

Исследование процесса модификации мясокостного сырья крупного рогатого скота методом высокотемпературного гидролиза

Канд. техн. наук **Н.Ю. Мезенова**, lost_13@inbox.ru
 канд. техн. наук **С.В. Агафонова**, svetlana.agafonova@klgtu.ru
 д-р техн. наук **О.Я. Мезенова**, mezenova@klgtu.ru
 канд. техн. наук **Л.С. Байдалинова**, larisa.baydalina@klgtu.ru
В.В. Волков, vladimir.volkov@klgtu.ru
 д-р техн. наук **В.И. Шендерюк**, kafedratppklgtu@mail.ru
 д-р биол. наук **О.М. Бедарева**, olga.bedareva@klgtu.ru
*Калининградский государственный технический университет
 36022, Россия, Калининград, Советский пр., 1*

Исследовали процесс модификации мясокостного сырья гидролизным методом под действием высоких температур (140°C) и повышенного давления в водной среде (0,62 МПа) с целью извлечения ценных протеиновых, жировых и минеральных веществ. Эксперименты проводили в автоклаве высокого давления с мешалкой при регулируемых температуре и давлении внутри реактора и во внешней рубашке. Оценку качества, состава сырья и продуктов гидролиза проводили, стандартными и общепринятыми физико-химическими методами. Установлены общий химический состав сырья и гидролизатов (протеиновой, липидной и минерально-белковой фракций), массовый выход полуфабрикатов (влажных протеиновой и минерально-белковой фракций) и высушенных продуктов (добавок). Сушку протеиновых фракций осуществляли на лиофильной установке при температуре конденсора минус 55°C. Сушку минерально-белковой фракции проводили конвекционным способом при 105°C. Разработана технологическая схема и пооперационные материальные балансы термогидролиза. Определено, что из 100 кг мясокостного говяжьего сырья можно получить 4,72 кг сублимированного низкомолекулярного протеинового гидролизата, содержащего 94,3% протеина, 2,5% минеральных веществ и 0,63% жира. Дополнительным продуктом является сухая минерально-белковая композиция в количестве 13,12 кг, содержащая 82,9% минеральных веществ (кальция и фосфора) и 13,71% нерастворимого протеина. Дополнительно получают 5,05 кг костного жира. Продукты модификации мясокостного сырья рекомендованы к использованию в качестве пищевых и кормовых добавок, в составе биологически активных добавок к пище остеотропной и геродиетической направленности, микробиологических сред, кормов для аквакультуры, жировых композиций.

Ключевые слова: высокотемпературный гидролиз; мясокостное сырье; коллаген; низкомолекулярные пептиды; сублимированный протеиновый гидролизат; минерально-белковая добавка.

DOI: 10.17586/2310-1164-2020-10-1-18-26

The process of modifying cattle meat and bone raw materials by high-temperature hydrolysis

Ph. D. **Natalya Yu. Mezenova**, lost_13@inbox.ru
 Ph. D. **Svetlana V. Agafonova**, svetlana.agafonova@klgtu.ru
 D. Sc. **Olga Ya. Mezenova**, mezenova@klgtu.ru
 Ph. D. **Larisa S. Baidalina**, larisa.baydalina@klgtu.ru
Vladimir V. Volkov, vladimir.volkov@klgtu.ru
 Dr. Sc. **Vladimir I. Shenderyuk**, kafedratppklgtu@mail.ru
 Dr. Sc. **Olga M. Bedareva**, olga.bedareva@klgtu.ru
*Kaliningrad State Technical University
 1, Sovetsky ave., Kaliningrad, 36022, Russia*

The process of modifying meat and bone raw materials by hydrolysis method under the influence of high temperatures (140°C) and high pressure in the aquatic environment (0.62 MPa) was studied in order to extract valuable protein, fat, and mineral substances. The experiments were carried out in a high pressure autoclave with a stirrer at controlled temperature and pressure inside the reactor and in the outer jacket. Assessment of the quality, composition of raw materials, and hydrolysis products was carried out by standard and generally accepted physicochemical methods. The general chemical composition of raw materials and hydrolysates (protein, lipid, and mineral-protein fractions), the mass yield of semi-finished products (wet protein and mineral-protein fractions) and dried products

(additives) are established. Protein fractions were dried in a freeze dryer at the condenser temperature of minus 55°C. The mineral-protein fraction was dried by convection at 105°C. The technological scheme and the operational material balances of thermohydrolysis are developed. It was determined that from 100 kg of meat and bone beef raw materials, 4.72 kg of freeze-dried low molecular weight protein hydrolyzate containing 94.3% protein, 2.5% minerals, and 0.63% fat can be obtained. An additional product is a dry mineral protein composition in an amount of 13.12 kg, containing 82.9% of minerals (calcium and phosphorus) and 13.71% of insoluble protein. Additionally, 5.05 kg of bone fat is obtained. Meat and bone raw material modification products are recommended for use as food and feed additives, as part of biologically active food additives of osteotropic and herodietic orientation, microbiological media, aquaculture feed, and fat compositions.

