

А.Ю. Полетаев, М.Г. Курбанова

ОСОБЕННОСТИ ПЕРЕРАБОТКИ БЕЛКОВОГО СЫРЬЯ В ПОЛНОЦЕННЫЕ КОРМА ДЛЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ

Проанализирована экологическая обстановка на птицеперерабатывающих предприятиях России. Проведен сравнительный анализ типичных штаммов микроорганизмов, обладающих кератинолитической активностью. Описано положительное действие штамма, обладающего наивысшей кератинолитической активностью, и возможность применения его в птицеперерабатывающей промышленности. Предложен инновационный способ получения полноценных комбикормов путем добавления к ним гидролизатов, полученных из кератинсодержащего сырья.

Перо, кератины, гидролиз, кератинолитическая активность, корма, кератиназа.

Введение

На сегодняшний день средний уровень промышленной переработки вторичного сырья в пищевой отрасли России едва превышает 20 %, остальные 80 % утилизируют путем захоронения, что запрещено законодательством РФ. Утилизация отходов птицеводства и переработки птицы приобретает все большее значение и создает существенную экономическую нагрузку на себестоимость продукции предприятий.

В советское время для комплексного решения проблемы утилизации отходов и изготовления сбалансированных комбикормов и премиксов на крупных предприятиях по переработке мяса, рыбы, птицы существовали цеха по производству мясокостной, рыбной, перьевой и других видов муки, а отходы мелких предприятий свозились на ветсанутильзаводы. В настоящее время мощностей существующих ветсанутильзаводов недостаточно для утилизации многократно возросшего объема отходов. Производимая на морально и физически устаревшем оборудовании мясокостная мука в большинстве случаев обладает низкими потребительскими свойствами. Помимо получения ценных кормов биологического происхождения, переработка вторичного сырья имеет еще и экологический аспект, снижая антропогенную нагрузку на окружающую среду за счет уменьшения объема подлежащих захоронению отходов [1].

Согласно федеральному законодательству [6] принципами государственной политики в области обращения с отходами являются:

- применение новейших научно-технических разработок для реализации малоотходных и безотходных технологий;

- внедрение технологий комплексной переработки материально-сырьевых ресурсов в целях уменьшения количества отходов.

Обсуждение

В настоящее время в России практически все птицефабрики оснащены кормоцехами по доработке комбикормов, а многие имеют собственные комбикормовые заводы. Тенденция перехода на самостоятельное кормопроизводство и кормоприготовление обусловлена стремлением

хозяйств к снижению стоимости кормов и, как следствие, себестоимости продукции.

На этом пути имеется немало препятствий. Это в основном балансирование комбикормов по питательным веществам, в первую очередь по обменной энергии и аминокислотам. Несбалансированность кормов по содержанию белка и по аминокислотному составу – одна из ключевых причин отставания развития птицеводства и животноводства в России от зарубежных фермерских хозяйств. Например, в одной кормовой единице традиционного для российских хозяйств зернофуража содержится 70–80 г перевариваемого протеина, тогда как норма составляет 105 г. Таким образом, дефицит высокобелковых кормов только для животноводства составляет в среднем 30 % от нормы. Для восполнения дефицита незаменимых аминокислот в кормах отечественного производства российским птицеводам приходится использовать синтетические формы лизина и метионина, что также увеличивает стоимость продукции.

Скармливание цыплятам-бройлерам и другим видам птицы комбикормов с пониженным содержанием протеина снижает их резистентность к заболеваниям, рост и развитие, увеличивает затраты кормов на производство продукции. Основным и наиболее эффективным источником животного белка в рационах птицы является рыбная мука. Объемы ее выпуска с каждым годом снижаются, а потребность растет в связи с ростом производства мяса птицы. В Россию импортируется 90 % рыбной муки. Стоимость этого продукта в Европе выросла почти в два раза за последний год. В 2009 году потребность в ней для отечественного бройлерного производства составила около 180,0 тыс. т. В целом ситуация будет усугубляться за счет тенденции к повышению стоимости рыбной муки, а также вследствие усиления государственного контроля за соблюдением природоохранного законодательства и общего повышения конкуренции на рынке. Поэтому поиск эффективных заменителей рыбной муки является актуальной задачей [2].

