

УДК 664.975.672.4

Технология кормовой муки из мясокостных тканей тюленей*М.М. Дяченко¹, Н.П., Боева¹, Э.П. Дяченко²*¹ Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии (ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва² ЗАО «Корпорация МетаСинтез» (г. Москва)

E-mail: bav@vniro.ru, amed-nauka@yandex.ru

Для увеличения выпуска кормовой муки необходимо расширение сырьевой базы в основном за счёт объектов, характеризующихся крупномасштабными запасами, но использующихся нерационально. Одним из таких объектов являются морские млекопитающие (тюлени). Экономическая эффективность переработки тюленей очень низка, т. к. в настоящее время они используются только для получения шкур и покровного сала, оставшаяся мясокостная часть туши не используется. В то же время морские млекопитающие (тюлени) являются одним из перспективных и биологически ценных объектов промысла для получения кормовых продуктов. Они содержат около 40% мясокостных тканей, характеризующихся полноценными белками, высоким содержанием легкоусвояемых минеральных элементов и могут служить сырьём для производства кормовой муки. Специалистами ФГБНУ «ВНИРО» разработана технология кормовой муки из мясокостных тканей тюленей. На основании проведённых сравнительных исследований установлено, что наиболее эффективный способ получения кормовой муки из мясокостных тканей тюленей (по сравнению с традиционными способами) — способ прямой сушки под вакуумом при инфракрасном энергоподводе. Рациональные технологические режимы процесса сушки сырья следующие: температура продукта в процессе сушки 60–70 °C, толщина слоя 3–5 мм, давление 0,08 МПа, плотность теплового потока 1,55–2,23 кВт/м², продолжительность процесса 15–20 минут. Установлено, что кормовая мука из мясокостных тканей тюленей характеризуется высокой кормовой и биологической ценностью: повышенным содержанием белка (до 66,5%), перевариваемостью белковых веществ (88,6%) и содержанием доступного лизина (3,51 г/16 г N), липидов с долей полененасыщенных жирных кислот (ПНЖК) омега три 19,6%, а также безопасна для кормления птиц и сельскохозяйственных животных.

Ключевые слова: кормовая мука, мясокостные ткани тюленей, морские млекопитающие, аминокислотный состав, перевариваемость белковых веществ, кормовая и биологическая ценность, вакуумная сушка при инфракрасном излучении, выход продукта.

ВВЕДЕНИЕ

Решение проблемы по увеличению объёмов выпуска кормовых продуктов из водных биологических ресурсов, используемых в животноводстве, птицеводстве, пушном звереводстве и товарном рыбоводстве определено

Концепцией развития рыбного хозяйства Российской Федерации на период до 2020 г.

Проблема дефицита животного белка, ставшая одной из главных на мировом рынке, требует бережного отношения к ресурсам живой природы и рационального их использования,

поиска новых источников белка животного происхождения.

В настоящий момент особое внимание специалистами рыбной отрасли уделяется разработке малоотходных и безотходных комплексных технологий переработки водных биологических ресурсов (ВБР), ранее неиспользовавшихся или использовавшихся нерационально. Одним из таких видов ВБР являются морские млекопитающие [Боева, 2007; Ильченко и др., 2011].

Если в середине двадцатого века в России добывалось до 1 млн. т продукции морских млекопитающих, то в настоящее время ресурсная база сократилась до 40 тыс. голов или менее 10 тыс. т. Однако даже этот ресурс используется не более чем на 10–15 %.

В 2013 г. общий допустимый улов (ОДУ) составил 18,6 тыс., а рекомендованный вылов (РВ) — 21,7 тыс. ластоногих. Коммерческое освоение ОДУ и РВ после 2008 г. остановилось полностью. Стабильно продолжается добыча морских млекопитающих лишь коренным населением в Чукотском автономном округе. Но даже с учётом высокого освоения ластоногих на Чукотке в целом по Российской Федерации освоение ресурсов морских млекопитающих низкое: лахтак — чуть выше 30%, кольчатой нерпы (акибы) — 25%, ларги — менее 5% [Болтнев и др., 2016].

При решении вопросов о целесообразном и полном использовании добываемого морского зверя важно хорошо знать соотношение и состав отдельных частей его туши и ценность их как промышленного сырья.

Соотношение масс частей тела у ластоногих (% от массы тела) меняется в зависимости от вида, возраста, пола и упитанности животных. Так весной, после щенки, зверь тоньше и толщина сала небольшая, осенью же достаточно жирен и слой сала достигает значительной толщины. Остающиеся после снятия хоровины туши составляют около 40 % от массы животного; масса туши изменяется от 10–30 (акиба *Rhocea hispida* Schreber, 1775) до 120–170 кг (лахтак *Erignathus barbatus* (Erxleben, 1777)) [Бодров и др., 1985].

К несъедобным частям тела ластоногих относят шкуру, кости, почти все внутренности. Наиболее ценной съедобной частью ластоногих является мясо, которое образуется сочетанием мышечной, жировой и соединительной тканей, а также сосудистых систем (кровеносной и лимфатической). Соотношение между массой съедобной и несъедобной частей тела у ластоногих следующее: съедобная часть — 30–45 % от массы тела; несъедобная часть — 55–70 % [Привезенцев, 2008]. Весовые соотношения частей туши промысловых ластоногих, полученных при разделке, представлены в табл. 1.

Согласно данным, представленным в табл. 1, выход мясокостных тканей доходит до 42,7 % от массы всей туши (в том числе до 32,9 % мяса и 9,8 % костей). Однако эти части туши (от 10,7 до 64,7 кг в зависимости от вида животного) при разделке ластоногих в настоящее время не утилизируются.

Изучение массового состава туш ластоногих позволило сделать вывод о необходимости

Таблица 1. Весовые соотношения частей туши ластоногих (% от массы неразделанной туши)
[Кизеветтер, 1966; Строкова, 2001]

Вид тюленя	Масса туши, кг	Шкура, %	Сало, %	Мясокостные ткани, %	В том числе		Прочие отходы, %
					мясо	кости	
Охотоморский тюлень	152,0	10,8	19,9	42,7	32,9	9,8	26,5
Пятнистый тюлень (ларга)	44,8	5,5	28,2	39,7	29,4	10,3	25,5
Кольчатая нерпа (акиба)	27,8	7,7	27,3	38,4	27,9	10,5	27,1
Каспийский тюлень	52,7	6,4	29,4	40,9	31,9	9,0	23,7
Гренландский тюлень	160,0	9,5	30,2	38,8	29,5	9,3	23,9

разработки технологии переработки ценного мясного и костного сырья животных с целью повышения эффективности его использования.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Объектами исследования являлись:

- мясокостные ткани промысловых видов тюленей: морского зайца (лахтака), каспийского тюленя (*Rusa caspica* Gmelin, 1788);
- жом (плотная часть, образуемая при обезвоживании разваренной массы сырья);
- образцы кормовой муки из мясокостных тканей тюленей, полученные различными способами (прессово-сушильным, способом прямой сушки при атмосферном давлении и под вакуумом).

Отбор средних проб для органолептических и физико-химических исследований сырья и полученных продуктов, подготовку их к анализам осуществляли в соответствии с ГОСТ 7631 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Правила приёмки, органолептические методы оценки качества, методы отбора проб для лабораторных испытаний». Отбор проб и определение органолептических показателей качества мяса тюленя осуществляли по ГОСТ 7269 «Мясо. Методы отбора образцов и органолептические методы определения свежести».

Общий химический состав образцов сырья (мясокостных тканей), жома, кормовой муки определяли в соответствии с ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа».

Выделение липидов из сырья и муки проводили бинарным растворителем по методу Блайа — Дайера [Егорова, Трецьева, 1970].

Содержание липидов, кислотное и перекисное числа определяли по ГОСТ 7636 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа». Содержание оксикислот определяли в соответствии с методическими указаниями (МУК) по определению содержания оксикислот в кормах и кормовой муке из гидробионтов, утвержденными Департаментом ветеринарии РФ, 2001 г.

Используя растворы трихлоруксусной и фосфорно-молибденовой кислот, проводили

осаждение белков и свободных аминокислот в исследуемых образцах. Содержание небелкового азота определяли по разности между общим и белковым азотами, а полипептидного азота по разности между небелковым и аминокислотным азотами [Лазаревский, 1955].

Аминокислотный состав белков определяли на автоматическом аминокислотном анализаторе «Hitachi» CLA-5; подготовку образцов для анализа проводили по методу Мура и Штейна [Лазаревский, 1955].

Перевариваемость белка определяли после ферментирования навесок образцов пепсином [Егорова, Трецьева, 1970].

Жирно-кислотный состав липидов определяли путём разделения смеси метиловых эфиров жирных кислот на газовом хроматографе SHIMADZU GC-9A.