Keywords: high temperature hydrolysis; meat and bone raw materials; collagen; low molecular weight peptides; freeze-dried protein hydrolysate; mineral protein supplement.

Введение

Сфера переработки животноводческого сырья неизбежно связана с образованием так называемых отходов. К ним относятся мясокостное вторичное сырье, рога-копытное и шкурсырье, перья и др. Особенно проблемным в переработке является мясокостное сырье крупного рогатого скота (КРС), что обусловлено его высокой минерализацией (трубчатые и реберные кости и др.).

В Калининградской области зарегистрировано свыше 150 предприятий, осуществляющих переработку мяса. На средних и малых предприятиях образующееся мясокостное сырье зачастую сжигают, утилизируя ценные химические вещества и нанося ущерб природе.

Решением проблем мясной отрасли является безхимическая глубокая высокотемпературная модификация мясокостного сырья с получением протеинов животного происхождения, а также сопутствующих жировых и минеральных композиций. Это позволило бы предприятиям получать дополнительные продукты с высокой добавленной стоимостью.

Ценный биопотенциал вторичного мясокостного сырья обусловлен высокой концентрацией в нем биологически активных веществ (коллагена, аминокислот, жирных кислот, кальция, фосфора и др.). Содержание минерализованного коллагена в данном сырье может достигать 50% массы и выше. В связи с этим его целесообразно использовать на функциональные пищевые добавки остеотропной и геродиетической направленности [1, 2], в состав которых рекомендуется вводить низкомолекулярные протеины коллагенового происхождения и минеральные вещества [3–5].

С целью комплексного использования биопотенциала мясокостного сырья КРС перспективным представляется метод глубокой высокотемпературной гидролизной обработки в водной среде под давлением [6, 7], который положительно зарекомендовала себя при переработке коллагенсодержащих минерализованных рыбных отходов [8, 9]. В этих исследованиях была показана возможность перехода данного сырья в суспендированное и растворенное состояние с последующим его фракционированием на протеиновую водорастворимую, жировую и осадочную минералсодержащую фракции [7, 10]. Варьированием условий гидролиза возможно добиваться практически полного распада сырья до низкомолекулярных биологически активных пептидов или получать средне- и высокомолекулярные протеиновые фракции [6, 10].

Целью настоящих исследований являлось изучение воздействия высокотемпературной обработки на коллагенсодержащее мясокостное сырье КРС для достижения его полного молекулярного распада в водной среде с последующей экстракцией протеиновой фракции и выделением жировых и минеральных веществ. Для достижения данной цели необходимо было решить следующие задачи: исследовать химический состав сырья, подобрать параметры его высокотемпературного гидролиза, отработать технологическую схему получения продуктов гидролиза, проанализировать их химический состав и обосновать рекомендации по использованию.

Материалы и методы исследования

Экспериментальные исследования были проведены в Центре передовых технологий использования белков Калининградского государственного технического университета. Первоначально был проведен мониторинг 31 мясоперерабатывающего предприятия Калининградской области. Практически все предприятия имеют накопления вторичного сырья животного происхождения самого разнообразного

состава (кости, падеж скота, костный шрот, куриные лапы, перо, смесь панировки с мышечной тканью, возврат с магазинов, мослы, обрезь, головы и др.). В качестве основного сырья для исследований использовали: говяжьи кости с остатками мяса, кости трубчатые с кулаками и ребра КРС (Голубевский мясокомбинат «ЛЭАР»); трубчатые и реберные свиные кости (ОАО «Альмак», ООО «БалтАгроС»); кости реберные говяжьи (ООО «МК «Залесье»), куриный шрот, ноги цыпленка бройлера замороженные, куриные перья (ООО «ТПК «Балтптицепром»).

Исследованное побочное мясокостное сырье отличается разнообразием и неоднородностью видового и химического состава. Наибольшую трудность для дальнейшей переработки представляют кости трубчатые бедренные с кулаками говяжьи, отличающиеся повышенной прочностью и низким содержанием мышечной ткани. Наибольший интерес высокотемпературная технология фракционирования неоднородной протеиновой массы представляет для мясокостного сырья. Это сырье представляет собой натуральные прочные белково-липидно-минеральные композиции, изолирование и использование из которых протеиновой, липидной и минеральной фракции рационально.