Среди отходов птицеперерабатывающей промышленности наибольший интерес представляет

кератинсодержащее сырье, в составе которого около 85 % кормового белка. Кератины являются самыми распространенными белками в эпителиальных клетках позвоночных, представляющие собой основные компоненты кожи и ее придатков, таких как ногти, волосы, перья и шерсть. Белковые цепи плотно упакованы либо в α -спираль (α -кератины) либо β -лист (β -кератины), которые складываются в окончательную трехмерную форму. Кератины сгруппированы в жесткие (перо, волосы и ногти, копыто) и мягкие (кожа и мозоли) структуры в зависимости от содержания серы. Эти белки, принадлежащие к группе склеропептидов, являются соединениями, которые чрезвычайно устойчивы к действию физических, химических и биологических агентов. Одной из основных характеристик кератинов является то, что они имеют высокую механическую прочность и устойчивы к протеолитическому гидролизу, который зависит от дисульфидных и водородных связей, связей ионов соли и других перекрестных связей. Таким образом, ороговевший материал нерастворим в воде и чрезвычайно устойчив к деградации ферментами, обладающими общей протеолитической активностью, такими как трипсин, папаин и пепсин [8].

Перо составляет 5–7 % от общего веса зрелых кур. Оно обуславливает значительную проблему утилизации отходов [8]. Увеличение спроса на мясо

птицы значительно повышает объемы отходов при убойе птицы и производстве птицепродуктов. Только в Кемеровской области 12 действующих птицефабрик, мощность которых с каждым годом растет (табл. 1). Известно, что количество утилизируемого пера в Кемеровской области составляет около 13,5 тыс. тонн в год. Использование отходов для кормовых целей существенно увеличивает рентабельность производства в целом. Это обстоятельство заметно сказывается на конкурентоспособности птицефабрик. В настоящее время решение проблемы перевода кератина пера в усвояемую форму имеет важное значение с позиции мобилизации резервов животного белка и проблем экологии.

Большинство перьевых отходов подвергают захоронению или сжиганию, что приводит к загрязнению воздуха, почвы и воды. Нарастающая негативная тенденция загрязнения прилегающих к предприятиям земель может привести к отрицательным последствиям для жителей близлежащих населенных пунктов, возникновению инфекционных и инвазионных болезней у людей, животных и птицы. Перо, переработанное механическим или химическим способом, может быть преобразовано в корма, удобрения, клей, фольгу или использоваться для производства аминокислот и пептидов.

Таблица 1

Мощность птицефабрик Кемеровской области

Название птицефабрики	Мощность птицефабрики, тыс. тонн в год	Название птицефабрики	Мощность птицефабрики, тыс. тонн в год
«Колмогоровская»	16	«Горнячка»	8
«Яшкинская»	15	«Инская» Новокузнецкий район	10
«Мысковская»	10	«Инская» д. Осиновка	10
«Кузбасская»	40	«Инская» г. Кемерово	5
«Ясногорская»	19	«Плотниковская»	10
«Инская» пос. Инской	1,5	«Новосафоновская»	10
Итого		154,5	

В настоящее время используется несколько технологических схем переработки пера. Существующие технологии, как отечественные, так и зарубежные, позволяют получать из отходов кормовую муку с низким содержанием усвояемого белка (перевариваемость белка от 25 до 40 %), при этом 60–75 % белка теряется из сферы кормового производства из-за жесткого температурного многочасового процесса обработки.

В традиционном процессе переработки пера используются вакуум-горизонтальные котлы с использованием мочевины или сульфата натрия. Сырье и воду берут при гидромодуле 1:1–1:2,5 и вносят кристаллические мочевины или сульфат натрия из расчета 1–3 или 5 % к массе сырья. Гидролиз проводят при давлении 0,2 МПа в течение 5–6 ч, затем обработанную массу сушат. В процессе гидролиза кератинсодержащего сырья образуются высокомолекулярные пептиды, которые хорошо

связывают воду. Благодаря этому слив бульона исключается, что предотвращает потери сухих веществ.

К принципиальным недостаткам традиционной технологии и оборудования можно отнести:

- низкую усвояемость белка получаемого кормового продукта;
- значительное снижение качества жира в продукте переработки;
- загрязнение окружающей среды токсичными веществами с неприятным запахом.