Содержание в муке доступного лизина определяли по разнице между общим и недоступным лизином, определяемыми при условиях, установленных ГОСТ Р 51416.

Минеральный состав мясокостных тканей тюленей и кормовой муки определяли согласно методикам, изложенным в следующих документах: фосфор по ГОСТ 26657, кальций по ГОСТ 26570, магний по ГОСТ 30502, натрий и хлорид натрия по ГОСТ 13496.1, цинк и медь — согласно МУК 4.1.763—4.1.779, марганец, железо, кобальт по ГОСТ Р 51637.

Содержание тяжёлых металлов определяли методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA 7601 (Shimadzu): кадмий по ГОСТ 26933, свинец по ГОСТ 26932, мышьяк — ГОСТ 26930, ртуть по ГОСТ 26927. Содержание хлорограннических пестицидов определяли на газовом хроматографе Shimadzu GC-9A: ГХЦГ — МР23—03/12—402, п. 1; ДДТ и метаболиты — МЗ СССР 11.07.90. Содержание радионуклидов определяли по ГОСТ Р 54015, ГОСТ Р 54016, ГОСТ Р 54017.

Микробиологические показатели безопасности — общее микробное число (ОМЧ), наличие патогенных бактерий рода *Escherichia coli* определяли по ГОСТ 10444.15, ГОСТ 30726.

Для проведения экспериментов использовали: мясокостные ткани мороженые каспий-

ского тюленя и лахтака из Охотского моря. Сырьё хранилось в течение 2–3 месяцев при температуре -18°C . Мясокостные ткани размораживали на воздухе при температуре $20\text{--}22^{\circ}\text{C}$ до температуры $-4\text{--}6^{\circ}\text{C}$ и двухстадийно измельчали до состояния однородной фаршобразной массы. На первой стадии в машине для дробления костей (до размера 4–6 см), на второй — в волчке (размер кусочков не более 3 мм).

При выполнении работы были проведены эксперименты по получению кормовой муки следующими способами:

- прессово-сушильным;
- прямой сушки.

Мясокостные ткани тюленей высушивали следующими способами:

- при атмосферном давлении;
- под вакуумом;
- при инфракрасном излучении;
- вакуумная сушка в тонком слое при объёмном инфракрасном энергоподводе.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Мясо ластоногих в отличие от мяса крупного рогатого скота имеет крупные волокна, более тёмную окраску и развитую систему толстых соединительных пленок. Тёмно-красную окраску мясо приобретает за счёт высокого содержания в мышцах растворимого в воде белка миоглобина, окрашивающего мышцы в красный цвет [Кизеветтер, 1966].

Для обоснования выбора сырья был исследован общий химический состав мясокостных тканей основных промысловых видов тюленей. Результаты представлены в табл. 2.

Исходя из данных табл. 2 можно сказать, что общий химический состав мясокостных тканей различных видов тюленей отличается незначительно и характеризуется высоким содержанием белка (около 18%) и низким содержанием жира (до 3,3%), что свидетельствует о перспективности данного сырья для получения кормовой муки как высокобелкового компонента кормов для жи-

Таблица 2. Общий химический состав мясокостных тканей основных промысловых видов тюленей

Виды тюленей	Содержание, %			
	влага	жир	белок (азот. в-ва $\times 6,25$)	зола
Морской заяц (лахтак)*	65,3±0,1	3,3±0,3	18,1±0,5	12,5±0,1
Гренландский тюлень**	65,0±0,8	2,7±0,2	18,5±0,1	13,1±0,4
Каспийский тюлень*	64,2±0,2	3,1±0,4	18,2±0,6	14,1±0,2
Пятнистый тюлень (ларга)**	65,9±0,5	2,8±0,4	18,4±0,5	12,0±0,3
Кольчатая нерпа (акиба)**	65,4±0,1	3,0±0,5	18,2±0,3	13,1±0,2

* Данные собственных исследований.

** Литературные данные [Бодров и др., 1985; Кизеветтер, 1966].

Таблица 3. Фракционный состав азотистых веществ белка мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака

Наименование объекта исследования	Содержание фракций азота				
	общий азот*	белковый азот*	небелковый азот*	полипептидный азот**	азот аминокислот**
Мясокостные ткани каспийского тюленя	2,90/100	2,42/83,6	0,48/16,4	0,31/64,5	0,17/35,5
Мясокостные ткани лахтака	2,80/100	2,25/80,2	0,55/19,8	0,33/60,2	0,22/39,8

* В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе содержание фракций относительно общего азота, в %.

** В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе содержание фракций относительно фракции небелкового азота, в %.

вотных и птиц. Количество минеральных веществ в мясокостных тканях тюленей также характеризуется повышенными значениями (до 14%) вследствие довольно высокого содержания костей в сырье (20–25%). Сходные данные химического состава позволяют предположить, что мясокостные ткани данных видов тюленей можно перерабатывать по одной технологической схеме.

Для более глубокого изучения качества мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака в них был изучен фракционный состав азотистых веществ белка (табл. 3).

Из данных, представленных в табл. 3, видно, что мясокостные ткани тюленей характеризуются повышенным содержанием белкового азота (до 83,6%) и невысоким содержанием азота аминокислот (35,5–39,8%), что свидетельствует о хорошем качестве сырья.

В табл. 4 представлены данные аминокислотного состава мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака.

Результаты исследований аминокислотного состава мясокостных тканей тюленей показывают, что белки обоих видов тюленей содержат почти все незаменимые аминокислоты. В белках мясокостных тканей в значительном количестве были обнаружены следующие незаменимые аминокислоты (г/100 г белка): лейцин — 7,5–7,52, лизин — 8,01–10,21, изолейцин — 5,21–7,30, сумма тирозина и фенилаланина — 7,17–7,55.

Биологическая ценность белка исследуемых тюленей оценивалась по аминокислотному скору, рассчитанному по справочной шкале ФАО/ВОЗ. Для белков мясокостных тканей обоих видов тюленей АМК скор изолейцина, валина, лейцина, тирозина и фенилалани-

Таблица 4. Аминокислотный состав мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака и эталон ФАО*/ ВОЗ**

Название аминокислоты	Эталон ФАО/ ВОЗ	Мясокостные ткани каспийского тюленя		Мясокостные ткани лахтака	
		г/100 г	АМК скор***, %	г/100 г	АМК скор, %
Аспаргиновая к-та		10,33		8,21	
Серин		9,84		4,50	
Глутаминовая к-та		10,82		13,33	
Пролин		5,57		6,10	
Глицин		8,95		5,82	
Аланин		4,62		6,06	
Гистидин		7,19		3,09	
Аргинин		6,60		8,50	
Сумма заменимых аминокислот		63,92		55,61	
Цистеин+Метионин	2,5	1,90	76,0	4,70	188,0
Тreonин	3,4	2,94	86,5	3,01	88,5
Валин	3,5	3,52	100,6	5,10	145,7
Изолейцин	2,8	5,21	186,1	7,30	260,7
Лейцин	6,6	7,50	113,6	7,52	113,9
Триптофан	1,0	-	-	-	-
Тирозин+Фенилаланин	6,3	7,17	113,8	7,55	119,8
Лизин	5,8	8,01	138,1	10,21	176,0
Сумма незаменимых аминокислот		36,25		45,39	

* ФАО (FAO) — продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН.

** ВОЗ — всемирная организация здравоохранения.

*** АМК скор — аминокислотный скор.

на, лизина составляет более 100 %, что свидетельствует о сбалансированности белков по данным аминокислотам. Также следует отметить высокое содержание такой важной в кормовом отношении аминокислоты как лизин: 8,01 г/100 г белка в тканях каспийского тюленя и 10,21 г/100 г белка в тканях лахтака.

Биологическую ценность мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака характеризует жирно-кислотный состав липидов, содержащихся в них. Липиды являются отличными источниками легкодоступной энергии и биологически активных полиненасыщенных жирных кислот для птиц и сельскохозяйственных животных. Основные достоинства кормовых липидов — это высокая их энергоёмкость

и высокое содержание биологически активных жирных кислот [Фисинин и др., 2004; Архипов, 2007]. Результаты исследований приведены в табл. 5.

Состав и количественное содержание жирных кислот липидов мясокостных тканей ластоногих весьма разнообразно. Согласно данным, представленным в таблице 5, в образцах липидов из мясокостных тканей тюленей отмечено высокое содержание пальмитиновой (11,8–14,9 %), пальмитолеиновой (12,0–14,7 %), олеиновой (31,3–32,4 %), докозагексаеновой (16,9–19,1 %) кислот.

Вследствие высокого содержания костей в сырье представляет интерес изучение минерального состава мясокостных тканей тюленей.

