

УДК 664.959.5

**Научное обоснование технологических параметров процесса
ферментации отходов рыбоперерабатывающих предприятий***Н.П. Боева, М.М. Дяченко, А.Г. Артемова*

Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии
(ФГБНУ «ВНИРО»), г. Москва

E-mail: bav@vniro.ru

В настоящее время практически не уделяется внимания переработке отходов от разделки водных биологических ресурсов, хотя по данным многих исследователей, развитие именно этой области рыбообработки может способствовать выпуску новой высокоценной кормовой продукции. Отходы от переработки ВБР на рыбоперерабатывающих предприятиях составляют от 20 до 50% и являются одним из основных источников белковых веществ (до 16–20%). Результаты исследований по комплексному изучению отходов переработки трески (органолептические показатели, общий химический состав, фракционный состав белка сырья, содержание тяжёлых металлов и хлорорганических пестицидов в сырье) доказали их перспективность для получения кормового продукта. Ферментативный способ получения гидролизатов считается наиболее современным и перспективным для производства кормовой продукции. В ФГБНУ «ВНИРО» были проведены эксперименты по разработке рациональных технологических параметров процесса ферментации отходов переработки трески: продолжительность ферментации 30 мин; гидромодуль 1:0,1; массовая доля ферментного препарата протосубтилин ГЗХ — 0,05 % от массы сырья; температура процесса 40–45 °С; pH 6,0–7,0. При этом значение глубины гидролиза составляет 19,0 %. Полученный гидролизат со средней степенью расщепления белка (содержащий полипептиды с молекулярной массой от 1000 до 1500 Да) может быть использован для получения легкоусвояемой кормовой добавки для молоди рыб, желудок которых сформирован еще не полностью. Внедрение новой технологии производства кормовых продуктов (например, ферментирование) позволит получать продукты с заданными свойствами и более высокого качества. Например, в настоящее время возможно получать кормовые продукты, использующиеся для кормления молоди различных видов животных, птиц и рыб.

Ключевые слова: кормовые продукты, отходы от переработки ВБР, ферментативный способ, фракционный состав белка, гидролиз белоксодержащего сырья, протеолитические ферменты, глубина гидролиза.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время перед рыбной отраслью поставлена задача расширения ассортимента и значительного повышения качества продукции. Только при утилизации всего комплекса веществ, продуцируемых морскими организмами, можно существенно увеличить выпуск

пищевых и кормовых продуктов, расширить их ассортимент, повысить рентабельность рыбообрабатывающих предприятий, добиться оснащения их современным технологическим оборудованием, стимулировать развитие и дифференциацию рыбохозяйственной науки. [Боева и др., 2008]

Преобразование любой ранее существовавшей технологии переработки сырья водного происхождения в малоотходную и безотходную технологию предполагает наряду с производством основного вида продукции комплексное и возможно более полное использование отходов при проведении различных технологических операций по выпуску пищевой, кормовой, технической, медицинской и другой продукции [Андрусенко, 1988; Боева, 2004; Сергиенко и др., 2012]. При переработке рыбы и нерыбного сырья на судах образуется от 30 до 70% отходов, содержащих большое количество ценных белков, жиров и минералов, которые в основном выбрасывают ввиду нерентабельности транспортировки.

Вторичные ресурсы рыбопереработки представляют значительную биологическую ценность и усилия многих отечественных и зарубежных учёных направлены на разработку рациональных технологий их использования с целью получения на их основе продукции: пищевых, функциональных продуктов, а также медицинских препаратов и биологически активных добавок [Кириллов и др., 2013]. Одним из перспективных направлений является использование в качестве сырья отходов от разделки тресковых рыб. Треска — одна из важнейших промысловых рыб. Мясо трески характеризуется высоким содержанием белка (16,0–18,4% в зависимости от веса рыбы и сезона вылова) и в то же время низким содержанием жира (0,1–0,51%). В нашей стране ежегодно на вылов трески выделяются значительные квоты, которые практически полностью осваиваются рыбоперерабатывающими предприятиями. Это свидетельствует о больших объёмах отходов, образующихся при переработке выловленной трески.

