, Д.М. Амонова, А.В. Филатова, Г.А. Халилова, Х.Х. Киргизбаев, А.С. Тураев // Химия растительного сырья. 2019. № 2. С. 35-41. [Azimova LB, Normakhamatov NS, Khaytmetova SB, Muhitdinov BI, Amonova DM, Filatova AV, Khalilova GA, Kirgizbaev NH, Turaev AS. Isolation and study of physical-chemical properties of galactomannans from plant materials. Chemistry of Plant Raw Material. 2019;2:35-41. (*In Russ.*)]. doi: 10.14258/jcprgm.2019024491

10. Дегустационная оценка мяса бройлеров, выращенных с применением БАД на растительной основе / Э.К. Папуниди, С.Ю. Смоленцев, А.Н. Гайнетдинова, Л.В. Абдуллина // Вестник Марийского государственного университета. Серия: Сельскохозяйственные науки. Экономические науки. 2020. № 4(24). С. 411-418. [Papunidi EK, Smolentsev SYu, Gainetdinova AN, Abdullina LV. Tasting evaluation of broiler meat grown using plant-based dietary supplements. Vestnik of the Mari State University. 2020;4(24):411-418. (*In Russ.*)]. doi: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-411-417

11. Жданова И.Н., Суханова Е.В. Потенциальность фитопрофилактической коррекции иммунодефицитных состояний у сельскохозяйственных животных // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. 2021. № 4. С. 31-36. [Zhdanova IN, Sukhanova EV. The potentiality of phytoprophylactic correction of immunodeficiency conditions in agricultural animals. Perm Federal Research Centre Journal. 2021;4:31-36. (*In Russ.*)]. doi: 10.7242/2658-705X/2021.4.3

12. Зяйнитдинов Д.Р., Евтеев А.В., Банникова А.В. Исследование иммобилизации полифенолов овсяных отрубей в комплексные коацерваты сывороточного белка и мальтодекстрина // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 3. С. 460-469. [Zyaytinov DR, Ewteew AV, Bannikova AV. Immobilization of oat bran polyphenols in complex coacervates of whey protein and malthodextrin. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(3):460-469. (*In Russ.*)]. doi: 10.21603/2074-9414-2020-3-460-469

13. Исследование влияния методов предобработки микрокристаллической целлюлозы и условий ее ферментативного гидролиза на выход редуцирующих веществ / Я.А. Масютин, Е.Ю. Ван, М.А. Смага, Ю.С. Басова, В.Г. Михайлов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2022. № 1(149). С. 44-55. [Masiutin IA, Van EYu, Smaga MA, Basova JS, Mikhailov VG. Study of the impact of pretreatment method of microcrystalline cellulose and its enzyme hydrolysis conditions on yield of reducing substances. Bulletin of the Kuzbass State Technical University. 2022;1(149):44-55. (*In Russ.*)]. doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-44-55