Таблица 5. Жирно-кислотный состав липидов, выделенных из мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака, % от суммы жирных кислот

Название жирной кислоты	Код	Мясокостные ткани каспийского тюленя	Мясокостные ткани лахтака
Лауриновая	12:0	0,1	—
Миристиновая	14:0	3,6	3,1
Миристоолеиновая	14:1 ω7	0,5	0,4
Пентадекановая	15:0	0,3	0,7
Пентадециновая	15:1	0,2	—
Пальмитиновая	16:0	11,8	14,9
Пальмитолеиновая	16:1 ω7	12,0	14,7
Гептадекановая	17:0	0,8	0,4
Цис-10-Гептадекановая	17:1	1,0	0,5
Стеариновая	18:0	2,0	3,1
Олеиновая	18:1 ω9	32,4	31,3
Линолевая	18:2 ω6	1,4	2,5
Линоленовая	18:3 ω3	2,7	3,8
Мороктиновая	18:4	1,3	0,6
Эйкозеновая	20:1 ω11	5,3	8,3
Эйкозатриеновая	20:3	0,9	—
Эйкозатетраеновая	20:4 ω3	0,4	0,5
Арахидоновая	20:4 ω6	0,2	0,8
Эйкозапентаеновая	20:5 ω3	6,4	3,3
Докозапентаеновая	22:5 ω3	3,8	2,1
Докозагексаеновая	22:6 ω3	19,1	16,9
Сумма насыщенных кислот		18,6	22,2
Сумма мононенасыщенных кислот		51,4	55,2
Сумма полиненасыщенных кислот		36,2	31,5
Сумма ПНЖК омега три		32,4	26,6
Сумма 20:5 ω3, 22:6 ω3		25,5	20,2
Фактор F		4,3	7,1

В табл. 6 представлено содержание микро- и макроэлементов в мясокостных тканях каспийского тюленя и рекомендации специалистов Всероссийского научно-исследовательского и технологического института птицеводства (ВНИТИП) по их среднему содержанию в компонентах комбикормов [Фисинин и др., 2004].

Исследования минерального состава мясокостных тканей тюленей свидетельствуют о содержании в них основных макро- и микроэлементов, причём такие, как кальций, фосфор, хлор, йод, железо содержатся в значительном количестве. Богатый минеральный состав сырья (мясокостные ткани тюленей) делает их особенно ценными в кормовом отношении.

В образцах мясокостных тканей тюленей (каспийского тюленя и лахтака) были изуче-

ны микробиологические показатели ввиду возможного распространения микроорганизмов во время транспортирования сырья.

Результаты показали, что образцы мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака соответствуют требованиям, установленным СанПиН 2.3.2.1078 для мяса ластоногих.

С учётом накопления хлорорганических пестицидов, а также ртути и мышьяка в мясе морских животных проведена токсиколого-гигиеническая оценка суммарного воздействия их на организм с.-х. животных путём сопоставления фактической дозы поступления этих веществ с мясом тюленей с максимально допустимой суточной дозой по СанПиН 2.3.2.1078.

Результаты, представленные в табл. 8, свидетельствуют о практическом отсутствии пе-

Таблица 6. Содержание микро- и макроэлементов в тканях каспийского тюленя

Наименование элементов	Содержание в мясокостных тканях каспийского тюленя	Рекомендации по среднему содержанию микро- и макроэлементов в компонентах комбикормов
<i>Макроэлементы, %</i>		
Натрий	2,20±0,15	0,90
Калий	1,52±0,02	0,45
Кальций	6,80±0,36	4,26
Магний	1,15±0,20	—
Хлор	2,40±0,13	0,7
Фосфор	3,10±0,16	2,57
<i>Микроэлементы, мг/кг</i>		
Медь	20,30±0,10	—
Марганец	2,51±0,30	—
Цинк	100,50±0,17	—
Йод	2,30±0,65	—
Железо	448,20±0,54	—

Таблица 7. Микробиологические показатели мясокостных тканей каспийского тюленя и лахтака

Наименование определяемого показателя	Допустимый уровень по СанПиН 2.3.2.1078 (индекс 1.3.1.2)	Фактическое содержание в мясокостных тканях	
		каспийского тюленя	лахтака
КМАФАнМ*, КОЕ/г, не более	1·10 ⁵	1·10 ³	<1·10 ¹
БГКП** (coliформы), в 0,001 г	Не допуск.	н/о	н/о
Патогенные микроорганизмы, в т. ч. сальмонелла в 25 г;	Не допуск.	н/о	н/о
L. monocytogenes в 25 г;	Не допуск.	н/о	н/о
S. aureus в 0,01 г	Не допуск.	н/о	н/о

* Количество мезофильных аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

** Бактерии группы кишечной палочки.

Таблица 8. Содержание показателей безопасности в мясокостных тканях каспийского тюленя и лахтака

Определяемые показатели	Мякотные ткани каспийского тюленя	Мякотные ткани лахтака	Допустимый уровень по СанПиН 2.3.2.1078 (индекс 1.3.1)
ДДТ* и его метаболиты	Не обнаружены	Не обнаружены	0,20
ГХЦГ** и его изомеры	Не обнаружены	Не обнаружены	0,20
Гептахлор	Не обнаружен	Не обнаружен	0,20
Кадмий	0,08	0,04	0,20
Свинец	0,31	0,07	1,00
Мышьяк	0,01	0,01	5,0
Медь	0,30	0,22	80,0
Цинк	0,50	0,08	100,0
Ртуть	0,04	0,01	0,5

* Дихлордифенил трихлорметилметан.

** Гексахлорциклогексан.

стицидов и тяжёлых металлов в мясокостных тканях каспийского тюленя и лахтака.

На основании проведённых исследований по изучению химического состава, показателей безопасности и биологической ценности сырья установлено, что благодаря высокому содержанию белка, повышенному содержанию полиненасыщенных и эссенциальных кислот в липидах мясокостные ткани тюленей обладают высокой кормовой и биологической ценностью. Это даёт основание полагать, что из исследованного сырья можно получать высококачественный продукт — кормовую муку для птиц, животных и рыб.

Для выбора наиболее перспективного способа получения кормовой муки из мясокостных тканей тюленей были проведены сравнительные исследования трёх способов: прессово-сушильного, способа прямой сушки при атмосферном давлении и способа прямой сушки под вакуумом. В результате проведённых экспериментов было установлено, что выход кормовой муки, полученной прессово-сушильным способом без использования подпрессового бульона, имеет пониженное значение — 17,5% (по сравнению со способом прямой сушки), что объясняется частичным переходом растворённых азотосодержащих веществ, минеральных веществ и липидов в подпрессовые бульоны. Выход кормовой муки, полученной способом прямой сушки, на 5,5–6,5% выше (23,5–24,5%), чем муки, полученной прессово-сушильным способом. Содержание белка

в образцах муки, полученных способом прямой сушки, на 2,0–4,6% выше (62,4–65,0%), чем в муке, полученной прессово-сушильным способом. Поэтому считаем, что получать кормовую муку из мясокостных тканей тюленя целесообразно способом прямой сушки. Специфической особенностью производства кормовой муки способом прямой сушки является высушивание сырья без предварительного отделения влаги и жира. Способ прямой сушки в технологии получения кормовой муки подразумевает процесс одновременного разваривания и сушки сырья в одном аппарате, который сначала работает как варильник, а затем как аппарат для сушки [Боева и др., 2008].

Для обоснования выбранного способа получения кормовой муки из мясокостных тканей тюленей были изучены изменения азотосодержащих веществ сырья при получении кормовой муки разными способами.

Анализ данных, представленных в табл. 9, показал, что в кормовой муке, полученной прессово-сушильным способом, содержание небелкового азота увеличилось на 21,3% (от общего азота), а содержание белкового снизилось в 1,2 раза по сравнению с его содержанием в сырье. В сравнении с другими способами получения кормовой муки мука прессово-сушильного способа отличается повышенным содержанием небелковых азотосодержащих веществ. Их накопление происходит за счёт гидролитического распада белков при тепловой обработке сырья до полипептидов, а полипеп-

Таблица 9. Фракционный состав азотистых веществ сырья и образцов кормовой муки, полученной из него различными способами

Наименование объекта исследования	Содержание фракций азота				
	общий азот*	белковый азот*	небелковый азот*	полипептидный азот**	азот аминокислот**
Мясокостные ткани каспийского тюленя	2,90/100	2,42/83,6	0,48/16,4	0,31/64,5	0,17/35,5
Способ получения					
Прессово-сушильный способ	9,5/100	5,9/62,3	3,6/37,7	2,5/69,0	1,1/31,0
Способ прямой сушки при атмосферном давлении	9,9/100	6,7/67,5	3,2/32,5	2,4/75,1	0,8/24,9
Способ прямой сушки под вакуумом	10,4/100	7,5/72,0	2,9/28,0	2,2/77,2	0,7/22,8
Способ прямой сушки при инфракрасном излучении	10,5/100	7,8/74,0	2,7/26,0	2,1/78,5	0,6/21,5

* В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе — содержание фракций относительно общего азота в %.