Зайцевым В.П., Ажгихиным И.С., Ганделем В.Г. [1980] разработана технология использования тканей и органов рыб (на примере трески) в производстве биологически активных веществ и препаратов. Треска может быть источником не только полноценных пищевых продуктов, но и различных биопрепаратов липидного характера (концентратов жирорастворимых витаминов, фосфолипидов, полиненасыщенных жирных кислот и др.), белковой природы (аминокислот, ди-, три-, и полипептидов), гормонов (инсулина, кортизола и др.), биополимеров протеинового характера (коллагена, желатина), гликопротеинов, а также минерализированных концентратов и биостимуляторов [Дубровская, 2001]. Известна технология переработки коллаген- и минералсодержащих вторичных ресурсов рыбопереработки (отходов трески) методом электрохимического экстрагирования [Зайцев и др., 1980].

Кормовые продукты из водных биологических ресурсов занимают особое место в рационах сельскохозяйственных животных, птицы и многих культивируемых гидробионтов. Благодаря уникальному аминокислотному составу белка, наличию в жире биологически активных высоконенасыщенных жирных кислот, богатому составу макро- и микроэлементов, роль водных биологических ресурсов (ВБР) в создании кормов для животных, птиц и рыб необычайно велика. Поиски полноценного заменителя рыбных кормовых продуктов пока не увенчались успехом. Использование в качестве сырья отходов от разделки тресковых рыб является перспективным направлением в производстве кормовых продуктов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА

Сырьём для проведения эксперимента служили отходы от разделки трески на пищевую продукцию. Исследовали мороженое сырье — рыба потрошёная с головой, вид разделки — потрошёная обезглавленная и тушка спецразделки. Отходы трески были измельчены в подмороженном состоянии до фаршебразной массы с максимальным размером кусочков 3–5 мм. Отбор средних проб для органолептических и физико-химических исследований, подготовку их к анализам и проведение анализов осуществляли в соответствии с требованиями ГОСТ 7631–85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа».

Общий химический состав образцов сырья определяли в соответствии с ГОСТ 7636–85. Содержание азотистых веществ определяли по методу Кильдаля, с последующим анализом подготовленного образца на автоматическом анализаторе азота Kjeltec-1030.

Осаждение белков и полипептидов в исследуемых образцах осуществляли с исполь-

зованием растворов трихлоруксусной и фосфорно-молибденовой кислот. После отделения жидкой фракции от плотной, навеску жидкой фракции подвергали минерализации. Полученные образцы анализировали на содержание азота при помощи автоматического анализатора Kjeltek-1030. Содержание небелкового азота определяли по разности между содержанием общего и белкового азота, содержание полипептидного азота по разности между содержанием небелкового и аминокислотного азота.

Определение содержания аминного азота осуществляли с использованием нейтрализованного формалина при дальнейшем титровании исследуемой жидкости раствором гидроксида натрия [Лазаревский, 1955].

Содержание тяжёлых металлов определяли методом атомной абсорбции на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA 7601 (Shimadzu): кадмий по ГОСТ 26933–86, свинец по ГОСТ 26932–86, мышьяк — ГОСТ 26930–86, ртуть по ГОСТ 26927–86. Содержание хлорорганических пестицидов определяли методом газохроматографии на газовом хроматографе Shimadzu GC-9A: ГХЦГ — МР23–03/12–402, п. 1; ДДТ и метаболиты — МЗ СССР 11.07.90.

Протеолитические ферментные препараты, применяемые для обработки рыбы и рыбных отходов, должны соответствовать определённым требованиям. Они должны обладать высокой коллагеназной активностью. Их протеолитическая активность должна обеспечивать интенсивный гидролиз растворимых белков мышечных волокон. Желательно, чтобы препараты были термостабильными и сохраняли активность при 60 °C в слабокислой и нейтральной средах и pH должен быть близок к pH объектов исследования. Из ферментов микробного происхождения чаще всего используют бактериальные и грибные протеиназы (комплекс протеиназ типа протосубтилина), которые имеют следующие характеристики: оптимум pH 5,5–6,5, оптимум температуры 30–45 °C, активность 70–100 ед./мг белка [Мухин, Новиков, 2001 б].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рыбной отрасли, использующей для получения пищевой продукции в качестве сырья

водные биологические ресурсы, в т. ч. атлантическую (арктонарвежскую) и тихоокеанскую (далnevосточную) треску, образуется значительное количество отходов — до 43,4% от массы рыбы. При этом при разделке рыбы на тушку спецразделки, образуется значительно больше отходов (43,4%), чем при разделке рыбы потрошёной обезглавленной (35,0%).