14. Курасов В.С., Припоров И.Е. Обоснование применения технологии приготовления белкового комбикорма // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. 2019. № 57. С. 223-228. [Kurasov VC, Priporov IE. Justification of application of technology of preparation of protein compound feed. Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University. 2019;57:223-228. (In Russ.)]. doi: 10.24411/2078-1318-2019-14223
15. Макарова Е.Л., Петракова И.В. Использование высокомолекулярных веществ белковой природы для создания препаратов пролонгированного действия // Научный альманах. 2016. № 9-2(23). С. 140-143. [Makarova EL, Petrakova IV. The use of high molecular weight substances of protein nature to create a long-acting drugs. Science Almanac. 2016;9-2(23):140-143. (In Russ.)]. doi: 10.17117/na.2016.09.02.140
16. Максимова Е.М. Разработка технологии утилизации белковых отходов методом ферментативного гидролиза // Вестник МГТУ. Труды Мурманского государственного технического университета. 2006. Т. 9. № 5. С. 875-879. [Maksimova EM. Razrabotka tehnologii utilizacii belkovykh othodov metodom fermentativnogo gidroliza. Vestnik of Murmansk State Technical University. 2006;9(5):875-879. (In Russ.)].
17. Мезенова О.Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник международной академии холода. 2018. № 1. С. 5-10. [Mezenova OJ. Prospects for producing and using proteins from secondary fish raw materials. Journal of International Academy of Refrigeration. 2018;1:5-10. (In Russ.)]. doi: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10
18. Микробиологические питательные среды нового формата в ветеринарно-санитарной оценке продуктов питания и сырья животного происхождения / И.Ю. Егорова, В.Е. Никитченко, Д.В. Никитченко, А.Н. Чернышева, Е.О. Рысцова // Вестник российского университета дружбы народов. Серия: Агрономия и животноводство. 2017. Т. 12. № 1. С. 76-85. [Egorova IYu, Nikitchenko VE, Nikitchenko DV, Chernysheva AN, Rystsova EO. Microbiological nutrient media the new format in the veterinary-sanitary assessment food and raw materials of animal origin. RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries. 2017;12(1):76-85. (In Russ.)]. doi: 10.22363/2312-797x-2017-12-1-76-85
19. Совершенствование процесса очистки семенного материала на воздушно-решетных зерноочистительных машинах / И.Е. Припоров, А.Б. Шепелев, А.В. Асеева // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 131. С. 29-44. [Priporov IE, Shepelev AB, Aseeva AV Improving the process of cleaning seed material on air-sieve grain cleaning machines. Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University. 2017;131:29-44. (In Russ.)]. doi: 10.21515/1990-4665-131-004
20. Образование биологически активных пептидов в мясном сырье под влиянием лизатов стартовых бактериальных культур / И.М. Чернуха, Н.Г. Машенцева, Н.Л. Вострикова, Л.И. Ковалев, М.А. Ковалева, Д.А. Афанасьев // Сельскохозяйственная биология. 2020. Т. 55. № 6. С. 1182-1203. [Chernukha IM, Mashentseva NG, Vostrikova NL, Kovalev LI, Kovaleva MA, Afanasev DA. Generation of bioactive peptides in meat raw materials exposed to lysates of bacterial starter cultures. Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]. 2020;55(6):1182-1203. (In Russ.)]. doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1182rus doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1182eng
21. Отходы – в доходы / И. Салеева, В. Фисинин, В. Лукашенко, В. Волик, Д. Исмаилова, Е. Журавчук, Е. Овсейчик // Животноводство России. 2019. № 5. С. 8-10. [Saleeva I, Fisinin V, Lukashenko V, Volik V, Ismailova D, Zhuravchuk E, Ovseychik E. Waste for income. Animal Husbandry of Russia. 2019;5:8-10. (In Russ.)]. doi: 10.25701/ZZR.2019.47.36.009
22. Паркалов И.В., Навныко М.В. Биоотходы - ценное кормовое сырьё в звероводстве // Кролиководство и звероводство. 2019. № 1. С. 27-31. [Parkalov IV, Navnyko MV. Products of processing of biological products are valuable feed raw materials in farming. Rabbit Breeding and Fur Farming. 2019;1:27-31. (In Russ.)]. doi: 10.24418/kipz.2019.1.0010
23. Показатели качества мяса цыплят-бройлеров (*Gallus gallus* L.) при использовании в рационах ферментативных гидролизатов пера и коллагена / В.И. Фисинин, В.С. Лукашенко,

И.П. Салеева, В.Г. Волик, Д.Ю. Исмаилова, Е.А. Овсейчик, Е.В. Журавчук // Сельскохозяйственная биология. 2021. Т. 56. № 2. С. 384-399. [Fisinin VI, Lukashenko VS, Saleeva IP, Volik VG, Ismailova DYu, Ovseychik EA, Zhuravchuk EV. The effects of enzymatic hydrolysates of feathers and collagen in diets for broiler chicks (*Gallus gallus* L.) on meat quality. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2021;56(2):384-399. (*In Russ.*)]. doi: 10.15389/agrobiology.2021.2.384rus doi: 10.15389/agrobiology.2021.2.384eng

24. Получение оптимальных режимов при экструдировании белково-клетчатко-крахмалосодержащего сырья / В.П. Попов, Н.Н. Мартынов, Д.В. Мартынова, А.В. Быков // Инновации и наукоемкие технологии в образовании и экономике: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., (г. Уфа, 27 апр. 2017 г.). Уфа: Башкирский государственный университет. 2017. С. 234-237. [Popov VP, Martynov NN, Martynova DV, Bykov AV. Poluchenie optimal'nyh rezhimov pri jekstrudirovaniy belkovo-kletchatko-krahmalosoderzhashhego syr'ja (Conference proceedings) Innovacii i naukoemkie tehnologii v obrazovanii i jekonomike: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Ufa, 27 apr. 2017 g.). Ufa: Bashkirskij gosudarstvennyj universitet; 2017:234-237. (*In Russ.*)].