Данная технология пришла в перерабатывающие отрасли свыше 100 лет назад. За это время вакуум-горизонтальные котлы подвергались многочисленным модернизациям, но суть их осталась неизменной: многочасовой высокотемпературный процесс и в итоге «ни белка – ни жира». Причем это касается как отечественных, так и зарубежных вакуум-

горизонтальных котлов. К сожалению, несмотря на очевидные отрицательные моменты, российские производители охотно закупают устаревшее оборудование, забывая, что в конкурентной борьбе побеждает тот, кто использует технологии «сегодняшнего», а еще лучше – «завтрашнего» дня.

Кроме того, в промышленности разработаны и апробированы несколько способов получения гидролизатов из кератинсодержащего сырья: гидротермический, щелочной, кислотный, ферментативный [3].

Первые три способа получения имеют ряд недостатков: достаточно высокую продолжительность; разрушение целого ряда важнейших аминокислот, в том числе незаменимых; образование трудноперевариваемых соединений. Преимущества имеет применение ферментативного способа обработки сырья, однако этот способ сравнительно дорогой.

Гидротермический способ получения гидролизата является более простым и наиболее часто встречающимся способом обработки кератинового сырья, так как представляет собой термическую обработку в водной среде под давлением. Гидро модуль составляет в этих случаях 1:0,8–1:2. Сырье обрабатывают в течение 0,5–5,0 ч при давлении 0,1–1,0 МПа. После обработки кератиновый материал сушат, измельчают и просеивают. Полученные продукты используют в качестве кормовой муки.

При щелочном гидролизе получают кератиновые гидролизаты из различных видов сырья. В качестве химического реагента используют 0,25–10,0 % растворы едкого натра, 13 % раствор едкого калия или 25 % раствор аммиака. Гидролиз проводят при гидро модулях белка и жидкости 1:2–1:3 с нагреванием до 95 °С либо под давлением до 0,4 МПа. По окончании процесса гидролизат нейтрализуют соляной или ортофосфорной кислотами. В некоторых случаях проводят кристаллизацию солей, образовавшихся при нейтрализации, затем их отделяют и жидкость концентрируют в гидролизат без запаха.

Полученные продукты в форме перевариваемых порошков и гидролизатов применяют в кормах. К недостаткам щелочного гидролиза относят разрушение аминокислот цистина, метионина и цистеина, их частичную рацемизацию. При нейтрализации образуется до 22 % поваренной соли. Соли, образующиеся при использовании ортофосфорной кислоты, придают гидролизату горький вкус. При хранении эти соли выпадают в осадок, что затрудняет быстрое приготовление эмульсий. К другим недостаткам данного способа гидролиза кератинового сырья относятся длительность процесса, применение аппаратов для отгонки аммиака из гидролизата и для центрифугирования, использование кислот для нейтрализации щелочного гидролизата.

Кислотный гидролиз используют в технологических схемах кормовых гидролизатов из кератинового сырья, которые предусматривают

очистку сырья и его гидролиз 2–6 % соляной кислотой, 10–40 % серной кислотой или 20 % фосфорной кислотой. Продолжительность гидролиза составляет 6–10 ч. Гидролиз ведут при гидро модуле 1:2,5–1:3 и температурах 80–152 °С (0,4–0,8 МПа). Кератин шерсти или пуха иногда предварительно обрабатывают щелочной протеазой при pH 12. Гидролизаты очищают активированным углем и нейтрализуют кальцинированной содой, окисью кальция или щелочами; раствор отделяют от образовавшегося осадка соли и упаривают. Готовые белковые гидролизаты можно использовать в сухом и жидком виде.

Кислотный гидролиз имеет некоторые преимущества перед щелочным: предотвращается распад аминокислоты аргинина на орнитин и аммиак, исключается дезаминирование таких аминокислот, как серин, треонин, цистин, цистеин и метионин; интенсифицируется гидролиз сырья.

Однако при кислотном способе разрушаются аминокислоты триптофан и тирозин, а также некоторые из них превращаются из L-формы в D-форму, не усвояемую организмом животных. Недостатком является наличие жира в сырье, который придает готовому продукту неприятный вкус и запах. После гидролиза при нейтрализации образуется до 22 % поваренной соли, которая обуславливает гигроскопичность продукта. Кроме того, наличие избытка поваренной соли в кормах угнетает рост животных.