При исследовании общего химического состава использовали стандартные и общепринятые физико-химические и биохимические методы. Содержание влаги, белков, жира и золы определяли по ГОСТ 9793-2016, ГОСТ 25011-2017, ГОСТ 23042-2015, ГОСТ 31727-2012. Массовую долю коллагена в сырье определяли по ГОСТ 33692-2015 методом, основанным на выделении оксипролина в кислотном гидролизате пробы. Содержание кальция и фосфора оценивали по ГОСТ 55573-2013 и ГОСТ 9794-2015.

Подготовку средней пробы минерализованного костного сырья к термомодификации осуществляли в два этапа. На первом этапе проводили грубое измельчение на строительном прессе (рисунок 1). На втором этапе данное сырье измельчали в специально сконструированной установке, представляющей собой цилиндр с вращающимся диском.



Рисунок 1 – Первичное измельчение говяжьих мослов с помощью строительного пресса:
 а – установка для первичного измельчения; б – грубо измельченные костные ткани; в – измельченные костные ткани
 Figure 1. Primary crushing of beef mosles by building press:
 а – unit for primary crushing; б – coarse crushed bones; в – crushed bones

В ходе экспериментов измельченное сырье в количестве 1,0 кг смешивали с теплой водой (70–80°C) в соотношении 1:1. При содержании в сырье жира более 15% в полученной суспензии выделяющийся жир удаляли после центрифугирования при скорости 3900 об/мин с применением лабораторной делительной воронки. Оставшаяся частично обезжиренная масса загружалась в автоклав (реактор лабораторный РТ – 5 на 5 литров с мешалкой и нагревом/охлаждением, изготовленный по индивидуальному заказу в ООО «Ногинский завод промышленного оборудования») и обрабатывалась при варьировании температуры в рубашке 160–200°C, в продукте – 130–160°C при продолжительности выдержки при данной температуре от 60 до 170 мин и изменении давления в рубашке от 0,12 до 1,20 МПа. Выгруженную из автоклава массу после охлаждения центрифугировали при 3900 об/мин, разделяли на жировую (верхнюю), протеиновую (среднюю) и минерализованную (осадочную) фракции в делительной воронке. Сушку протеиновых фракций осуществляли на лиофильной установке Martin Christ Alpha1-2 LDplus при температуре конденсатора минус 55°C. Сушку минерально-белковой фракции проводили конвекционным способом в сушильном шкафу ШС-80-02 при 105°C.

Для получения достоверных результатов исследования проводились сериями, состоящими из трех параллельных опытов в каждой. Математическую и графическую обработку полученных количественных данных осуществляли с применением общепринятых методов математической статистики при доверительной вероятности вывода 95% с помощью программ Microsoft Excel 2010, Microsoft Word 2010, MatlabR2015a (8.5.0.197613), Generic 2.0.

Результаты исследования

Характеристика мясокостного сырья по общему химическому составу приведена в таблице 1.

Таблица 1. Общй химический состав исследованного мясокостного сырья
Table 1. General chemical composition of meat and bone raw materials under investigation

Показатели, г/100г ткани	Кости свиные трубчатые (с мозгом), губчатые, плоские с остатками тканей: мышечной, соединительной, жировой («Альмак»)					Кости говяжьи трубчатые с кулаками (ЛЭАР, «Голубево»)		
	1	2	3	4	ср	1	2	ср
влага	41,4	40,8	37,1	32,6	38,9	12,0	15,0	13,5
сухие вещества	58,9	59,2	62,9	67,4	61,1	88,0	85,0	86,5
жир	19,6	21,4	21,7	21,9	21,2	19,8	18,3	19,1
зола	18,0	15,8	22,1	25,4	20,8	31,7	32,6	32,2
протеин:	21,3	22,0	19,1	20,1	19,1	36,5	34,1	35,3
в т.ч. коллаген	7,5	8,0	–	–	7,7	21,1	18,4	19,8

Из таблицы 1 следует широкое варьирование химического состава в свином сырье, что обусловлено различным видовым составом тканей и колебаниями его по жирности. Менее широко изменяется состав говяжьих мясокостных тканей. При этом говяжьи трубчатые кости содержат относительно другого сырья повышенное количество сухих веществ (в среднем 86,5%), 41% которых приходится на белок (среднее содержание 35,3%), содержащий почти 56% коллагена. Существенную долю сухих веществ в говяжьих трубчатых костях составляют минеральные вещества или зола (в среднем 32,2%).