25. Потенциал вторичных ресурсов камчатского краба как технологически ценного сырья / С.Н. Максимова, Д.В. Полещук, Е.В. Суровцева, К.К. Верещагина, А.В. Милованов // Индустрия питания. 2019. Т. 4. № 4. С. 30-36. [Maksimova SN, Poleschuk DV, Surovtseva EV, Vereshchagina KK, Milovanov AV. King crab wastes potential as the technological valuable raw materials. *Food Industry*. 2019;4(4):30-36. (*In Russ.*)]. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-4-4

26. Пребиотик лактулоза для профилактики инфекционных болезней у животных / В.П. Николаенко, А.Г. Храмцов, А.И. Еремина, Н.Я. Дыкало, С.С. Школа // Ветеринария. 2021. № 2. С. 56-60. [Nikolaenko VP, Khramtsov AG, Eremina AI, Dykalo NYa, Shkola SS. Prebiotic Lactulose for the Prevention of Infectious Diseases In Animals. *Veterinary Medicine*. 2021;2:56-60. (*In Russ.*)]. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.2.56-60

27. Применение ферментативного гидролиза для получения белковых концентратов из жмыха *Camelina Sativa* / Я.В. Смольникова, В.Л. Бопп, А.В. Коломейцев, О.В. Сутко, В.А. Ханипова, Д.В. Брошко // Техника и технология пищевых производств. 2022. Т. 52. № 1. С. 199-209. [Smol'nikova YaV, Bopp VL, Kolomeytsev AV, Stutko OV, Khanipova VA, Broshko DV. Aqueous enzymatic extraction of protein concentrates from camelina sativa oil cake. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(1):199-209. (*In Russ.*)]. doi: 10.21603/2074-9414-2022-1-199-209

28. Продуктивность цыплят-бройлеров при использовании в комбикормах легкоусвояемых кормовых компонентов / В.И. Фисинин, И.П. Салеева, В.С. Лукашенко, Е.В. Журавчук, Е.А. Овсейчик, В.Г. Волик, Д.Ю. Исмаилова // Птица и птицепродукты. 2018. № 4. С. 28-30. [Fisinin VI, Saleeva IP, Lukashenko VS, Zhuravchuk YeV, Ovseychik, Volik VG, Ismailova DYu. Broiler productivity when using digestible feed components in mixed foddors. *Poultry & Chicken Products*. 2018;4:28-30. (*In Russ.*)]. doi: 10.30975/2073-4999-2018-20-4-28-30

29. Разработка технологии производства белкового концентрата на основе молочной сыворотки и отходов производства / Г.К. Каримбердиева, Р.А. Абилдаева, Ж.Р. Елеманова, К.П. Дауренбекова, Г.С. Рысбаева // Actual scientific research: материалы XXXVII Междунар. науч.-практ. конф., (г. Москва, 27 апр. 2018 г.). Астрахань: НЦ «Олимп». 2018. С. 98-100. [Karimberdieva GK, Abildaeva RA, Elemanova ZhR, Daurenbekova KP, Rysbaeva GS. Razrabotka tehnologii proizvodstva belkovogo koncentrata na osnove molochnoj syvorotki i othodov proizvodstva (Conference proceedings) Actual scientific research: materialy XXXVII Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., (g. Moscow, 27 apr. 2018 g.). Astrahan': NC «Olimp»; 2018:98-100. (*In Russ.*)].