В полученных отходах определяли органолептические показатели, которые представлены в табл. 1.

В результате органолептического анализа было установлено, что отходы переработки трески отличаются хорошими органолептическими показателями, что свидетельствует о свежести сырья.

В результате исследования общего химического состава отходов трески было установлено, что сырье является высокобелковым (16,1%) с очень низким содержанием жира (1,21%), что подтверждает его перспективность для получения кормового белкового продукта.

Для определения качественного состояния белков в сырье был изучен фракционный состав азотистых веществ, представленный в табл. 2.

Из данных фракционного состава понятно, что сырье характеризуется повышенным содержанием белкового азота (70,1%) и невысоким содержанием азота аминокислот (24,2%).

Для изучения безопасности рыбного сырья определяли содержание тяжёлых металлов и хлорорганических пестицидов. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Данные таблицы свидетельствуют о соответствии показателей безопасности сырья по содержанию тяжёлых металлов и пестицидов требованиям, предъявляемым СанПиН 2.3.2.1078–01 и могут быть использованы для получения кормового белкового продукта.

В результате комплексного исследования сырья было установлено, что оно может быть рекомендовано как перспективное для получения кормового белкового концентрата. По данным фракционного состава белка сырье характеризуется повышенным содержанием белкового азота (70,1%), что говорит о его высокой кормовой ценности.

Таблица 1. Органолептические показатели образцов отходов от разделки тресковых рыб

Наименование показателя	Характеристика
Внешний вид	Поверхность отходов чистая, естественной окраски, присущая данному виду продукта. Печень без пожелтения, головы могут быть незначительно повреждены, наличие круглых отверстий в черепной коробке допускается вследствие изъятия гипофиза
Запах	Свойственный данному виду отходов без порочащих признаков
Консистенция	Плотная
Посторонние примеси	Не обнаружены

Таблица 2. Фракционный состав азотистых веществ отходов от разделки трески

Объект исследования	Азот*, %				
	общий	белковый	небелковый	полипептидный	аминокислот
Отходы от разделки трески	2,6/100	1,84/70,1	0,76/29,9	0,57/75,8	0,19/24,2

Примечание: * — в числителе данные по содержанию азота в %; в знаменателе — данные в % от общего и небелкового азота

Таблица 3. Содержание тяжёлых металлов и хлорорганических пестицидов в отходах от разделки трески

Вид сырья	Токсичные элементы, мг/кг				Хлорорганические соединения, мг/кг	
	Pb	Cd	As	Hg	ГХЦГ	ДДТ
Отходы от разделки трески	0,0240	0,0130	0,0403	0,0631	0,0107	0,006
Норма по СанПиН 2.3.2.1078–01	1,0	0,2	5,0	0,5	0,2	0,2

Ферментативный способ получения гидролизатов считается наиболее современным и перспективным для производства кормовой продукции, поскольку за счёт регулирования дозы протеолитического фермента и параметров процесса возможно получать продукты с различным сбалансированным составом азотистых веществ (смесь высокомолекулярных олигопептидов, смесь олигопептидов со средней молекулярной массой, смесь коротких пептидов, смесь аминокислот и низкомолекулярных пептидов, а в отдельных случаях — смесь свободных аминокислот) [Пономарев, Пономарева, 2003].

Выбор ферментов для гидролиза сырья определяется поставленной задачей (глубина гидролиза, состав продуктов реакции), свойствами сырья и возможными параметрами процесса гидролиза в рамках конкретной технологии. Регулировать степень расщепления белков в гидролизатах можно за счёт изменения тем-

пературы, продолжительности процесса, количественного соотношения ферментного препарата и субстрата, концентрации субстрата. Чаще всего для гидролиза применяют ферменты микробного происхождения, что обусловлено их широкой специфичностью, активностью при pH от 4 до 11, а также их относительно низкой стоимостью [Мухин, Новиков, 2001 а, б].

Наиболее привлекательны по стоимости и доступности ферменты, вырабатываются бактериями рода *Bacillus*. Они выпускаются под различными коммерческими названиями (проназа, нейтраза, протелин, алкалаза, протосубтилины Г3х, Г10х и др.) и широко применяются для получения разного рода кормовых и пищевых продуктов.