Таким образом, в составе мясокостного сырья КРС преобладают коллагеновые ткани (сухожилия, кости, хрящи), образующие основу соединительной ткани организма. Следует заметить, что коллаген (фибрилярный белок, состоящий из тропоколлагенов) представляет собой трудно растворимый белок, что объясняется его специфической структурой [11]. С точки зрения аминокислотного состава они не достаточно полноценны. Однако при их извлечении и деструкции до низкомолекулярных пептидов данные белки превращаются в биоактивные пептиды высокой чистоты и концентрации, и спектр их использования расширяется [7, 10]. При этом ведущими аминокислотами, входящими в состав ди-, три- и других олигопептидов, являются глицин, пролин и его производные, аргинин. Эти аминокислоты являются пластическими «кирпичиками», востребованными организмами при синтезе новых коллагеновых тканей или репарации поврежденных. В связи с этим целесообразно специально изучить данное сырье, как источник таких ценных аминокислот. Именно данные аминокислоты, извлеченные из натурального сырья, могут быть основой пищевой добавки, предназначенной для улучшения биосинтеза собственных коллагеновых тканей организма. Они являются строительным материалом для поврежденной структуры кости, необходимы при срастании переломов, регенерации ткани при остеопорозе. Извлечение коллагеновых белков и/или их гидролизатов из мясокостного сырья послужило бы основой технологии получения компонентов для профилактической добавки, предназначенной для профилактики одной из самых распространенных патологий человека – заболеваний опорно-двигательного аппарата [12].

Результаты анализа мясокостного сырья Калининградского региона на содержание коллагена представлены в таблице 2 и показывают, что содержание коллагена во всех костных образцах исследуемого сырья достаточно высоко и находится в диапазоне 19,3–24,0%. Данный факт позволяет сделать заключение о рациональности самого эффективного способа разложения мясокостного сырья – термогидролиза, позволяющего при регулировании параметров процесса получать низкомолекулярные высоко усвояемые продукты распада (пептиды, аминокислоты).

Таблица 2. Содержание коллагена в костях вторичного мясного сырья мясоперерабатывающих предприятий Калининградской области

Table 2. Collagen content in the bones of secondary meat raw materials at meat-processing factories of Kaliningrad region

Вид сырья	Содержание коллагена, % массы сырья
трубчатые кости, «Альмак»	19,3
кости говяжьей реберные, «Коляда»	19,8
кости трубчатые с кулаками говяжьей, «ЛЭАР»	24,0
ребра говяжьей, «ЛЭАР»	21,2
костный шрот, «Балтптицепром»	21,8

Из литературных данных известно, что наряду с коллагеном, минеральные вещества костной ткани КРС, составляющие 30–50% массы, обуславливают его характерные свойства – прочность и жесткость. Химический состав минеральной составляющей костей КРС представлен в основном кальциевыми солями угольной и фосфорной кислот. В меньшей степени присутствуют магниевые соли фосфорной кислоты, следовое количество приходится на соли фтористого кальция. Элементный состав костной ткани характеризуется следующими данными (%): CaO – 52; MgO – 1,2; P₂O₅ – 40,3; Na₂O – 1,1; K₂O – 0,2; Cl – 0,1; F – 0,1; CO₂ – 5,0 [12–14].

Массовое содержание основных металлов (кальция и фосфора) в мясокостном сырье, получаемом на предприятиях Калининградского региона, представлено в таблице 3.

Таблица 3. Содержание кальция и фосфора в говяжьем мясокостном сырье

Table 3. Calcium and phosphorous content in beef meat and bone raw materials

Вид сырья	Содержание, %	
	Ca	P
кости говяжьей (лопатка) с остатками мяса, МК «Коляда»	4,1	1,8
мослы говяжьей, Голубевский МК «ЛЭАР»	16,6	7,5
ребра говяжьей, Голубевский МК «ЛЭАР»	15,1	6,9

Из данных таблицы 3 следует, что говяжьей мослы и ребра являются полноценным источником кальция (15,1–16,6%) и фосфора (7,5–6,9%), при этом массовое соотношение данных металлов приближено к рекомендуемому (2:1) для питания человека (МР 2.3.1.2432-08 «Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации»). Это обуславливает рациональность извлечения из говяжьего мясокостного сырья данных микроэлементов в свободном состоянии, что возможно с применением высокотемпературного гидролиза.