По сравнению с щелочным и кислотным гидролизом гидротермический способ имеет ряд преимуществ: низкая продолжительность процесса, отсутствие необходимости использования химических веществ, аппаратов для очистки гидролизата от соли, сложного оборудования. Но жесткие условия гидролиза разрушают некоторые незаменимые и серосодержащие аминокислоты, способствуют образованию циклопептидов, в результате чего они становятся устойчивыми к воздействию пищеварительных протеолитических ферментов. Поэтому продукт имеет низкую усвояемость (42–48 %) животными. Это обуславливает применение продуктов водного гидролиза только в качестве компонента кормовой муки.

В последнее время в связи с внедрением безотходных технологий и необходимостью обеспечения безвредности производств популярны способы деструкции непищевых отходов мясных предприятий с помощью специфических ферментов. Они позволяют получить обессоленные белковые гидролизаты, не требуют жестких условий обработки, максимально сохраняют полный набор аминокислот. При ферментативном гидролизе максимально сохраняется питательная ценность получаемых продуктов, значительно повышаются их растворимость и усвояемость [4].

Ферментативный гидролиз кератинов приобретает важное значение в связи с возможностью создания на его основе различных белковых добавок и гидролизатов не только кормового, но и пищевого значения. В связи с этим

установление высокоэффективных продуцентов и производство на их основе ферментных препаратов приобретает чрезвычайно важное значение.

В настоящее время в мире производится большое количество ферментных препаратов для разных отраслей пищевой промышленности, применяемых на определенных стадиях технологического процесса. Различные фирмы выпускают ферментные препараты под разными коммерческими (торговыми) названиями. Продолжается работа по поиску новых продуцентов, созданию новых препаратов пролонгированного действия, очистке ферментных препаратов, повышению их стабильности и рациональному применению.

Применение ферментных препаратов способствует созданию малоотходных технологий, позволяет интенсифицировать технологические процессы, улучшить качество полуфабрикатов и готовой продукции, уменьшить расход сырья на единицу выпускаемой продукции, повысить культуру производства, улучшить условия труда, уменьшить загрязненность и количество сточных вод. Очевидно, успешное решение этих производственных задач тесно связано с выделением, физико-химической и биохимической характеристикой специфических энзимов и соответствующих препаратов.

Одной из основных проблем применения ферментов в технологии кормовых добавок является снижение стоимости производства ферментных препаратов. В связи с большими объемами производства полноценных кормов расход ферментных препаратов может составить внушительную величину, что приведет к существенному повышению стоимости продукта. Важной проблемой использования ферментов в кормовой промышленности остается повышение их стабильности в пищевых средах и реальном технологическом процессе. Проблема практического использования ферментных препаратов по-прежнему привлекает внимание ученых и технологов во многих странах мира, где непрерывно расширяются области применения протеолитических ферментов. Ощутимые результаты этой работы сказываются на повышении продуктивности сельского хозяйства, дальнейшем развитии пищевой и легкой промышленности, здравоохранения.

В целом следует отметить, что, несмотря на распространение протеолитических ферментов в природе и высокие объемы их производства в промышленности, протеолитические ферменты с кератиназным действием требуют более детального изучения. О существовании продуцентов истинных кератиназ также мало известно. В связи с перспективой биомодификации кератинсодержащего сырья с целью максимального вовлечения в основное производство мясной промышленности весьма актуальны изыскания, связанные с открытием новых продуцентов, разработкой эффективных методов и способов выделения и очистки, исследованием физико-

химических свойств, механизма действия и прикладными аспектами [7].

Среди микроорганизмов, по-видимому, только патогенные грибы (дерматофиты) и отдельные виды бактерий и актиномицетов обладают способностью вырабатывать внеклеточные ферменты, разрушающие белки кератинов.

Впервые на это обратили внимание специалисты медицинской микробиологии. Они отмечали разрушение волос и ороговевших частиц тела человека (ногтей, покрова кожи и других) и выделяли культуры актиномицетного строения. Одна из них была названа *Actinomyces keratolyticus*.

Позже кертинрасщепляющие актиномицеты выделялись многими исследователями из природных субстратов (почвы, водоемов) и из тела животных. Такие организмы были найдены среди разных штаммов *Streptomyces rimosus*, *S. griseus*, *S. roseochromogenes*, *S. praecox*, *S. parvus*, *S. scabies*, *S. griseoluteus*, *Nocardia rubra*, *S. microclavus*, *S. globisporus vulgaris*.