Гидролиз белоксодержащего сырья (плавники, пёнки, позвоночные кости с хвостовым плавником, срезки мяса) проводили на водяной бане при температуре от 40 до 45 °C,

pH 6,0–7,0. Продолжительность гидролиза составляла от 15 до 45 мин. Количество вносимых протеолитических реагентов изменялось от 0,05 до 0,15% от массы используемого в процессе гидролиза сырья (100г). Гидромодуль (соотношение сырье: вода в реакционной смеси) составлял следующие значения: 1:0,05, 1:0,1, 1:0,15. Дальнейшее увеличение гидромодуля нецелесообразно ввиду затруднения проведения процесса экструдирования, следующего после ферментативного гидролиза сырья. Равномерное распределение растворов препарата в обрабатываемом объекте обеспечивалось постоянным перемешиванием реакционной смеси. Инактивацию ферментов проводили нагреванием реакционной смеси в течение 4–5 мин при температуре 80 °C.

При изучении органолептических свойств полученных ферментолизатов следует отметить незначительное разжижение ферментативной массы, связанное с возрастанием продолжительности ферментолиза до 45 мин, увеличением значения гидромодуля до 1:0,15 и концентрации фермента до 0,15%. Вместе

с тем все полученные ферментолизаты обладали свойствами ферментированной массы (консистенция вязкая, липкая, структура однородная). Цвет ферментолизатов, независимо от продолжительности процесса, концентрации используемого фермента, и величины гидромодуля незначительно изменялся от светло-серого в горячем состоянии до серого в охаждённом.

Фракционный состав азотистых веществ ферментолизатов, полученных с добавлением в отходы от переработки трески протосубтилина ГЭх в зависимости от продолжительности процесса (15, 30 и 45 мин), представлен в табл. 4, 5 и 6 соответственно.

По данным, представленным в табл. 4, видно, что содержание белкового азота с увеличением дозировки фермента от 0,05 до 0,15% понижается в среднем на 3,8–7,1%, что приводит к увеличению количества небелкового азота вследствие разрушения ферментом протосубтилина ГЭх пептидных связей белка и накоплению полипептидов и аминокислот. Увеличение значения гидромодуля с 1:0,05 до

Таблица 4. Фракционный состав азотистых веществ ферментолизатов, полученных при продолжительности воздействия фермента 15 мин

Азот, *	Гидромодуль (сырье: вода)	Массовая доля фермента, %		
		0,05	0,10	0,15
общий	1:0,05	2,4/100	2,2/100	2,3/100
	1:0,1	2,4/100	2,3/100	2,4/100
	1:0,15	2,3/100	2,2/100	2,2/100
белковый	1:0,05	1,50/62,5	1,39/60,8	1,34/56,0
	1:0,1	1,53/62,7	1,34/61,2	1,35/58,9
	1:0,15	1,41/61,6	1,29/58,5	1,20/54,5
небелковый	1:0,05	0,90/37,5	0,91/39,2	1,06/44,0
	1:0,1	0,89/37,3	0,88/38,8	1,01/41,1
	1:0,15	0,89/38,4	0,91/41,5	1,00/45,5
полипептидный	1:0,05	0,58/64,8	0,56/61,3	0,61/58,0
	1:0,1	0,57/65,0	0,53/62,4	0,55/58,4
	1:0,15	0,54/61,2	0,53/58,0	0,55/55,5
аминокислот	1:0,05	0,32/35,2	0,35/38,7	0,45/42,0
	1:0,1	0,30/35,0	0,33/37,6	0,40/41,6
	1:0,15	0,35/38,8	0,38/42,0	0,45/44,5

Примечание: * — в числителе данные по содержанию азота в %; в знаменателе — данные в % от общего и небелкового азота.