Извлечение из данного сырья коллагена и минеральных веществ, а также сопутствующих жировых компонентов проводили воздействием температурой 140°C при давлении 0,62 МПа (термогидролиз) с последующим экстракционным извлечением водорастворимых компонентов. Для этого сырье первоначально грубо (размер частиц 15–20 мм), а затем тонко (размер частиц 2–5 мм) измельчали, помещали в высокотемпературный герметично закрывающийся термореактор с мешалкой, добавляли воду, достигая соотношения «сырье:вода», как 1:2. С учетом повышения и понижения температуры до заданного значения, массы сырья, процесс осуществлялся 3–4 ч, при этом воздействие на систему высокой температуры осуществлялось в течение 1 ч. При обосновании конкретных параметров подготовки сырья и гидролиза руководствовались результатами предварительных экспериментов. Технологическая схема и результаты пооперационного выхода протеиновых, минеральных и жировых продуктов гидролиза представлены на рисунке 2 и демонстрируют основные маркерные показатели процесса термогидролиза мясокостного сырья, характеризующие его эффективность по фракционированию и получению высокобелковых, белково-минеральных и жировых композиций (таблица 4).

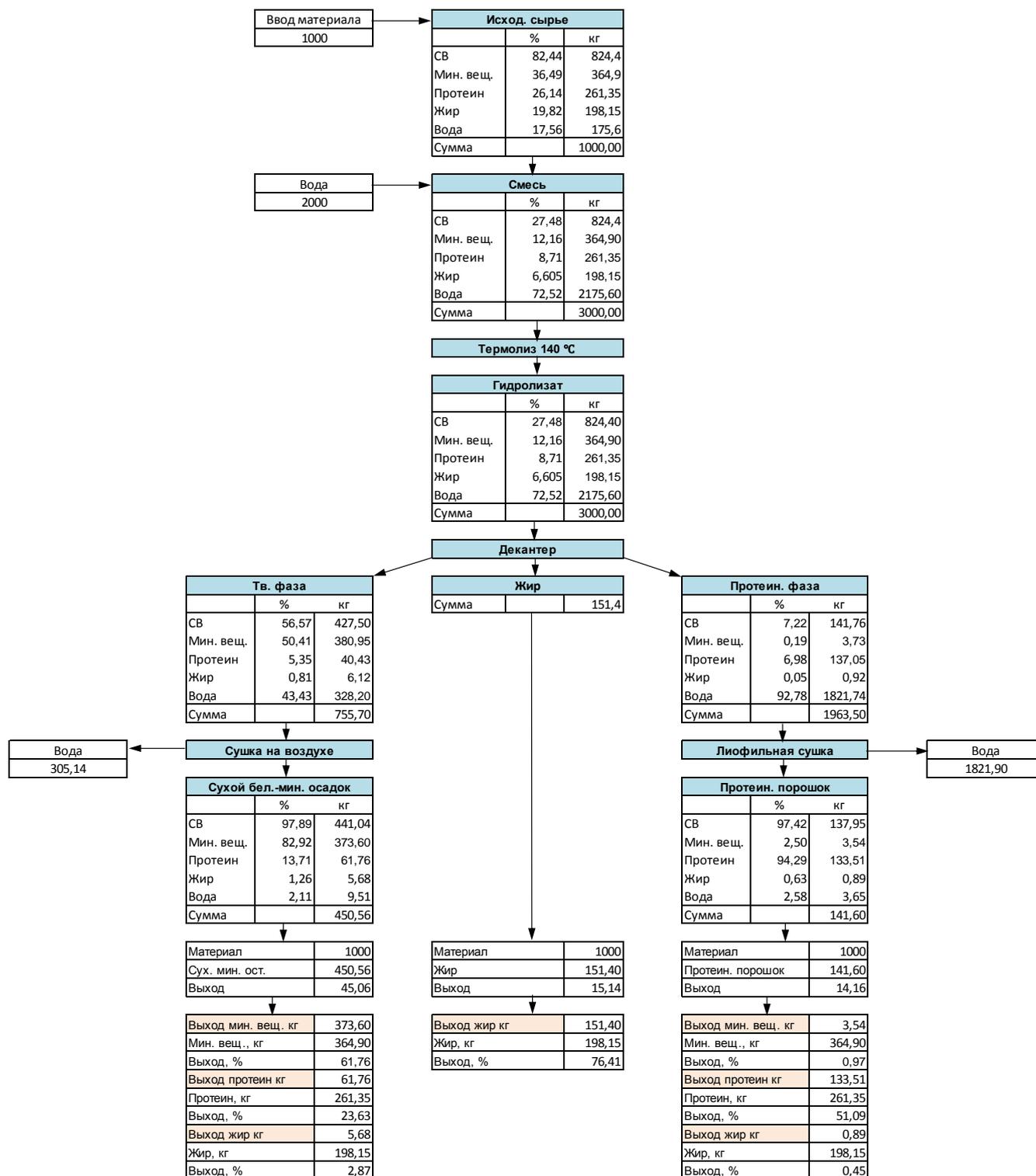


Рисунок 2 – Технологическая схема термогидролиза говяжьих трубчатых костей и пооперационные материальные балансы по сухим и минеральным веществам, протеину, жиру и воде при получении протеинового лиофилизованного порошка, сухой белково-минеральной добавки и костного жира
 Figure 2. Technological scheme for thermal hydrolysis of beef long bones and balances in terms of dry and mineral substances, protein, fat, and water content for every operation while producing protein-lyophilized powder, dry mineral-protein additive, and bone fat

Таблица 4. Выход и химический состав фракций, полученных при высокотемпературном гидротермоллизе говяжьих мослов

Table 4. Yield and chemical composition of fractions obtained by high temperature hydrolysis of beef mosles

Фракция	Выход, % от массы сырья и воды (гидромодуль 1:2)	Химический состав, %				
		вода	сухие вещества	протеин	жир	минеральн. вещества
жидкий водорастворимый белковый гидролизат	65,45	92,78	7,22	6,98	0,05	0,19
влажный белково-минеральный остаток	25,19	43,43	56,57	5,35	0,81	50,40
костный жир	5,05	–	–	–	–	–
лиофилизированный белковый гидролизат	4,72	2,58	97,42	94,29	0,63	2,50
сухая минерально-белковая композиция	13,12	2,11	97,89	13,71	1,26	82,90