** В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе — содержание фракции относительно фракции небелкового азота, в %.

тидов до аминокислот и низкомолекулярных азотосодержащих веществ. В процессе получения кормовой муки прессово-сушильным способом высокая температура сушки и продолжительное время процесса интенсифицируют гидролитический распад белков до полипептидов, а полипептидов до аминокислот, что приводит к получению муки с низкими показателями качества белка: содержание полипептидного азота 69,0%, азота аминокислот 31,0% от небелкового азота.

Образцы кормовой муки, полученные способом прямой сушки под вакуумом и сушки при инфракрасном излучении, характеризуются повышенным содержанием белкового азота (на 4,5–9,7% больше в сравнении с другими способами) и полипептидного (на 2,1–8,2% больше) от небелкового азота. Лучшие показатели качества белка в этих образцах можно объяснить мягкими температурными режимами и небольшой продолжительностью процесса, а также применением пониженного давления.

Для обоснования и выбора наиболее эффективного способа сушки (с сохранением ценных веществ за счёт невысокой температуры про-

цесса и его небольшой продолжительности) при получении кормовой муки из мясокостных тканей тюленей были проведены сравнительные исследования трёх способов сушки: сушки под вакуумом в вакуумном сушильном шкафу «Yamato» DP32, сушки при атмосферном давлении в сушильном шкафу LOIP TR LF 120/300-VS1 и инфракрасной сушки при атмосферном давлении в сушилке ИС-6.

Образцы кормовой муки, полученной способом сушки под вакуумом и сушки при инфракрасном излучении, характеризовались высокими органолептическими показателями: светло-коричневым цветом и запахом сушёного мяса, а мука, полученная способом сушки при атмосферном давлении, тёмно-коричневым цветом и лёгким запахом подгорелого белка.

При сравнении режимов различных способов тепловой обработки процесс сушки под вакуумом, а также при инфракрасном излучении характеризовался более низкой температурой и меньшим временем обработки. При этом температура сушки под вакуумом колебалась в интервале 65–70 °C и при инфракрасном излучении 70–75 °C, что было на 10–15 °C ниже, чем температура сушки при атмосфер-

ном давлении. Продолжительность сушки при инфракрасном излучении на 90 минут, а при сушке в вакууме на 75 минут меньше продолжительности сушки при атмосферном давлении. Выход кормовой муки при сушке сырья под вакуумом составляет 24% от массы сырья против 23% в случае сушки при атмосферном давлении.

В табл. 10 представлен общий химический состав образцов кормовой муки, полученных способом сушки под вакуумом, при инфракрасном излучении и при атмосферном давлении.

Данные табл. 10 свидетельствуют о том, что в сравнении с сырьем в процессе сушки происходит увеличение содержания белка (в 3,5 раза) и жира (в 2 раза) в готовой кормовой муке. При этом кормовая мука, полученная способом сушки под вакуумом и способом сушки при инфракрасном излучении, характеризуется повышенным содержанием белка (на 3,1–3,9%) вследствие более мягкого температурного режима и меньшей продолжительности процесса, а значит, имеет повышенную кормовую ценность.

На основании данных сравнительных экспериментальных исследований технологических режимов обработки, анализа общего химического состава кормовой муки из мясокостных тканей ластоногих, полученной способом сушки при атмосферном давлении, под вакуумом и при инфракрасном излучении, наиболее перспективными считаем два способа: способ сушки под вакуумом и способ сушки при инфракрасном излучении вследствие на-

именьшой продолжительности процесса, более низкой температуры сушки, способствующих получению продукта более высокого качества.

Использование традиционных методов для обезвоживания мясокостных тканей тюленя затруднено спецификой физико-химического состава продукта, высоким содержанием влаги, а также особенностями механизма внутреннего тепломассопереноса [Ильченко, Боева, 2010]. В связи с чем для повышения эффективности процесса и получения кормовой муки высокого качества необходимы поиск и разработка новых способов сушки сырья.

Для повышения эффективности процесса сушки нами предложен способ вакуумной сушки в тонком слое при объёмном инфракрасном энергоподводе. Инфракрасная сушка — экологически чистая технология сушки, безопасная для человека и окружающей среды [Беляева, 2004]. Инфракрасное излучение определённой длины волн активно поглощается содержащейся в продукте влагой и пропускается тканью продукта, в результате чего удаление влаги возможно при невысокой температуре, что даёт возможность практически полностью сохранить биологически активные вещества, витамины, естественный цвет, вкус и запах высушиваемых продуктов (на уровне 80–90% от исходного сырья) [Алексанян, 2001; Дяченко, 2009].

Для сравнительного анализа влияния способа сушки на качество готового продукта и разработки рациональных режимов процесса выбран способ конвективной сушки при

Таблица 10. Общий химический состав образцов кормовой муки, полученных способом сушки под вакуумом, при инфракрасном излучении и при атмосферном давлении

Наименование образца	Содержание, %			
	вода	жир	белок (азот. в-ва × 6,25)	зола
Сырьё (мясокостные ткани тюленя)	65,3±0,3	3,3±0,1	18,1±0,4	12,5±0,2
Кормовая мука, полученная способом сушки при атмосферном давлении	6,5±0,2	6,9±0,1	62,4±0,1	22,9±0,3
Кормовая мука, полученная способом сушки под вакуумом	5,2±0,1	6,7±0,6	65,0±0,4	22,7±0,2
Кормовая мука, полученная способом сушки при инфракрасном излучении	5,1±0,3	6,1±0,4	66,1±0,1	22,7±0,1

атмосферном давлении. За целевую функцию выбран удельный съём сухого продукта (фарша из мясокостных тканей тюленя) с единицы площади рабочей поверхности в единицу времени (Π), $\text{кг}/(\text{м}^2 \times \text{ч})$.

В результате экспериментов установлено, что основными факторами, влияющими на интенсивность сушки мясокостных тканей тюленей, являются:

— для сушки при инфракрасном (ИК) энергоподводе в вакууме:

толщина слоя продукта (h), м;
плотность теплового потока (E), $\text{kBt}/\text{м}^2$;
начальная влажность продукта (W_n), $\text{кг}/\text{кг}$;
остаточное давление в вакуумной камере (P), kPa ;

— для прямой сушки при атмосферном давлении:

толщина слоя продукта (h), м;
начальная влажность продукта (W_n), $\text{кг}/\text{кг}$;
скорость сушильного агента (V), $\text{м}/\text{с}$;
температура сушильного агента (T), $^{\circ}\text{C}$.

Существенное влияние на скорость сушки и величину съёма сухого продукта оказывает его начальная влажность (W_n), $\text{кг}/\text{кг}$. В технологии получения кормовой муки из мясокостных тканей тюленя начальная влажность составляет (W_n) — 0,663 $\text{кг}/\text{кг}$.

На основе поисковых экспериментальных исследований процесса вакуумной инфракрасной сушки мясокостных тканей в слое выявлено, что поддержание остаточного давления в вакуумной камере целесообразно на уровне (P) — 0,08 МПа, что является экономически оправданным и достаточным для интенсификации процессов самоиспарения и объёмной дегазации при сушке.

Варьирование уровня плотности теплового потока (E), $\text{kBt}/\text{м}^2$ при вакуумной инфракрасной сушке в серии экспериментов достигалось изменением подаваемого на излучатели напряжения (U), которое варьировалось в пределах от 75 до 105 В, что соответствует максимальной длине волны излучателя $\lambda_{\max} = 1,724 - 1,589 \text{ мкм}$ (ИК генераторы КГТ-220-1000).

Для разработки технологии низкотемпературной сушки мясокостных тканей тюленя температура продукта не должна превышать 60–70 $^{\circ}\text{C}$. Таким образом, учитывая интенсивность процесса, величину теплового пото-

ка необходимо поддерживать в диапазоне $E = 1,55 - 2,23 \text{ кВт}/\text{м}^2$, увеличение $E > 2,23 \text{ кВт}/\text{м}^2$ приводит к ухудшению качества готового продукта. Снижение $E < 1,55 \text{ кВт}/\text{м}^2$ нецелесообразно ввиду резкого сокращения съёма сухого продукта.

Согласно результатам экспериментальных исследований толщину слоя продукта, нанесённого на рабочую поверхность, следует выдерживать в пределах $h = 3 - 5 \text{ мм}$, что определяется технологическими особенностями процесса. Нанесение слоя толщиной менее 3 мм нецелесообразно ввиду снижения съёма сухого продукта, а также затруднения равномерного нанесения продукта на рабочую поверхность. Сушка слоя толщиной более 5 мм приводит к локальному вскипанию слоя, его недосыханию и подгоранию на различных участках по толщине и поверхности продукта. При этом на поверхности слоя наблюдается образование корки, препятствующей выходу влаги из внутренних слоёв [Ильченко и др., 2009].