Таблица 5. Фракционный состав азотистых веществ ферментолизатов, полученных при продолжительности воздействия фермента 30 минут

Азот, *	Гидромодуль (сырье: вода)	Массовая доля фермента, %		
		0,05	0,10	0,15
общий	1:0,05	2,3/100	2,2/100	2,3/100
	1:0,1	2,3/100	2,4/100	2,4/100
	1:0,15	2,3/100	2,5/100	2,3/100
белковый	1:0,05	1,47/64,0	1,38/62,7	1,43/61,0
	1:0,1	1,50/65,0	1,52/63,4	1,48/61,7
	1:0,15	1,46/63,5	1,49/59,6	1,31/57,0
небелковый	1:0,05	0,83/36,0	0,82/37,3	0,87/39,0
	1:0,1	0,80/35,0	0,88/36,6	0,92/38,3
	1:0,15	0,84/36,5	1,01/40,4	0,99/43,0
полипептидный	1:0,05	0,55/66,3	0,50/61,0	0,50/57,5
	1:0,1	0,55/68,8	0,57/65,0	0,55/60,0
	1:0,15	0,54/64,3	0,69/58,4	0,55/55,6
аминокислот	1:0,05	0,28/33,7	0,32/39,0	0,37/42,5
	1:0,1	0,25/31,2	0,31/35,0	0,37/40,0
	1:0,15	0,30/35,7	0,32/41,6	0,44/44,4

Примечание: * — в числителе данные по содержанию азота в %; в знаменателе — данные в % от общего и небелкового азота.

Таблица 6. Фракционный состав азотистых веществ ферментолизатов, полученных при продолжительности воздействия фермента 45 мин

Азот, *	Гидромодуль (сырье: вода)	Массовая доля фермента, %		
		0,05	0,10	0,15
общий	1:0,05	2,2/100	2,3/100	2,2/100
	1:0,1	2,4/100	2,3/100	2,3/100
	1:0,15	2,3/100	2,2/100	2,3/100
белковый	1:0,05	1,35/60,2	1,37/58,4	1,24/56,3
	1:0,1	1,51/61,4	1,42/60,5	1,35/58,0
	1:0,15	1,38/58,4	1,23/55,8	1,20/52,5
небелковый	1:0,05	0,85/39,8	0,93/41,6	0,96/43,7
	1:0,1	0,89/38,6	0,93/39,5	0,95/42,0
	1:0,15	0,92/41,6	0,97/44,2	1,10/47,5
полипептидный	1:0,05	0,52/61,7	0,55/60,4	0,56/58,9
	1:0,1	0,57/62,5	0,53/60,6	0,55/58,5
	1:0,15	0,56/60,0	0,55/56,5	0,57/52,3
аминокислот	1:0,05	0,31/38,3	0,32/39,6	0,39/41,1
	1:0,1	0,32/37,5	0,35/39,4	0,40/41,5
	1:0,15	0,36/40,0	0,42/43,5	0,53/47,7

Примечание: * — в числителе данные по содержанию азота в %; в знаменателе — данные в % от общего и небелкового азота.

1:0,15 также приводит к снижению содержания белкового азота на 1,1–4,4%.

Содержание полипептидного азота при увеличении массовой доли протосубтилина ГЗх уменьшается на 6,8% (при гидромодуле 1:0,05); 6,6% (при гидромодуле 1:0,1); 5,7% (при гидромодуле 1:0,15). При увеличении гидромодуля с 1:0,05 до 1:0,15 содержание азота аминокислот увеличивается: при массовой доле фермента 0,05% на 3,8%; при 0,1% — на 4,4%; при 0,15% — на 2,9%.

Анализируя данные табл. 5, следует отметить, что содержание белкового азота с увеличением дозировки фермента от 0,05 до 0,15% понижается в среднем на 3,0–6,5%. Увеличение значения гидромодуля с 1:0,05 до 1:0,15 также приводит к снижению содержания белкового азота на 1,5–4,7%.

Содержание полипептидного азота при увеличении массовой доли протосубтилина ГЗх уменьшается на 8,8% (при гидромодуле 1:0,05); 8,8% (при гидромодуле 1:0,1); 8,7% (при гидромодуле 1:0,15). При увеличении гидромодуля с 1:0,05 до 1:0,15 содержание азота аминокислот увеличивается: при массовой доле фермента 0,05% на 4,5%; при 0,1% — на 6,6%; при 0,15% — на 4,4%.

Данные табл. 6 показывают, что в ферментолизатах, полученных при продолжительности процесса 45 мин, происходят аналогичные изменения в содержании азотистых веществ. Содержание белкового азота с увеличением дозировки фермента от 0,05 до 0,15% понижается на 3,4–5,9%. Увеличение значения гидромодуля с 1:0,05 до 1:0,15 также приводит к снижению содержания белкового азота на 3–5,5%. Содержание полипептидного азота при увеличении массовой доли протосубтилина ГЗх уменьшается на 2,8–7,7%.