Из таблицы 4 следует, что из 100 кг вторичного мясокостного говяжьего сырья можно получить гидротермическим методом 4,72 кг сублимированного низкомолекулярного протеинового гидролизата, содержащего 94,3% протеиновых «осколков», 2,5% минеральных веществ и 0,63% жира. Дополнительным продуктом способа является сухая минерально-белковая композиция в количестве 13,12 кг, содержащая 82,9% минеральных веществ (преимущественно кальция и фосфора) и 13,71% нерастворившегося протеина, что можно объяснить высокой прочностью костных белков и недостаточно жесткими условиями их гидролиза. Также получают 5,05 кг костного жира, не содержащего примесей. Следует отметить, что при более жестких параметрах термогидролиза (температура 150–160°C, давление 1,0–1,2 МПа) получаемые фракции, прежде всего, протеиновые, имеют неприемлемые органолептические признаки (посторонний запах, темный цвет). Данный факт не позволяет рекомендовать более жесткие режимы термогидролиза для получения из мясокостного сырья пищевых композиций.

Полученные безотходным способом продукты могут быть использованы в качестве пищевых и кормовых добавок в составе многих продуктов [15, 16]. Протеиновая добавка может служить источником низкомолекулярных пептидов и ценных аминокислот в рецептурах БАД к пище, в составе микробиологических сред. Костный жир является основой для жировых кулинарных композиций, производства мыла и других продуктов. Минерально-белковую добавку рационально использовать для функционального спортивного питания, а также в качестве профилактической добавки остеотропной направленности [17, 18].

Заключение

В результате проведенных исследований определен биохимический потенциал мясокостного коллагенсодержащего минерализованного сырья крупного рогатого скота, образующегося в значимых объемах в Калининградской области. Установлено его рациональное использования в качестве источника основных коллагеновых пептидов и минеральных веществ. На примере говяжьих мослов показано, что при их обработке в водной среде при 140°C под давлением возможно экстрагировать из сырья 51,1% протеинов, получить в качестве ценной добавки 4,72% массы сублимированного водорастворимого низкомолекулярного пептидного порошка. Дополнительными продуктами являются 13,12% сухой минерально-белковой композиции, содержащей 82,9% минеральных веществ, 13,7% коллагена и 5,05% говяжьего жира.

Метод высокотемпературной модификации мясокостного сырья позволяет комплексно использовать все органические компоненты сырья (протеины, минеральные вещества, жирные кислоты) с сохранением их нативной природы и гарантирует их санитарную безопасность.

На основе предложенной технологии модификации мясного сырья целесообразно выпускать белковые гидролизаты (жидкие, сухие, упаренные, сублимированные), компоненты стартовых кормов для животных и аквакультуры, жировые композиции, минерально-белковые технологические добавки, БАДы к пище – источники активных пептидов, минеральных веществ, аминокислот, предназначенные для спортсменов, людей с активным образом жизни, геродиетического питания и других категорий специализированного и функционального питания.