30. Смирнова Ю.М., Литонина А.С., Платонов А.В. Эффективность использования пробиотиков в кормлении дойных коров // Вестник КрасГАУ. 2020. № 9(162). С. 145-151. [Smirnova YuM, Litonina AS, Platonov AV. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. *Bulletin of KSAU*. 2020;9(162):145-151. (*In Russ.*)]. doi: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151

31. Технология получения гранулированной биологически активной хитин-минеральной пищевой добавки, обогащенной пептидами / А.Н. Мануйлов, Е.Э. Куприна,

Е.И. Кипрушкина, О.В. Волкова, М.М. Шамцян, А.Н. Яккола // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия: Процессы и аппараты пищевых производств. 2022. № 2(52). С. 10-19. [Manuilov AN, Kuprina EE, Kiprushkina EI, Volkova OV, Shamtsyan MM, Yakkola AN. Technology for obtaining granulated biologically active chitine-mineral food additive enriched in peptides. Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment. 2022;2(52):10-19. (In Russ.)]. doi: 10.17586/2310-1164-2022-15-2-10-19

32. Эффективность использования отходов маслоэкстракционного производства в кормлении цыплят-бройлеров и кур-несушек / С.И. Николаев, А.К. Карапетян, М.В. Струк, О.В. Корнеева // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование. 2018. № 4(52). С. 240-247. [Nikolaev SI, Karapetyan AK, Struk MV, Korneeva OV. Efficiency of waste use of oil extraction production in feeding broiler chickens and laying hens. Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education. 2018;4(52):240-247. (In Russ.)]. doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-34

33. Ashok KS, Gauri S, Gaurav Y. Food industry waste material as a growth medium for rhizobium. International Journal of Pharmacy and Biological Sciences. 2019;9(2):144-155. doi: 10.21276/ijpbs.2019.9.2.20

34. Ashoori M, Saedisomeolia A. Riboflavin (vitamin B₂) and oxidative stress: a review. British Journal of Nutrition. 2014;111(11):1985-1991. doi: 10.1017/S0007114514000178

35. Babitha S. Microbial Pigments In: Nigam P, Pandey A, editors. Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilisation. Dordrecht: Springer; 2009:147-162. doi: 10.1007/978-1-4020-9942-7_8

36. Bahar KI, Orhan I, Nilgun AO. Changes in acetoclastic methanogenic activity and microbial composition in an upflow anaerobic filter. Water Air and Soil Pollution. 2003;144(1):301-315. doi: 10.1023/A:1022917217474

37. Chiu CH, Ni KH, Guu YK, Pan TM. Production of red mold rice using a modified Nagata type koji maker. Applied Microbiology and Biotechnology. 2011;73(2):297-304. doi: 10.1007/s00253-006-0457-8

38. Deng S, Bai R. Removal of trivalent and hexavalent chromium with aminated polyacrylonitrile fibers: performance and mechanisms. Water Research. 2004;38:2424-2432. doi: 10.1016/j.watres.2004.02.024

39. Dimou Ch, Koutelidakis EA, Nasopoulou C, Karantonis CH. Current trends and emerging technologies in biopigment production processes: Industrial food and health applications. International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science. 2017;1(2):33-46.

40. Elemo BO, Adu OB, Ogunrinola OO, Efuwape TO, Olaleye KO, Kareem AA. Biological evaluation of *Thaumatococcus danielli* waste protein. Pakistan Journal of Nutrition. 2011;10(11):1084-1052. doi: 10.3923/pjn.2011.1048.1052

41. Fatoumata T, Bernard S, Moses VM, Guo-Wei L, Yong-Hui Sh. Nutritional and functional properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed protein hydrolysates. Food Science and Nutrition. 2014;26(5):409-417. doi: 10.9755/ejfa.v26i5.15508

42. Henning F. Waste – valuables – secondary resources – contaminants – waste again? Environmental Sciences Europe. 2013;25(1):9. doi: 10.1186/2190-4715-25-9

43. Hsu K. Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. Food Chemistry. 2010;122(1):42-48. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.02.013

44. Jung HH, Omer Sh, Salman Kh, Seung YL, Joon WP, Taous K, Joong KP. Production of bacterial cellulose by a static cultivation using the waste from beer culture broth. Korean Journal of Chemical Engineering. 2008;25(4):812-815. doi: 10.1007/s11814-008-0134-y

45. Kristinsson HG, Rasco BA. Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000;48(3):657-666. doi: 10.1021/jf990447v