Таким образом, на основании данных фракционного состава азотистых веществ можно сделать вывод, что наиболее рациональным режимом ферментации отходов от разделки трески ферментным препаратом протосубтилин ГЗХ является режим, при котором продолжительность ферментации составляет 30 мин; ГМ 1:0,1; массовая доля фермента — 0,05% от массы сырья; температура процесса 40–45 °C; pH 6,0–7,0.

Одной из важнейших проблем в разработке технологии получения ферментативных белковых гидролизатов является объективная оценка эффективности действия протеолитических препаратов по отношению к белоксодержащим субстратам. Одним из критериев этой оценки считается степень гидролиза, которая определяется различными способами [Гамыгин, 2009; Дубровская, 2001].

Существует несколько подходов к определению степени гидролиза белка. Наиболее распространённым показателем является отношение массовой доли аминного азота (азотсодержащие вещества, не осаждаемые ТХУ) к массовой доле общего азота в гидролизате [Артюхин и др., 1990]. Некоторые авторы используют в качестве понятия степени гидролиза белков массовую долю небелкового азота в общем азоте или количество растворимых белковых веществ [Ярочкин и др., 1997].

Применяется также метод спектрометрического определения содержания азотистых веществ в гидролизате по плотности образцов при длине 280 нм. Наиболее современным методом характеристики степени гидролиза белка можно считать определение молекулярно-массового распределения в гидролизатах азотсодержащих фракций методом гель-фильтрации на колонках с сефадексом G-100 или на колонке с неподвижной фазой Супероза-12 [Мухин, Новиков, 2001 а, б].

По мнению Мухина В.А. и Новикова В.Ю. [2001 б] для оценки глубины гидролиза белков полученных гидролизатов следует применять несколько биохимических методов, что даёт возможность научно обосновать их практическое применение, т. к. в этом случае можно определять не только степень гидролиза, но и фракционный состав азотистых веществ белковой природы.

Одним из основных методов определения действия протеолитических препаратов по отношению к белоксодержащим субстратам является отношение массовой доли аминного азота к массовой доле небелкового азота. Данные содержания аминного азота в рыбной массе, ферментированной протосубтилином ГЗх, при различных значениях гидромодуля, концентрации фермента и продолжительности гидролиза представлены в табл. 7.

Таблица 7. Содержание аминного азота в ферментолизатах, мг/кг

Продолжительность процесса, мин	Гидромодуль (сырье: вода)	Массовая доля протосубтилина ГЗХ, %		
		0,05	0,1	0,15
15	1:0,05	0,164±0,001	0,175±0,001	0,213±0,001
	1:0,1	0,171±0,001	0,181±0,001	0,217±0,001
	1:0,15	0,184±0,001	0,199±0,001	0,230±0,001
30	1:0,05	0,155±0,001	0,162±0,001	0,183±0,001
	1:0,1	0,154±0,001	0,174±0,001	0,200±0,001
	1:0,15	0,163±0,001	0,213±0,001	0,232±0,001
45	1:0,05	0,170±0,001	0,201±0,001	0,215±0,001
	1:0,1	0,180±0,001	0,202±0,001	0,217±0,001
	1:0,15	0,196±0,001	0,221±0,001	0,274±0,001

Анализируя представленные данные можно отметить, что с увеличением продолжительности ферментации, значения гидромодуля и массовой доли фермента содержание аминного азота возрастает от 0,154 до 0,274 мг/кг. Максимальное значение аминного азота было достигнуто при дозировке ферментного препарата 0,15% от массы сырья, величине гидромодуля 1:0,15 и продолжительности ферментации 45 мин.