Литература

1. Глотова И.А., Галочкина Н.А., Болтыхов Ю.В. Функциональные коллагенсодержащие субстанции на основе вторичных продуктов животноводства // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2012. № 4(328). С. 16–19.
2. Литовкин А.Н., Глотова И.А., Кривцова О.Ю. Вторичные продукты убоя птицы как сырье для функциональных препаратов животных белков // Современные наукоемкие технологии. 2014. № 5-1. С. 189.
3. Глотова И.А., Рязжских В.И., Галочкина Н.А., Макаркина Е.Н., Галочкин М.Н. Получение функциональных дисперсных систем на основе коллагеновых белков: формализованный подход к описанию тепло-массообменных процессов // Фундаментальные исследования. 2012. № 11-2. С. 383–388.
4. Глотова И.А., Литовкин А.Н. Проблемы и перспективы переработки вторичных продуктов убоя птицы // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2013. № 1. С. 7–12.
5. Глотова И.А., Литовкин А.Н. Переработка голов и ног птицы с получением пищевых модулей // Мясная индустрия. 2016. № 6. С. 48–50.
6. Глотова И.А., Литовкин А.Н., Артёмов Е.С., Ермолова А.В., Шахов С.В., Саранов И.А. Исследование процессов дегидратации биополимерных систем в составе птицепродуктов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 121. С. 801–812.
7. Фисинин В.И., Исмаилова Д.Ю., Волик В.Г., Лукашенко В.С., Салеева Ч.П. Глубокая переработка вторичных продуктов птицеводства для разных направлений исследования (обзор) // Сельскохозяйственная биология. 2017. Том 52. № 6. С. 1105–1115.
8. Мезенова О.Я. Перспективы получения и использования протеинов из вторичного рыбного сырья // Вестник международной академии холода. 2018. №1. С. 5–10.
9. Мезенова О.Я., Хелинг А., Мерзель Т. Биопотенциал вторичного рыбного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2018. № 1. С. 11–18.
10. Мезенова О.Я., Волков В.В., Мерзель Т., Гримм Т., Кюн С., Хелинг А., Мезенова Н. Ю. Сравнительная оценка способов гидролиза коллагенсодержащего рыбного сырья при получении пептидов и исследование их аминокислотной сбалансированности // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2018. Том 8. № 4. С. 83–94.
11. Воробьев В.И. Технология муки кормовой на основе рыбной чешуи: автореферат дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 2018. 24 с.
12. Пискаева А.И. Биотехнологические аспекты утилизации отходов птицеперерабатывающих предприятий // Уникальные исследования XXI века. 2016. № 10(22). С. 5–25.
13. Минченко В.Н., Коваль О.В., Васькина Т.И. Химический анализ костной ткани телят при включении в рацион биопротекторов в условиях техногенного загрязнения территории // Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии. 2016. № 1(53). С. 33–37.
14. Какимов А.К., Есимбеков Ж.С., Кабулов Б.Б. Минеральный состав реберных костей убойных животных // Международная научно-практическая конференция, посвященная памяти В.М. Горбатова. 2015. № 1. С. 217–219.
15. de Ca'ssiaFreitas K., Amancio O. M. S., de Moraes M. B. High-performance inulin and oligofructose prebiotics increase the intestinal absorption of iron in rats with iron deficiency anaemia during the growth phase. *British Journal of Nutrition*. 2012, no. 108, pp. 1008–1016.
16. Cheng L. and et al. Study on Prescription and Technology for Producing Calcium-rich Chewable Tablets Using Carp Bone. *Journal of Tianjin Agricultural University*. 2013, Is. 2, pp. 25–36.
17. Курчаева Е.Е., Артемов Е.С., Глотова И.А., Тертычная Т.Н., Калашикова С.В., Ходыкина О.И. Инновационные подходы к созданию продуктов питания функциональной направленности // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2015. № 1. С. 65–71.
18. Бессонова Л.А., Антипова Л.В., Черкасова А.В. Новая каротинсодержащая биологически активная добавка (БАД) «Тыкверон». Характеристика и способ получения // Пищевая промышленность. 2015. № 10. С.25–29.