Кератинолитическая активность обнаружена среди почвенных грибов. Наибольшее распространение в почве имеют кератинофильные грибы *Penicillium rubrum*, *Penicillium lilacium*, *Fusarium nivale*. Дерматофитные грибы, относящиеся к родам *Keratinomyces*, *Microsporium*, *Trichophyton*, *Epidermophyton*, интенсивно разлагают кератиновые материалы. Например, *Keratinomyces ajelloi* разрушает до 58,5 % нативного кератина в течение 10 суток. Одновременно с разрушением кератина механическим вращением гифов дерматофитов между клетками внешнего слоя идет выделение протеолитических ферментов. Культуры *Fusiformis nodosus*, *Trichophyton schoenleini*, *Trichophyton rubrum*, *Trichophyton mentagrophytes* и *Candida albicans* образуют ферменты, расщепляющие кератин. Отмечено использование кератинового материала фенотипами *Trichophyton terrestre*. Однако эти продуценты кератинрасщепляющих протеаз медленнее гидролизуют субстрат, чем культуры из актиномицетов.

Существенно нарушают структуру волокна шерсти грибы родов *Aspergillus flavipes*, *Chaetomium*, *Epicoccum*, *Verticillium lateritium*, *Scopulariopsis*, бактерии родов *Bacillus subtilis* и *Pseudomonas caviae*, *Bacillus coagulans*, *-stearothermophilus* [6].

Выводы

Российскими учеными В.К. Бандоном и В.В. Дороховым был выделен в ходе селекции штамм *Streptomyces ornatus* S 1220, который проявлял хорошую кератиназную активность (7,3 ед/мл). Штамм *Str. ornatus* S 1220 хорошо рос и полностью разложил перо в среде после 72 часов.

Обобщение информационных данных о способности и интенсивности образования протеаз, в том числе кератиназ, позволяет сделать вывод, что продуценты требовательны к источникам органического азота в питательных средах, во многих случаях биосинтез индуцируется кератинсодержащими компонентами.

Штамм *Str. ornatus* S 1220 был выделен из горных районов Армении. Этот стрептомицет культивируют в глубинных условиях при 30 °С на жидкой питательной среде, содержащей, г/л: картофельный крахмал 40; измельченное перо 20; NaCl 2,5; MnCl₂ 0,5; KН₂РO₄ 1,5; СаСО₃ 4,0; водопроводная вода до 1 л за 78 ч культивирования проявляет кератиназную активность 7,3 ед/мл [3].

Для сравнения и определения наиболее подходящего продуцента кератиназы для исследований нами были выбраны типичные штаммы продуценты кератиназы, такие как *Streptomyces ornatus* S 1220, *Streptomyces fradiospiralis* A-157, *Streptomyces pactum* DSM 40530, *Bacillus licheniformis* PWD 1, *Bacillus licheniformis* 138В. Сравнительная физико-химическая характеристика данных микроорганизмов представлена в табл. 2.

Результаты, представленные в таблице, позволяют сделать вывод о том, что максимальной кератинолитической активностью обладает штамм *B. licheniformis* PWD-1. Штамм *Streptomyces ornatus* S 1220 имеет преимущество в том, что при достаточно хорошей кератиназной активности температура для его культивирования составляет 30 °С, что более приемлемо для промышленных условий. Кроме того, из литературных источников известно, что в состав питательной среды для выращивания *B. licheniformis* PWD-1 входят компоненты, которые, по нашим подсчетам, дороже компонентов, входящих в состав питательной среды штамма *Streptomyces ornatus* S 1220.

Таблица 2

Сравнительная физико-химическая характеристика микроорганизмов продуцентов кератиназы

Название микроорганизма	Оптимальная рН	Оптимальная температура, °С	Кератиназная активность, ед/мл
<i>Str. ornatus</i> S-1220	7,2	30	7,3
<i>Str.</i>	7,4	30	1,2

<i>fradiospiralis</i> A-157			
<i>Streptomyces pactum</i> DSM 40530	8	65	2,5
<i>B. licheniformis</i> PWD 1	7,5	50	20
<i>B. licheniformis</i> 138B	7,4	50	10

На основании вышеизложенных потребностей получения гидролизатов пера и полноценного корма на их основе нами была разработана технология переработки кератинсодержащего сырья.