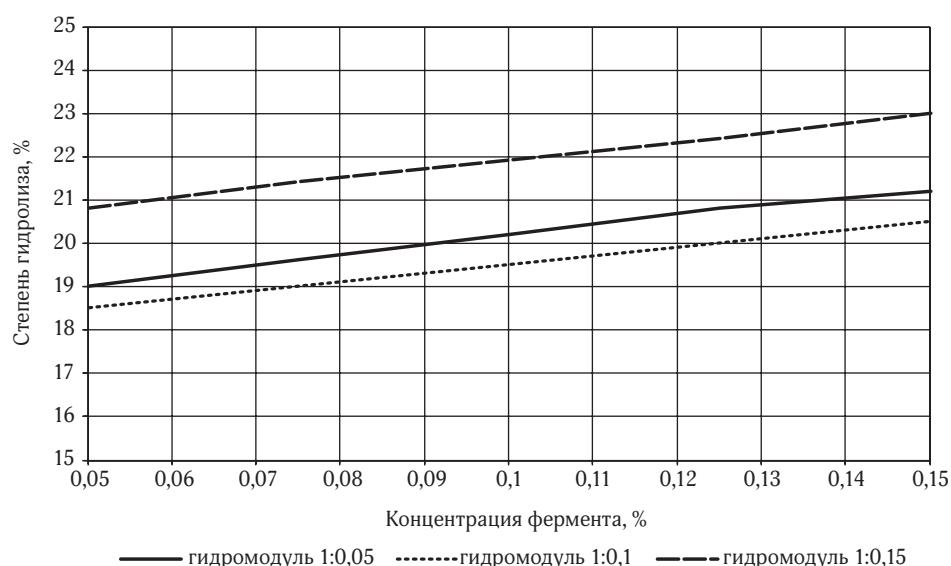
Глубина гидролиза в ферментолизатах рассчитывалась по формуле:

$$\Gamma\Gamma = N_{\text{ам}} / N_{\text{неб}} \times 100,$$

где $\Gamma\Gamma$ — глубина гидролиза, %; $N_{\text{ам}}$ — аминный азот, мг/%; $N_{\text{неб}}$ — небелковый азот, мг/%.

Результаты исследований представлены на рис. 1, 2, 3.

С увеличением массовой доли протосубтилина ГЗх, величины гидромодуля и продолжительности процесса ферментации глубина гидролиза ферментированных отходов от разделки трески возрастает. Максимальное значение глубины гидролиза (24,9%) достигается при массовой доле протосубтилина ГЗх 0,15% от массы сырья, гидромодуле 1:0,15 и продолжительности процесса ферментации 45 мин. При массовой доле фермента 0,05% от массы сырья, гидромодуле 1:0,05 и продолжительности процесса ферментации 15 мин наблюдается минимальное значение глубины

**Рис. 1.** Изменение степени гидролиза в ферментолизатах при продолжительности процесса 15 мин

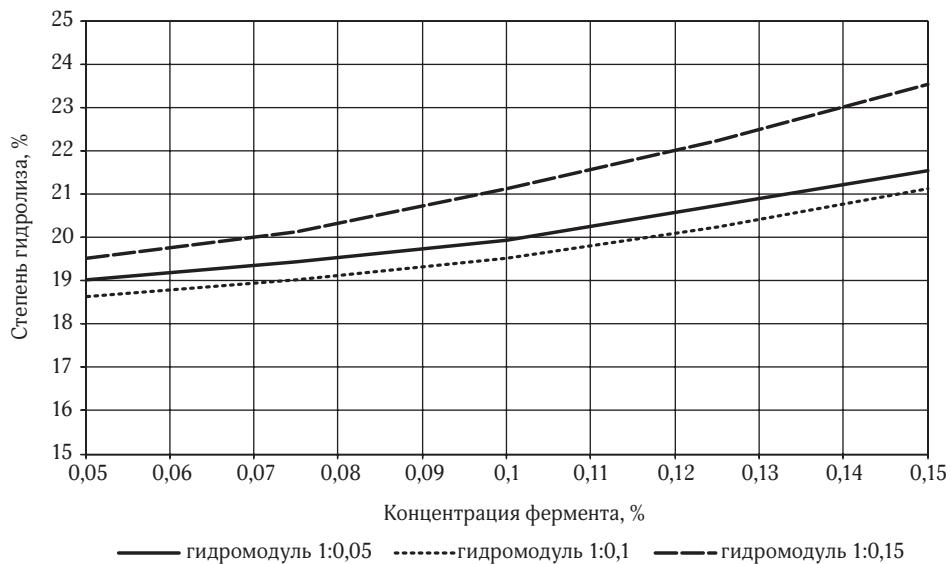


Рис. 2. Изменение степени гидролиза в ферментолизатах при продолжительности процесса 30 мин