46. Muhidinov ZK, Fishman ML, Avloev KK, Norova MT, Nasriddinov AS, Khalikov DKh. Effect of temperature on the intrinsic viscosity and conformation of different pectins. *Polymer Science Series*. 2010;52(12):1257-1263. doi: 10.1134/S0965545X10120035
47. Nishtar NF, Rathinam A, Jonnalagadda RR, Balachandran UN. Solid waste removes toxic liquid waste: adsorption of chromium(VI) by iron complexed protein waste. *Environmental Science & Technology*. 2005;39:2804-2810. doi: 10.1021/es0499389
48. Sellami M, Oszako T, Miled N, Ben Rebah F. Industrial wastewater as raw material for exopolysaccharide production by *Rhizobium leguminosarum*. *Brazilian J Microbiol*. 2015;46(2):407-413. doi: 10.1590/S1517-838246220140153
49. Wisuthiphaet N, Kongruang S, Chamcheun Ch. Production of fish protein hydrolysates by acid and enzymatic hydrolysis. *Journal of Medical and Bioengineering*. 2015;4(6):466-470. doi: 10.12720/jomb.4.6.466-470
50. Yapo BM, Pectic substances: From simple pectic polysaccharides to complex pectins – A new hypothetical model. *Carbohydrate Polymers*. 2011;86(2):373-385. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.05.065

References

1. Abubyazova AA, Popov VP, Voloshin EV. Extruded feed production with the introduction of biologically active additives. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2021;6(92):308-311.
2. Alimov AV, Tsibizova ME. Rationale for using integrated enzymatic preparation for receiving food fibers from secondary resources of vegetable material processing. *Vestnik of Murmansk State Technical University*. 2016;19(3):563-568. doi: 10.21443/1560-9278-2016-3-563-568
3. Altynbayeva GK, Baimukhanova JB. The use of substandard grain in the technology of compound feed of increased nutritional value. *The Journal of Almaty Technological University*. 2021;3:10-18. doi: 10.48184/2304-568x-2021-3-10-18
4. Ulanova RV, Kolpakova VV, Kulikov DS, Evlagina EG. Amino acid composition of protein concentrates from secondary products of food production and alternative raw materials. *Storage and Processing of Farm Products*. 2020;4:89-103. doi: 10.36107/spfp.2020.330
5. Giro TM, Zubov SS, Yashin AV, Giro AV, Preobrazhenskii VA. Biomodification of collagen-containing by-products by enzymatic hydrolysis. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2019;49(2):262-269. doi: 10.21603/2074-9414-2019-2-262-269
6. Tupolskikh TI, Yakovlev DA, Rudoy DV, Serdyuk VA. Biotechnology of organic wastes recycling with protein production. *Modern Science and Innovations*. 2019;1(25):148-153. doi: 10.33236/2307-910x-2019-25-1-147-152
7. Braginets SV, Bakhchevnikov ON, Khlystunov VF. Aquafeed extrusion (review). *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021;1(25):38-49. doi: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-38-49
8. Slozhenkina MI, Gorlov IF, Komarova ZB, Mosolov AA, Karabalina NA, Kurmasheva SS. Influence of lactulose in the composition of new feed additives on characteristics of meat productivity and metabolic processes of broilers. *Agrarian Russia*. 2022;4:32-36. doi: 10.30906/1999-5636-2022-4-32-36
9. Azimova LB, Normakhamatov NS, Khaytmetova SB, Muhitdinov BI, Amonova DM, Filatova AV, Khalilova GA, Kirgizbaev HH, Turaev AS. Isolation and study of physical-chemical properties of galactomannans from plant materials. *Chemistry of Plant Raw Material*. 2019;2:35-41. doi: 10.14258/jcpm.2019024491
10. Papunidi EK, Smolentsev SYu, Gainetdinova AN, Abdullina LV. Tasting evaluation of broiler meat grown using plant-based dietary supplements. *Vestnik of the Mari State University*. 2020;4(24):411-418. doi: 10.30914/2411-9687-2020-6-4-411-417
11. Zhdanova IN, Sukhanova EV. The potentiality of phytoprophylactic correction of immunodeficiency conditions in agricultural animals. *Perm Federal Research Centre Journal*. 2021;4:31-36. doi: 10.7242/2658-705X/2021.4.3