Суть данной технологии заключается в следующем: на начальном этапе осуществляют культивирование штамма, обладающего кератиназной активностью, затем отбирают культуральную жидкость, содержащую кератиназу. В эту культуральную жидкость помещают очищенное измельченное перо как источник кератина. Под действием кератиназы, содержащейся в культуральной жидкости, протекет гидролиз кератина, в результате которого образуется полный набор заменимых и незаменимых аминокислот и пептиды. Затем их высушивают и на выходе получают аминокислоты и пептиды в виде порошка.

Данная инновационная технология переработки кератинсодержащего сырья в отличие от традиционных способов имеет ряд преимуществ: сравнительно низкая стоимость, малоотходна, не требует больших энергетических затрат. Кроме того, аминокислоты, полученные данным способом, не разрушаются и легко усваиваются сельскохозяйственными животными. Это позволяет рекомендовать штамм *Streptomyces ornatus* S 1220 для использования его в промышленных условиях при получении полноценных белковых лизатов из отходов пера, добавлять их в корма, повышая при этом биологическую ценность.

Список литературы

1. Антипова, Л.В. Биомодификация малоценного перопухового сырья в получении препаратов аминокислот различной степени чистоты / Л.В. Антипова, Е.В. Сиволоцкая, С.В. Полянских // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2008. – № 1. – С. 59–61.
2. Волик, В.Г. Современный подход к переработке отходов на кормовые цели / В.Г. Волик, Д.Ю. Исмаилова, С.В. Зиновьев // Птица и птицепродукты. – 2009. – № 1. – С. 59–61.
3. Пат. 2034924 Российская Федерация, МПК⁷ с 12 N 9/50, с 12 R 1: 465. Штамм *Streptomyces ornatus* продуцент кератиназы / Бандоян А.К.; заявитель и патентообладатель Воронеж. науч.-исслед. ин-т связи. – № 93011685/13; заявл. 03.03.93; опубл. 10.05.95, Бюл. № 57. – 4 с.
4. Рогов, И.А. Белки: структура, функции, роль в питании. Химия пищи. Кн. 1 / И.А. Рогов, Л.В. Антипова. – М.: Колос, 2000. – 384 с.
5. Российская Федерация. Законы. Об отходах производства и потребления: федер. закон [принят Гос. думой от 29 декабря 2000 г.; одобрен Советом Федерации 10 января 2003 г.]. – № 89-ФЗ.
6. Сучкова, Г.Г. Разрушение волокон шерсти грибами / Г.Г. Сучкова, Е.А. Санков, О.П. Камышко // Микология и фитопатология. – 1973. – Т. 7. – № 3. – С. 240–242.
7. Higuchi, D. The effect of keratinases on human epidermis, especially on stratum corneum / D. Higuchi, I. Takiuchi, M. Negi // Japan J. Derm. – 1981. – № 91. – P. 119–125.
8. Veslava, M. Degradating of keratin containing wastes by bacteria with keratinolytic activity / M. Veslava, M. Danute, G. Saulius // Proceedings of the 7th International Scientific and Practical Conference. – Volume 1. – Augstskola, 2009. – P. 284–289.

ГОУ ВПО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47.
Тел./факс: (3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

ГОУ ВПО «Кемеровский государственный
сельскохозяйственный институт»,
650056, Россия, г. Кемерово, ул. Марковцева, 5.
Тел./факс: (3842) 73-43-75

SUMMARY

A.U. Poletaev, M.G. Kurbanova

Peculiarities of keratin-containing raw material processing and complete farm animal feed production on its basis

Ecological conditions of the poultry processing plants in Russia have been analyzed. The comparative analysis of typical strains of microorganisms possessing keratinolytic activity has been carried out. Positive actions of the strain possessing the highest keratinolytic activity and possibility of its application in poultry processing industry have been described. The innovative technique to produce complete feeds by addition of hydrolisates obtained from keratin-containing raw materials has been offered.

Feather, keratins, hydrolysis, keratinolytic activity, feeds, keratinase.

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia
Phone/Fax: +7(3842) 73-40-40
e-mail: office@kemtipp.ru

Kemerovo State Agricultural Institute
5, Markovtsev st., Kemerovo, 650056, Russia

Phone/Fax: +7(3842) 75-07-21