Верхний предел диапазона $V = 1,8 - 3,4 \text{ м}/\text{с}$ ограничен гидродинамическими особенностями процесса. При $V > 3,4 \text{ м}/\text{с}$ на завершающей стадии сушки наблюдается унос частиц продукта. Организация потока со скоростью менее 1,8 $\text{м}/\text{с}$ нецелесообразна из-за существенного снижения съёма сухого продукта.

В табл. 11 представлена сравнительная характеристика основных технологических режимов процесса инфракрасной сушки в вакууме и сушки мясокостных тканей тюленя при атмосферном давлении.

В сравнении с сушкой при атмосферном давлении интенсивность процесса инфракрасной сушки в вакууме при «мягких» режимах способствует увеличению удельного съёма сухого продукта в 2–3 раза (табл. 11). При этом необходимо учесть, что при прочих равных условиях (начальной влажности исходного продукта 66,3% и толщине слоя 3–5 мм) продолжительность процесса сокращается в 2,5–3 раза, температура продукта снижается на 10–15 $^{\circ}\text{C}$, а высушенный материал обладает высокими качественными показателями и полностью соответствует требованиям ГОСТ 2116 на кормовую муку.

В табл. 12 представлены данные по общему химическому составу сырья (мясокостных тка-

Таблица 11. Сравнительные характеристики технологических режимов сушки мясокостных тканей тюленя способами инфракрасной сушки в вакууме и сушки при атмосферном давлении

Режимы	Единица измерения	Сушка при инфракрасном энергоподводе в вакууме	Прямая сушка при атмосферном давлении
Начальная влажность	%	66,3	66,3
Конечная влажность	%	7,8	8,2
Толщина слоя	мм	3–5	3–5
Температура продукта	°C	60–70	75–80
Давление	МПа	0,08	–
Удельный съём высушенного продукта	кг/(м ² ·ч)	4,2–7,45	0,89–2,12
Продолжительность процесса	мин	7–20	130–150
Скорость сушильного агента	м/с	–	1,8–3,4
Плотность теплового потока	кВт/м ²	1,55–2,23	–

Таблица 12. Общий химический состав сырья и кормовой муки, полученной способами инфракрасной сушки в вакууме и при атмосферном давлении

Наименование образца	Содержание, %			
	влага	жир	белок (азот. в-ва × 6,25)	зола
Мясокостные ткани тюленя	65,3±0,2	3,3±0,4	18,1±0,1	12,5±0,3
Кормовая мука, полученная способом вакуумной сушки при инфракрасном энергоподводе	6,3±0,4	5,5±0,3	66,2±0,1	21,7±0,2
Кормовая мука, полученная способом прямой сушки при атмосферном давлении	6,5±0,4	6,9±0,3	62,4±0,1	22,9±0,2

ней тюленя) и образцов муки, полученных способом инфракрасной сушки в вакууме и сушки при атмосферном давлении.

Данные табл. 12 свидетельствуют о том, что в процессе сушки происходит увеличение содержания белка (в 3–3,7 раза) и жира (в 1,7–2 раза) в готовом продукте. Мука, полученная способом инфракрасной сушки в вакууме, содержит больше на 4 % белка, чем мука, высушенная сушкой при атмосферном давлении (62,2 %), а значит имеет повышенную кормовую ценность. На основании проведённых исследований установлено, что использование инфракрасного излучения и создание низкого давления в технологии получения кормовой муки из мясокостных тканей морских млекопитающих по отношению к способу прямой сушки при атмосферном давлении способствует значительной интенсификации процесса.

В результате серии экспериментов и математической обработки данных определены и обоснованы рациональные режимы проведения процесса инфракрасной сушки мясокостных тканей тюленей под вакуумом: температура сушки 60–70 °C; толщина слоя 3–5 мм; продолжительность 15–20 минут; давление 0,08 МПа, плотность теплового потока 1,55–2,23 кВт/м²; удельный съём сухого продукта 7,5 кг/м²·час. Полученные результаты защищены патентом РФ на полезную модель № 119449 «Вакуумная установка для сушки высокоадгезионных вязких пастообразных и жидких продуктов» [Дяченко и др., 2012].

На основании проведённых исследований разработана технологическая схема производства кормовой муки из мясокостных тканей ластоногих млекопитающих [Боева и др., 2008] (рис. 1).

По органолептическим признакам кормовая мука из мясокостных тканей тюленей была охарактеризована как порошок от коричневого до тёмно-коричневого цвета с мелкими включениями костей без признаков комковатости и характерным запахом сушёного мяса.

В табл. 13 представлены показатели общего химического состава кормовой муки и требования ГОСТ 2116, предъявляемые к кормовым продуктам.

Анализируя данные таблицы, стоит отметить, что кормовая мука из мясокостных тканей тюленей соответствует требованиям ГОСТ 2116 по содержанию влаги и жира (6,3 и 5,5 %), а также характеризуется высоким содержанием белка (66,2 %), превышающим требования ГОСТ на 16,2 %.

С целью более глубокого изучения качества кормовой муки и изменений азотистых веществ белка в процессе тепловой обработки был изучен их фракционный состав (табл. 14).

Из представленных в табл. 14 данных видно, что в процессе высушивания под воздействием температуры происходит частичная деструкция азотистых соединений кормовой муки, что приводит к уменьшению содержания белкового азота и увеличению содержания небелкового. В целом при выбранном способе тепловой обработки мясокостных тканей тюленей не происходит значительного снижения качества полученной из них кормовой муки, т. к. содержание белкового азота снижается только на 8,6 %, а полипептидного на 5 % от небелкового азота по сравнению с их содержанием в сырье.

С целью исследования биологической ценности белка кормовой муки из мясокостных тканей тюленя были определены показатели качества белка: содержание доступного лизи-

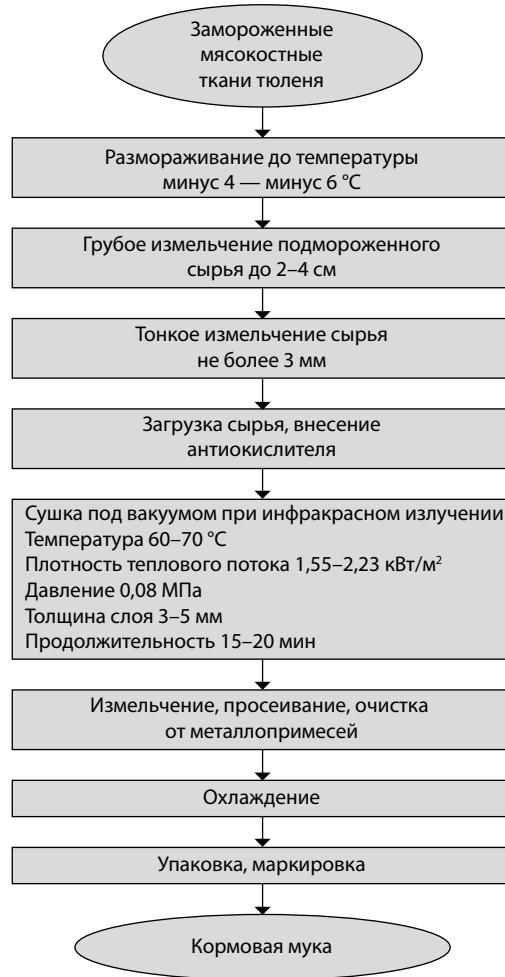


Рисунок 1. Технологическая схема производства кормовой муки из мясокостных тканей ластоногих млекопитающих

на и перевариваемость белковых веществ муки. Доступный (усваиваемый) лизин способствует выработке белков, участвующих в формировании скелетных и мышечных тканей, ферментов, гормонов животных, птиц и рыб. Дефицит лизина в кормах приводит к заболеваниям костно-мышечной системы, ослаблению защитных

Таблица 13. Общий химический состав кормовой муки из мясокостных тканей тюленей и требования ГОСТ 2116

Наименование образца	Содержание, %			
	влага	жир	белок (азот. в-ва × 6,25)	зола
Кормовая мука из мясокостных тканей тюленей	6,3±0,4	5,5±0,3	66,2±0,1	21,7±0,2
Требования ГОСТ 2116	не более 12,0	не более 14,0	не менее 50,0	—

Таблица 14. Фракционный состав азотистых веществ белка сырья и кормовой муки, полученной из него

Наименование объекта исследования	Содержание фракций азота				
	общий азот*	белковый азот*	небелковый азот*	полипептидный азот**	азот аминокислот**
Мясокостные ткани тюленя	2,90/100	2,42/83,6	0,48/16,4	0,31/64,5	0,17/35,5
Кормовая мука	10,4/100	7,8/75,0	2,6/25,0	1,6/59,9	1,0/40,1

* В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе — содержание фракций относительно общего азота, в %.