12. Zyaitdinov DR, Ewteew AV, Bannikova AV. Immobilization of oat bran polyphenols in complex coacervates of whey protein and malthodextrin. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2020;50(3):460-469. doi: 10.21603/2074-9414-2020-3-460-469
13. Masiutin IA, Van Elu, Smaga MA, Basova JS, Mikhailov VG. Study of the impact of pretreatment method of microcrystalline cellulose and its enzyme hydrolysis conditions on yield of reducing substances. *Bulletin of the Kuzbass State Technical University*. 2022;1(149):44-55. doi: 10.26730/1999-4125-2022-1-44-55
14. Kurasov VC, Priporov IE. Justification of application of technology of preparation of protein compound feed. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2019;57:223-228. doi: 10.24411/2078-1318-2019-14223
15. Makarova EL, Petrakova IV. The use of high molecular weight substances of protein nature to create a long-acting drugs. *Science Almanac*. 2016;9-2(23):140-143. doi: 10.17117/na.2016.09.02.140
16. Maksimova EM. Development of technology for the disposal of protein waste by the method of enzymatic hydrolysis. *Vestnik of Murmansk State Technical University*. 2066;9(5):875-879.
17. Mezenova OJ. Prospects for producing and using proteins from secondary fish raw materials. *Journal of International Academy of Refrigeration*. 2018;1:5-10. doi: 10.17586/1606-4313-2018-17-1-5-10
18. Egorova IYu, Nikitchenko VE, Nikitchenko DV, Chernysheva AN, Rystsova EO. Microbiological nutrient media the new format in the veterinary-sanitary assessment food and raw materials of animal origin. *RUDN Journal of Agronomy and Animal Industries*. 2017;12(1):76-85. doi: 10.22363/2312-797x-2017-12-1-76-85
19. Priporov IE, Shepelev AB, Aseeva AV Improving the process of cleaning seed material on air-sieve grain cleaning machines. *Polythematic Network Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2017;131:29-44. doi: 10.21515/1990-4665-131-004
20. Chernukha IM, Mashentseva NG, Vostrikova NL, Kovalev LI, Kovaleva MA, Afanasev DA. Generation of bioactive peptides in meat raw materials exposed to lysates of bacterial starter cultures. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2020;55(6):1182-1203. doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1182rus doi: 10.15389/agrobiology.2020.6.1182eng
21. Saleeva I, Fisinin V, Lukashenko V, Volik V, Ismailova D, Zhuravchuk E, Ovseychik E. Waste for income. *Animal Husbandry of Russia*. 2019;5:8-10. doi: 10.25701/ZZR.2019.47.36.009
22. Parkalov IV, Navnyko MV. Products of processing of biological products are valuable feed raw materials in farming. *Rabbit breeding and fur farming*. 2019;1:27-31. doi: 10.24418/kipz.2019.1.0010
23. Fisinin VI, Lukashenko VS, Saleeva IP, Volik VG, Ismailova DYU, Ovseychik EA, Zhuravchuk EV. The effects of enzymatic hydrolysates of feathers and collagen in diets for broiler chicks (*Gallus gallus* L.) on meat quality. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*. 2021;56(2):384-399. doi: 10.15389/agrobiology.2021.2.384rus doi: 10.15389/agrobiology.2021.2.384eng
24. Popov VP, Martynov NN, Martynova DV, Bykov AV. Obtaining optimal modes for extrusion of protein-fiber-starch-containing raw materials (Conference proceedings) *Innovations and science-intensive technologies in education and economy: Materials of VI International scientific and practical conference (Ufa, 27 April 2017)*. Ufa: Bashkir State University. 2017:234-237.
25. Maksimova SN, Poleschuk DV, Surovtseva EV, Vereshchagina KK, Milovanov AV. King crab wastes potential as the technological valuable raw materials. *Food Industry*. 2019;4(4):30-36. doi: 10.29141/2500-1922-2019-4-4-4
26. Nikolaenko VP, Khramtsov AG, Eremina AI, Dykalo NYa, Shkola SS. Prebiotic Lactulose for the prevention of infectious diseases in animals. *Veterinary Medicine*. 2021;2:56-60. doi: 10.30896/0042-4846.2021.24.2.56-60