References

1. Glotova I.A., Galochkina N.A., Boltykhov Yu.V. Functional collagen-containing substances based on secondary livestock products. *News of Higher Educational Institutions. Food Technology*. 2012, no. 4(328), pp. 16–19 (In Russian).
2. Litovkin A.N., Glotova I.A., Krivtsova O.Yu., Litovkin A.N. Secondary products of poultry slaughter as a raw material for functional preparations of animal proteins. *Modern High Technology*. 2014, no. 5-1, P. 189. (In Russian).
3. Glotova I.A., Ryazhskikh V.I., Galochkina N.A., Makarkina E.N., Galochkin M.N. Obtaining functional dispersed systems based on collagen proteins: a formalized approach to the description of heat and mass transfer processes. *Fundamental Research*. 2012, no. 11-2, pp. 383–388 (In Russian).
4. Glotova I.A., Ryazhskikh V.I., Galochkina N.A., Makarkina E.N., Galochkin M.N. Obtaining functional dispersed systems based on collagen proteins: a formalized approach to the description of heat and mass transfer processes. *Fundamental Research*. 2012, no. 11-2, pp. 383–388 (In Russian).

5. Glotova I.A., Litovkin A.N. Processing of heads and legs of a bird with obtaining food modules. *Meat Industry*. 2016, no. 6, pp. 48–50 (*In Russian*).
6. Glotova I.A., Litovkin A.N., Artyomov E.S., Ermolova A.V., Shakhov S.V., Saranov I.A. Investigation of the processes of dehydration of biopolymer systems in poultry products. *Political Mathematical Electronic Scientific Journal of the Kuban State Agrarian University*. 2016, no. 121, pp. 801–812 (*In Russian*).
7. Fisinin V.I., Ismailova D.Yu., Volik V.G., Lukashenko V.S., Saleeva Ch.P. Deep processing of secondary poultry products for different directions of research (review). *Agricultural Biology*. 2017, V. 52, no. 6, pp. 1105–1115 (*In Russian*).
8. Mezenova O.Ya. Prospects for the production and use of proteins from secondary fish raw materials. *Journal International Academy of Refrigeration*. 2018, no. 1, pp. 5–10 (*In Russian*).
9. Mezenova O.Ya., Heling A., Moerzel T. Biopotential of secondary fish raw materials. *University Proceedings. Food Technology*. 2018, no. 1, pp. 11–18 (*In Russian*).
10. Mezenova O.Ya., Volkov V.V., Moerzel T., Grimm T., Kuhn S., Heling A., Mezenova N. Yu. A comparative assessment of the methods of hydrolysis of collagen-containing fish raw materials in the preparation of peptides and the study of their amino acid balance. *News of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. 2018, V. 8, no. 4, pp. 83–94 (*In Russian*).
11. Vorobiev V.I. Technology of feed flour based on fish scale. *Expanded abstract of candidate's thesis*. Kaliningrad, 2018. 24 p. (*In Russian*).
12. Piskaeva A.I. Biotechnological aspects of waste disposal of poultry processing enterprises. *Unique Studies of the XXI century*. 2016, no. 10(22), pp. 5–25 (*In Russian*).
13. Minchenko V.N., Koval O.V., Vaskina T.I. Chemical analysis of calf bone tissue when bioprotectors are included in the diet under conditions of technogenic pollution of the territory. *Herald of the Bryansk State Agricultural Academy*. 2016, no. 1(53), pp. 33–37 (*In Russian*).
14. Kakimov A.K., Yesimbekov J.S., Kabulov B.B. The mineral composition of the costal bones of slaughter animals // *International scientific and practical conference dedicated to the memory of V.M. Gorbатов*. 2015, no. 1, pp. 217–219 (*In Russian*).
15. de Ca' ssiaFreitas K., Amancio O. M. S., de Moraes M. B. High-performance inulin and oligofructose prebiotics increase the intestinal absorption of iron in rats with iron deficiency anaemia during the growth phase. *British Journal of Nutrition*. 2012, no. 108, pp. 1008–1016.
16. Cheng L. and et al. Study on Prescription and Technology for Producing Calcium-rich Chewable Tablets Using Carp Bone. *Journal of Tianjin Agricultural University*. 2013, Is. 2, pp. 25–36.
17. Kurchaev E.E., Artemov E.S., Glotova I.A., Tertychnaya T.N., Kalashnikova S.V., Khodykina O.I. Innovative approaches to the creation of food products of a functional orientation. *Technologies and Commodity Science of Agricultural Products*. 2015, no. 1, pp. 65–71 (*In Russian*).
18. Bessonova L.A., Antipova L.V., Cherkasova A.V. The new carotene-containing biologically active additive (BAA) Tykveron. Description and production method. *Food Industry*. 2015, no. 10, pp. 25–29 (*In Russian*).

Статья поступила в редакцию 22.01.2020