** В числителе количественное содержание фракций азота, в знаменателе — содержание фракции относительно фракции небелкового азота, в %.

Таблица 15. Перевариваемость белковых веществ в кормовой муке из гидробионтов

Наименование образца	Перевариваемость по пепсину, %	Содержание доступного лизина, г/16 г N
Кормовая мука из мясокостных тканей тюленя	88,6±0,1	3,51
Рыбная кормовая мука*	82,3±0,3	2,21

* [Околелова и др., 2011].

сил организма, замедлению роста животных [Пятницкая, Воробьева, 1977]. В табл. 15 представлены значения перевариваемости белков и содержание доступного лизина кормовой муки из мясокостных тканей тюленей в сравнении с рыбной мукой.

Результаты исследований, представленные в табл. 15, показали, что содержание лизина в кормовой муке из мясокостных тканей тюленя (3,51 г/16 г N) в 1,6 раза больше, чем в рыбной кормовой мukе (2,21 г/16 г N). Значение перевариваемости белковых веществ кормовой муки из ластоногих выше на 6,3%, чем рыбной кормовой мukе. Приведённые данные свидетельствуют о высокой биологической ценности полученного продукта.

Биологическую ценность и качество белка кормовой мukи характеризует его аминокислотный состав. В табл. 16 приведены потребности рыб, млекопитающих, птиц в незаменимых аминокислотах, а также их содержание в мukе из мясокостных тканей тюленей.

Кормовая мukа из мясокостных тканей тюленей содержит практически все незаменимые аминокислоты. Исследования показали, что АМК скор белка для рыб превышает 100% по следующим аминокислотам: лизину, гистидину, аргинину, треонину, изолейцину, лейци-

ну. Для птиц АМК скор превышает 100% по лизину и гистидину, у свиней — по гистидину и аргинину. Следует подчеркнуть довольно высокое содержание в кормовой мukе лизина — 6,26 г/100 г белка. Эти данные свидетельствуют о значительной кормовой ценности белков мukи из мясокостных тканей тюленей.

Важнейшей составной частью кормовой мukи являются липиды. Основные достоинства кормовых липидов — высокая энергёёмкость и высокое содержание биологически активных жирных кислот — делают липиды важнейшими компонентами рационов для сельскохозяйственной птицы, оказывающими положительное влияние на её продуктивность, жизнеспособность и качество продукции. Кроме того, кормовые липиды являются единственными источниками важного фактора питания — полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), играющих первостепенную роль в обмене веществ [Архипов, 2007]. Нами проводились исследования качественного состояния липидов мясокостных тканей тюленей и кормовой мukи, получаемой из них. В процессе тепловой обработки мясокостных тканей тюленя при получении кормовой мukи в липидах наблюдается небольшое увеличение кислотного числа (на 4,7 мг КОН/г), пере-

Таблица 16. Данные о потребности рыб, птиц и животных в незаменимых аминокислотах и их содержании в кормовой муке из мясокостных тканей тюленей

Аминокислоты	Потребности рыб, птиц и животных в незаменимых аминокислотах						Кормовая мука из мясокостных тканей, г/100 г
	Лосось*, г/100 г	АМК скор, %	Цыплята*, г/100 г	АМК скор, %	Свиньи**, г/100 г	АМК скор, %	
Лизин	5,0	125,2	5,2	120,4	7,1	88,2	6,26
Гистидин	1,8	371,6	1,5	446,0	2,2	304,0	6,69
Аргинин	6,0	100,0	6,3	95,2	2,8	214,3	6,0
Тreonин	2,3	113,0	3,3	78,8	4,6	56,5	2,6
Метионин + цистеин	4,0	27,5	4,0	27,5	2,3	47,8	1,1
Валин	3,3	87,3	3,6	80,0	4,8	60,0	2,88
Фенилаланин + тирозин	4,3	74,4	6,7	47,8	3,9	82,1	3,2
Изолейцин	2,3	125,6	3,5	82,6	4,0	72,2	2,89
Лейцин	4,0	167,2	6,8	98,4	7,1	94,2	6,69
Триптофан	0,5	—	1,0	—	1,3	—	—
Сумма	33,5		41,9		40,1		38,31

* [Щербина, Гамыгин, 2006].

** [Рядчиков, 2012].

кисного числа (на 2,6 моль $O_2/\text{кг}$) и содержания оксикислот в муке (на 3%), что говорит о соблюдении технологии при получении продукта. Показатели качества липидов кормовой муки из мясокостных тканей тюленей отвечают требованиям ГОСТ 2116 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных».

Биологическая ценность муки определяется их жирно-кислотным составом и в первую очередь содержанием ПНЖК.

Содержание жирных кислот в кормовой муке изменилось по сравнению с их содержанием в мясокостных тканях тюленя, что можно объяснить тепловой обработкой сырья: сумма насыщенных жирных кислот увеличилась на 2,3%, сумма полиненасыщенных жирных кислот уменьшилась на 12,7%.

Биологическая ценность липидов кормовой муки определяется наличием в них биологически активных жирных кислот: ПНЖК омега три, в т. ч. биологически активных докозагексаеноевой и эйкозапентаеновой [Дяченко и др., 2012]. Следует отметить повышенное содержание суммы ПНЖК в кормовой муке, которое состав-

ляет 29,0% от общей суммы кислот, причём на сумму ПНЖК омега три приходится 25,9%.

Содержание важнейшей в рационе питания животных жирной кислоты — линолевой, составляет 2,0%, что соответствует нормам, принятым в РФ (1,2–1,4%). Дефицит линолевой кислоты в рационе выращиваемого молодняка отрицательно сказывается на росте, развитии, продуктивности и липидном обмене потомства [Фисинин и др., 2004].

Результаты проведённых исследований показателей качества и жирно-кислотного состава липидов свидетельствуют о значительной биологической ценности липидов кормовой муки из мясокостных тканей тюленей и обосновывают её эффективность при использовании в качестве компонента корма для птиц и сельскохозяйственных животных.

Кормовая ценность муки в значительной степени зависит от содержания в ней микроэлементов. Ввиду значительного содержания минеральных веществ в мясокостных тканях тюленя были проведены исследования содержания микро- и макроэлементов в кормовой муке (табл. 18). В таблице приведены

Таблица 17. Жирно-кислотный состав липидов сырья и кормовой муки, % от суммы жирных кислот

Название жирной кислоты	Код	Мясокостные ткани тюленя	Кормовая мука из мясокостных тканей тюленя
Миристиновая	14:0	4,6	4,9
Пальмитиновая	16:0	11,2	11,4
Пальмитолеиновая	16:1 ω7	11,8	10,6
Стеариновая	18:0	2,4	4,2
Олеиновая	18:1	31,4	30,8
Линолевая	18:2 ω6	2,5	2,0
Линоленовая	18:3 ω3	3,8	2,7
Арахидоновая	20:4 ω6	0,8	0,3
Эйкозапентаеновая	20:5 ω3	6,6	5,6
Докозаеновая	22:1 ω11	4,2	3,7
Докозатетраеновая	22:4 ω6	2,2	0,8
Докозапентаеновая	22:5 ω3	5,1	3,2
Докозагексаеновая	22:6 ω3	20,7	14,4
Сумма насыщенных кислот		18,2	20,5
Сумма мононенасыщенных кислот		47,4	45,1
Полиненасыщенные кислоты, в т. ч. ω3 жирные кислоты		41,7 36,2	29,0 25,9
Сумма 20:5 ω3, 22:6 ω3		27,3	20,0
Фактор F		7,1	5,0

Таблица 18. Содержание микро- и макроэлементов в кормовой муке из мясокостных тканей тюленя

Наименование элементов	Содержание в кормовой муке из мясокостных тканей тюленей	Рекомендации по среднему содержанию микро- и макроэлементов в компонентах комбикормов
<i>Макроэлементы, %</i>		
Натрий	2,70±0,20	0,9
Калий	1,82±0,01	0,45
Кальций	8,50±0,22	4,26
Магний	2,41±0,31	—
Хлор	3,11±0,44	0,7
Фосфор	3,40±0,15	2,57
<i>Микроэлементы, мг/кг</i>		
Железо	460,01±0,15	—
Медь	21,30±0,10	—
Марганец	2,57±0,22	—
Цинк	106,90±0,36	—
Йод	2,91±0,15	—

рекомендации специалистов ВНИТИП по содержанию минеральных веществ в компонентах комбикормов для сельскохозяйственной птицы.

Исследования минерального состава кормовой муки свидетельствуют о содержании в ней основных макро- и микроэлементов, необходимых для роста и развития птиц и сельскохозяйственных животных.