27. Smol'nikova YaV, Bopp VL, Kolomeytshev AV, Stutko OV, Khanipova VA, Broshko DV. Aqueous enzymatic extraction of protein concentrates from camelina sativa oil cake. *Food Processing: Techniques and Technology*. 2022;52(1):199-209. doi: 10.21603/2074-9414-2022-1-199-209
28. Fisinin VI, Saleeva IP, Lukashenko VS, Zhuravchuk YeV, Ovseichik, Volik VG, Ismailova DYu. Broiler productivity when using digestible feed components in mixed fodders. *Poultry & Chicken Products*. 2018;4:28-30. doi: 10.30975/2073-4999-2018-20-4-28-30
29. Karimberdieva GK, Abildaeva RA, Elemanova ZhR, Daurenbekova KP, Rysbaeva GS. Development of technology for the production of protein concentrate based on milk serum and production waste (Conference proceedings) Actual scientific research: Materials of XXXVII International scientific and practical conference, (Moscow, 27 April 2018). Astrahan': SC «Olimp»; 2018:98-100.
30. Smirnova YuM, Litonina AS, Platonov AV. The efficiency of probiotics use in feeding dairy cows. *Bulletin of KSAU*. 2020;9(162):145-151. doi: 10.36718/1819-4036-2020-9-145-151
31. Manuilov AN, Kuprina EE, Kiprushkina EI, Volkova OV, Shamtsyan MM, Yakkola AN. Technology for obtaining granulated biologically active chitine-mineral food additive enriched in peptides. *Scientific journal NRU ITMO. Series: Processes and Food Production Equipment*. 2022;2(52):10-19. doi: 10.17586/2310-1164-2022-15-2-10-19
32. Nikolaev SI, Karapetyan AK, Struk MV, Korneeva OV. Efficiency of waste use of oil extraction production in feeding broiler chickens and laying hens. *Proceedings of Lower Volga Agro-University Complex: Science and Higher Education*. 2018;4(52):240-247. doi: 10.32786/2071-9485-2018-04-34
33. Ashok KS, Gauri S, Gaurav Y. Food industry waste material as a growth medium for rhizobium. *International Journal of Pharmacy and Biological Sciences*. 2019;9(2):144-155. doi: 10.21276/ijpbs.2019.9.2.20
34. Ashoori M, Saedisomeolia A. Riboflavin (vitamin B₂) and oxidative stress: a review. *British Journal of Nutrition*. 2014;111(11):1985-1991. doi: 10.1017/S0007114514000178
35. Babitha S. *Microbial Pigments In: Nigam P, Pandey A, editors. Biotechnology for Agro-Industrial Residues Utilization*. Dordrecht: Springer; 2009:147-162. doi: 10.1007/978-1-4020-9942-7_8
36. Bahar KI, Orhan I, Nilgun AO. Changes in acetoclastic methanogenic activity and microbial composition in an upflow anaerobic filter. *Water Air and Soil Pollution*. 2003;144(1):301-315. doi: 10.1023/A:1022917217474
37. Chiu CH, Ni KH, Guu YK, Pan TM. Production of red mold rice using a modified Nagata type koji maker. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2011;73(2):297-304. doi: 10.1007/s00253-006-0457-8
38. Deng S, Bai R. Removal of trivalent and hexavalent chromium with aminated polyacrylonitrile fibers: performance and mechanisms. *Water Research*. 2004;38:2424-2432. doi: 10.1016/j.watres.2004.02.024
39. Dimou Ch, Koutelidakis EA, Nasopoulou C, Karantonis CH. Current trends and emerging technologies in biopigment production processes: Industrial food and health applications. *International Journal of Horticulture, Agriculture and Food Science*. 2017;1(2):33-46.
40. Elemo BO, Adu OB, Ogunrinola OO, Efuwape TO, Olaleye KO, Kareem AA. Biological evaluation of *Thaumatococcus danielli* waste protein. *Pakistan Journal of Nutrition*. 2011;10(11):1084-1052. doi: 10.3923/pjn.2011.1048.1052
41. Fatoumata T, Bernard S, Moses VM, Guo-Wei L, Yong-Hui Sh. Nutritional and functional properties of Roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) seed protein hydrolysates. *Food Science and Nutrition*. 2014;26(5):409-417. doi: 10.9755/ejfa.v26i5.15508
42. Henning F. Waste – valuables – secondary resources – contaminants – waste again? *Environmental Sciences Europe*. 2013;25(1):9. doi: 10.1186/2190-4715-25-9
43. Hsu K. Purification of antioxidative peptides prepared from enzymatic hydrolysates of tuna dark muscle by-product. *Food Chemistry*. 2010;122(1):42-48. doi: 10.1016/j.foodchem.2010.02.013