Богатый минеральный состав кормовой муки из мясокостных тканей тюленей свидетельствует о высокой биологической ценности продукта как дополнительного источника макро- и микроэлементов для птиц и сельскохозяйственных животных.

Благодаря высокому содержанию протеина, аминокислот, липидов, микро- и макроэлементов кормовая мука при хранении становится благоприятной средой для развития микроорганизмов [Боева, 2004]. В образце кормовой муки из мясокостных тканей тюленей были изучены микробиологические показатели.

Результаты проведённых анализов показали, что микробиологические показатели кормовой муки из мясокостных тканей тюленей и сырья соответствуют требованиям ГОСТ 2116, следовательно, продукт может использоваться как компонент комбикормов для птиц и сельскохозяйственных животных.

С целью определения безопасности использования в кормовых целях муки из ластоногих млекопитающих были проведены исследования показателей безопасности: содержание хлорорганических пестицидов, токсичных элементов и радионуклидов. Содержание всех контролируемых показателей в кормовой муке из мясокостных тканей тюленей ниже требований, установленных ГОСТ 2116, а значит, готовый продукт безопасен и может быть рекомендован для кормления сельскохозяйственных животных и птиц.

С учётом результатов проведённых исследований можно заключить, что кормовая мука из мясокостных тканей тюленей, полученная способом прямой сушки с инфракрасным энергоподводом, обладает лучшими показателями кормовой ценности, чем мука, полученная традиционным прессово-сушильным способом.

Высокие показатели кормовой, биологической ценности и безопасность в кормовом от-

ношении дают основание рекомендовать муку из мясокостных тканей тюленей к использованию в составе кормов для птиц, рыб и сельскохозяйственных животных.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследований, проведённых в ФГБНУ «ВНИРО», было установлено, что мясокостные ткани тюленей характеризуются высоким содержанием белка (20,3%), полным составом макро- и микроэлементов, липидов с высоким содержанием ПНЖК омега три — 26,6%, безопасны в кормовом отношении, значит, являются перспективным сырьём для получения кормовой муки.

На основании проведённых экспериментов был выбран и обоснован способ получения кормовой муки, разработаны рациональные технологические режимы процесса сушки мясокостных тканей тюленей под вакуумом при инфракрасном энергоподводе: температура продукта в процессе сушки 60–70 °C, толщина слоя 3–5 мм, давление 0,08 МПа, плотность теплового потока 1,55–2,23 кВт/м², продолжительность процесса 15–20 минут.

Установлено, что за счёт интенсификации процесса сушки (пониженной температуры процесса и времени тепловой обработки вследствие использования инфракрасного излучения и пониженного давления) полученная кормовая мука из мясокостных тканей тюленей характеризуется высокой кормовой и биологической ценностью: значительным содержанием белка (до 66,5%), перевариваемостью белковых веществ (88,6%) и содержанием доступного лизина (3,51 г/16 г N), липидов с долей ПНЖК омега три 19,6%. Исследования микробиологических показателей и показателей безопасности кормовой муки подтвердили её перспективность для кормления птиц и с.-х. животных.

ЛИТЕРАТУРА

- Алексанян И.Ю. 2001. Развитие научных основ процессов высокointенсивной сушки продуктов животного и растительного происхождения. Автореф. дис. ... докт. техн. наук. М.: МГУПБ. 52 с.
- Архипов А.В. 2007. Липидное питание, продуктивность птицы и качества продуктов птицеводства. М.: Агробизнесцентр. 440 с.

- Беляева М.А. 2004. Влияние инфракрасного излучения на белки мяса // Мясная индустрия. № 5. С. 57–59.
- Бодров В.А., Григорьев С.Н., Тверьянович В.А. 1985. Техника и технология обработки морских млекопитающих. М.: Пищепромиздат. 250 с.
- Боева Н.П. 2004. Состояние и перспективы развития производства кормовой муки из гидробионтов // Труды ВНИРО. Т. 143. С. 182–190.
- Боева Н.П. 2007. Проблема повышения эффективности зверобойного промысла // Матер. VI Межд. науч.-практ. конф. «Производство рыбной продукции: проблемы, новые технологии, качество» (6–9 сентября 2007 г., г. Светлогорск). Калининград: Атлантический НИРО. С. 36–38.
- Боева Н.П., Бредихина О.В., Бочкирев А.И. 2008. Технология рыбы и рыбных продуктов. Кормовые и технические продукты из водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. 118 с.
- Боева Н.П., Сергиенко Е.В., Ильченко М.М. 2008. Патент РФ № 2336725 А23К 1/10 «Способ получения цельной кормовой муки из ластоногих млекопитающих». Бюл. № 30 от 27.10.2008.
- Болтнев А.И., Грачев А.И., Жариков К.А., Забавников В.Б., Корнев С.И., Кузнецова В.В., Литовка Д.И., Мясников В.Г., Шафиков И.Н. 2016. Ресурсы морских млекопитающих и их промысел в 2013 г. // Труды ВНИРО. Т. 160. С. 230–249.
- Дяченко М.М., Боева Н.П., Сергиенко Е.В. 2012. Кормовая и биологическая ценность кормовой муки из мясокостных тканей каспийского тюленя // Рыбное хозяйство. № 1. С. 83–85.
- Дяченко М.М., Дяченко Э.П., Боева Н.П., Сергиенко Е.В. 2012. Патент РФ на полезную модель № 119449 «Вакуумная установка для сушки высокoadгезионных вязких пастообразных и жидких продуктов». Бюл. № 23 от 20.08.2012 г.
- Дяченко Э.П. 2009. Комплексное исследование тепломассообмена при сушке сульфонола во вспененном состоянии. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Махачкала: ИПГ Даг. НЦ РАН. 22 с.
- Егорова Л.Н., Трецева В.И. 1970. Инструкция по проведению анализа кормовых продуктов,рабатываемых рыбной промышленностью. М.: ВНИРО. 84 с.
- Ильченко М.М., Боева Н.П. 2010. Использование инфракрасной сушки в технологии получения кормовой муки из мясокостных тканей ластоногих млекопитающих // Матер. Межд. науч.-техн. конф. «Актуальные проблемы освоения биоресурсов Мирового океана» (Дальрыбвтуз, 18–21 мая 2010 г.). Владивосток: Дальрыбвтуз. С. 43–48.
- Ильченко М.М., Боева Н.П., Максименко Ю.А., Дяченко Э.П. 2009. Технология получения кормовой муки способом прямой сушки под вакуумом при ИК-энергоподводе // Рыбпром. № 3. С. 46–48.
- Ильченко М.М., Боева Н.П., Сергиенко Е.В., Болтнев А.И. 2011. Мясокостные ткани каспийского тюленя как перспективное сырье для получения кормовой муки // Вестник АГТУ. № 2. С. 148–154.
- Кизеветтер И.В. 1966. Ластоногие как промышленное сырьё // Дальневосточные ластоногие. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство. С. 96–134.
- Лазаревский А.А. 1955. Технохимический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М.: Пищепромиздат. 518 с.
- Околелова Т.М., Мишина С.А., Мансуров Р.Ш. 2011. Рыбно-растительный концентрат в комбикормах для бройлеров // Птицеводство. № 3. С. 10–50.
- Привезенцев А.В. 2008. Разработка комплексной технологии переработки каспийского тюленя. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М.: ВНИРО. 45 с.
- Пятницкая И.Н., Воробьёва Н.А. 1977. Определение доступного лизина для оценки качества белка // Вопросы питания. № 3. С. 3–12.
- Рядчиков В.Г. 2012. Основы питания и кормления сельскохозяйственных животных. Краснодар: КубГАУ. 328 с.
- Строкова Л.В. 2001. Пищевое использование дальневосточных ластоногих. Владивосток: ДВГАЭУ. 120 с.
- Фисинин В.И., Егоров И.А., Околелова Т.М., Имангулов Ш.А. 2004. Кормление сельскохозяйственной птицы. Сергиев Посад: ВНИТИП. 275 с.
- Щербина М.А., Гамыгин Е.А. 2006. Кормление рыб в пресноводной аквакультуре. М.: Изд-во ВНИРО. 360 с.

REFERENCES

- Aleksanyan I. Yu. 2001. Razvitiye nauchnykh osnov protsessov vysokointensivnoj sushki produktov zhivotnogo i rastitel'nogo proiskhozhdeniya [Development of scientific foundations of the processes of high-intensive drying of animal and vegetable products]. Avtoref. dis. ... doktora tekhn. nauk. M.: MGUPB. 52 s.
- Arkhipov A.V. 2007. Lipidnoe pitanie, produktivnost' ptitsy i kachestva produktov ptitsevodstva [Lipid nutrition, poultry productivity and quality of poultry products]. M.: Agrobiznessentr. 440 s.
- Belyaeva M.A. 2004. Vliyanie infrakrasnogo izlucheniya na belki myasa [Effect of infrared radiation on meat proteins] // Myasnaya industriya. № 5. S. 57–59.
- Bodrov V.A., Grigor'ev S.N., Tver'yanovich V.A. 1985. Tekhnika i tekhnologiya obrabotki morskikh mlekopitayushchikh [Technology of processing sea mammals]. M.: Pishchepromizdat. 250 s.