44. Jung NH, Omer Sh, Salman Kh, Seung YL, Joon WP, Taous K, Joong KP. Production of bacterial cellulose by a static cultivation using the waste from beer culture broth. *Korean Journal of Chemical Engineering*. 2008;25(4):812-815. doi: 10.1007/s11814-008-0134-y
45. Kristinsson HG, Rasco BA. Biochemical and functional properties of Atlantic salmon (*Salmo salar*) muscle proteins hydrolyzed with various alkaline proteases. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000;48(3):657-666. doi: 10.1021/jf990447v
46. Muhidinov ZK, Fishman ML, Avloev KK, Norova MT, Nasriddinov AS, Khalikov DKh. Effect of temperature on the intrinsic viscosity and conformation of different pectins. *Polymer Science Series*. 2010;52(12):1257-1263. doi: 10.1134/S0965545X10120035
47. Nishtar NF, Rathinam A, Jonnalagadda RR, Balachandran UN. Solid waste removes toxic liquid waste: adsorption of chromium(VI) by iron complexed protein waste. *Environmental Science & Technology*. 2005;39:2804-2810. doi: 10.1021/es0499389
48. Sellami M, Oszako T, Miled N, Ben Rebah F. Industrial wastewater as raw material for exopolysaccharide production by *Rhizobium leguminosarum*. *Brazilian J Microbiol*. 2015;46(2):407-413. doi: 10.1590/S1517-838246220140153
49. Wisuthiphaet N, Kongruang S, Chamcheun Ch. Production of fish protein hydrolysates by acid and enzymatic hydrolysis. *Journal of Medical and Bioengineering*. 2015;4(6):466-470. doi: 10.12720/jomb.4.6.466-470
50. Yapo BM. Pectic substances: From simple pectic polysaccharides to complex pectins – A new hypothetical model. *Carbohydrate Polymers*. 2011;86(2):373-385. doi: 10.1016/j.carbpol.2011.05.065

Информация об авторах:

Альфия Аликовна Прокофьева, аспирант кафедры пищевых биотехнологий, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-953-453-91-79.

Артём Владимирович Быков, кандидат технических наук, доцент кафедры пищевых биотехнологий, Оренбургский государственный университет, 460018, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13, тел.: 8-922-869-74-09.

Ольга Вилориевна Кван, кандидат биологических наук, и.о. заведующего отделом кормления сельскохозяйственных животных и технологии кормов им. С.Г. Леушина, Федеральный научный центр биологических систем и агротехнологий Российской академии наук, 9 Января, 29, тел.: 89225485657.

Information about the authors:

Alfiya A Prokofieva, postgraduate student of the Department of Food Biotechnology, Orenburg State University, 460018, Orenburg, Pobedy Ave., 13, tel.: 8-953-453-91-79.

Artem V Bykov, Cand. Sci. (Technical), Associate Professor of the Department of Food Biotechnology, Orenburg State University, 460018, Orenburg, Pobedy Ave., 13, tel.: 8-922-869-74-09.

Olga V Kvan, Cand. Sci. (Biology), Acting Head of the Department of Feeding farm Animals and Feed Technology named after S.G. Leushin, Federal Research Centre for Biological Systems and Agrotechnologies of the Russian Academy of Sciences, 29, 9 Yanvary St., 460000, Orenburg, tel.: 89225485657.

Статья поступила в редакцию 08.02.2023; одобрена после рецензирования 28.03.2023; принята к публикации 13.06.2023.

The article was submitted 08.02.2023; approved after reviewing 28.03.2023; accepted for publication 13.06.2023.