- Boeva N.P.* 2004. Sostoyanie i perspektivy razvitiya proizvodstva kormovoj muki iz hidrobiontov [Condition and prospects for the development of feeding meal from hydrobionts] // Trudy VNIRO. T. 143. S. 182–190.
- Boeva N.P.* 2007. Problema povysheniya effektivnosti zverobojnogo promysla [The problem of improving the efficiency of the sea mammal hunting] // Mater. VI Mezhd. nauch.-prakt. konf. «Proizvodstvo rybnoj produktov: problemy, novye tekhnologii, kachestvo» (6–9 sentyabrya 2007 g., g. Svetlogorsk). Kaliningrad: AtlantNIRO. S. 36–38.
- Boeva N.P., Bredikhina O.V., Bochkarev A.I.* 2008. Tekhnologiya ryby i rybnykh produktov. Kormovye i tekhnicheskie produkty iz vodnykh biologicheskikh resursov [Technology of fish and fish products. Feed and industrial products from aquatic biological resources]. M.: Izd-vo VNIRO. 118 s.
- Boeva N.P., Sergienko E.V., Il'chenko M.M.* 2008. Patent RF № 2336725 A23K 1/10 «Sposob polucheniya tsel'noj kormovoj muki iz lastonogikh mlekopitayushchikh» [A method of producing whole flour fodder from sea mammals]. Byul. № 30 ot 27.10.2008.
- Boltnev A.I., Grachev A.I., Zharikov K.A., Zabavnikov V.B., Kornev S.I., Kuznetsov V.V., Litovka D.I., Myasnikov V.G., Shafikov I.N.* 2016. Resursy morskikh mlekopitayushchikh i ikh promysel v 2013 g. [Resources of marine mammals and its harvest in 2013] // Trudy VNIRO. T. 160. S. 230–249.
- Dyachenko M.M., Boeva N.P., Sergienko E.V.* 2012. Kormovaya i biologicheskaya tsennost' kormovoj muki iz myasokostnykh tkanej kaspiskogo tyulena [Fodder and biological value of flour fodder from meat and osteal tissues of caspian seals] // Rybnoe khozyajstvo. № 1. S. 83–85.
- Dyachenko M.M., Dyachenko Eh.P., Boeva N.P., Sergienko E.V.* 2012. Patent RF na poleznuyu model' № 119449 «Vakuumnaya ustanovka dlya sushki vysokoadgezionnykh vyazkikh pastoobraznykh i zhidkikh produktov» [Vacuum machine for drying of viscous and liquid products] Byul. № 23 ot 20.08.2012 g.
- Dyachenko Eh.P.* 2009. Kompleksnoe issledovanie teplomassoobmena pri sushke sul'fonola vo vspenennom sostoyanii [Complex study of heat and mass exchange at the drying process of foamed state sulfonol]. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Makhachkala. IPG Dag. NTS RAN. 22 s.
- Egorova L.N., Treshcheva V.I.* 1970. Instruktsiya po provedeniyu analiza kormovykh produktov, vyrabatyvaemykh rybnoj promyshlennost'yu [Instructions for the analysis of fodder products produced by the fishing industry]. M.: VNIRO. 84 s.
- Il'chenko M.M., Boeva N.P.* 2010. Ispol'zovanie infrakrasnoj sushki v tekhnologii polucheniya kormovoj muki iz myasokostnykh tkanej lastonogikh mlekopitayushchikh [Use of infrared drying in the manufacture of feeding meal from meat and osteal tissues of sea mammals] // Mater. Mezhd. nauch.-tekhn. konf. «Aktual'nye problemy osvoeniya bioresursov Mirovogo okeana» (Dal'rybvtuz 18–21 maya 2010 g.). Vladivostok: Dal'rybvtuz. S. 43–48.
- Il'chenko M.M., Boeva N.P., Maksimenko Yu.A., Dyachenko Eh.P.* 2009. Tekhnologiya polucheniya kormovoj muki sposobom pryamoj sushki pod vakuumom pri IK-ehnergopodvode [Technology of flour fodder by method of infrared drying under vacuum] // Rybeprom № 3. S. 46–48.
- Il'chenko M.M., Boeva N.P., Sergienko E.V., Boltnev A.I.* 2011. Myasokostnye tkani kaspiskogo tyulena kak perspektivnoe syr'e dlya polucheniya kormovoj muki [Seal meat and osteal tissues of caspian seals is promising raw material for manufacture of flour fodder] // Vestnik AGTU. № 2. S. 148–154.
- Kizevetter I.V.* 1966. Lastonogie kak promyshlennoe syr'e [Sea mammals as industrial raw materials] // Dal'nevostochnye lastonogie. Vladivostok: Dal'nevostochnoe knizhnoe izdatel'stvo. S. 96–134.
- Lazarevskij A.A.* 1955. Tekhnokhimicheskij kontrol' v ryboobrabatyvayushchej promyshlennosti [Technochemical control in the fish processing industry]. M.: Pishchepromizdat. 518 s.
- Okolelova T.M., Mishina S.A., Mansurov R. Sh.* 2011. Rybno-rastitel'nyj kontsentrat v kombikormakh dlya brojerov [Fish-and-plant concentrate for broiler feeds] // Pititsevodstvo. № 3. S. 10–50.
- Privezentsev A.V.* 2008. Razrabotka kompleksnoj tekhnologii pererabotki kaspiskogo tyulena [Development of technology for complex processing of the Caspian seal]. Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. M.: VNIRO. 45 s.
- Pyatnitskaya I.N., Vorob'eva N.A.* 1977. Opredelenie dostupnogo lizina dlya otsenki kachestva belka [Quantification of available lysine for protein quality evaluation] // Voprosy pitanija. № 3. S. 3–12.
- Ryadchikov V.G.* 2012. Osnovy pitanija i kormleniya sel'skokhozyajstvennykh zhi-votnykh [Basics of nutrition and feeding of farm animals]. Krasnodar: KubGAU. 328 s.
- Strokova L.V.* 2001. Pishchevoe ispol'zovanie dal'nevostochnykh lastonogikh [Nutritional use of Far Eastern sea mammals]. Vladivostok: DVGAЕHU. 120 s.
- Fisinin V.I., Egorov I.A., Okolelova T.M., Imangulov Sh.A.* 2004. Kormlenie sel'skokhozyajstvennoj ptitsy [Feeding of agricultural poultry]. Sergiev Posad: VNITIP. 275 s.
- Shcherbina M.A., Gamygin E.A.* 2006. Kormlenie ryb v presnovodnoj akvakul'ture [Fish feeding in freshwater aquaculture]. M.: Izd-vo VNIRO. 360 s.

Поступила в редакцию 23.06.2017 г.

Принята к печати 19.07.2017 г.

Technology of flour fodder from meat and osteal tissues of seals

M.M. Dyachenko¹, N.P. Boeva¹, E.P. Dyachenko²

¹ Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography (FSBSI «VNIRO»), Moscow

² JSC «Corporation Metasintez» (Moscow)

It is necessary to expand the resource base for increase of production flour fodder, at the expense of objects characterized by large-scale inventory and used inefficiently. One of these objects are sea mammals (seals). Currently economic efficiency of processing of seals is very low, as they are used only for reception of skins and a skin, meat and osteal tissues the remaining part of the carcass is not used. At the same time, one of sources of raw materials for manufacture of feeding products is the sea mammals, in particular seals. It contains 40% meat and osteal tissues, characterized by high-grade protein, high content of iron and minerals and can be used as raw-material for production of flour fodder. Technology of flour fodder from meat and osteal tissues of seals has been developed in FGBNU VNIRO. Experiments were conducted on the development of rational technological parameters of infrared drying under vacuum: the product temperature 60–70 °C, the layer thickness 3–5 mm, the pressure 0.08 MPa, the heat flux density 1.55–2.23 kW/m², process duration 15 to 20 minutes. Flour fodder from meat and osteal tissues of seals is characterized by high protein content (to 66.5%) with a complete amino acid composition, digesting of proteins (88.6%) and the content of available lysine (3.51 g/16 g N), lipids with a share of omega three fatty acids 19.6%, and its safety in the fodder relation.

Key words: flour fodder, meat and osteal tissues of seals, sea mammals, aminoacid composition, digesting of proteins, fodder and biological value, infrared drying under vacuum, yield of product.