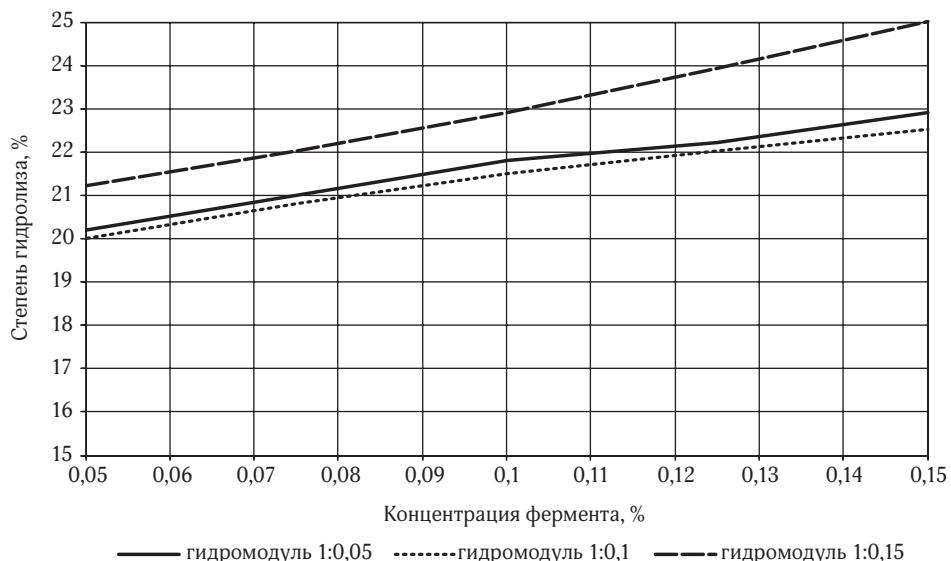


Рис. 3. Изменение степени гидролиза в ферментолизатах при продолжительности процесса 45 мин

гидролиза (18,5%). Полученные значения глубины гидролиза входят в интервал от 15 до 25%, что соответствует оптимальной степени гидролиза белков для кормовых продуктов, используемых в кормлении рыб [Мухин, Новиков, 2001 а, б].

Таким образом, значение глубины гидролиза, составляющее 19,0%, подтверждает правильность выбора оптимального режима ферментации отходов от разделки трески (продолжительность ферментации 30 мин; гидромодуль 1:0,1; массовая доля фермента протосубти-

лин ГЗх — 0,05% от массы сырья; температура процесса 40–45 °С; pH 6,0–7,0). Следовательно, полученный гидролизат со средней степенью расщепления белка (содержащий полипептиды с молекулярной массой от 1000 до 1500 Да) может быть использован для получения легкоусвояемой кормовой добавки для молоди рыб, с/х животных и птиц.

В гидролизате из отходов трески, полученным при выбранном оптимальном режиме ферментации, был изучен общий химический состав. Результаты представлены в табл. 8

Таблица 8. Общий химический состав киличного гидролизата и гидролизата из отходов трески

Наименование образца	Содержание, %			
	Белок	Жир	Влага	Зола
Киличный гидролизат	71,9	10,0	13,0	5,1
Гидролизат из отходов трески	75,0	6,0	9,0	10,0

в сравнении с киличным гидролизатом [Аламдари и др., 2013].

Сравнение общего химического состава гидролизата из кильки и из отходов трески (табл. 8) показал высокое содержание белковых веществ за счёт пониженного содержания жира, что свидетельствует о повышенной кормовой ценности гидролизата из отходов трески.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Во ФГБНУ «ВНИРО» были проведены исследования по комплексному изучению отходов от разделки трески (голова, внутренности, плавники, плёнки, позвоночная кость, срезки мяса): органолептические показатели сырья, общий химический состав, фракционный состав белка сырья, содержание тяжёлых металлов и хлорорганических пестицидов. По результатам исследований было установлено, что отходы от разделки трески являются перспективным высокобелковым сырьём для получения кормового продукта и соответствуют требованиям по безопасности, предъявляемым к сырью СанПиН 2.3.2.1078–01.

Научно обоснованы и разработаны рациональные технологические параметры процесса ферментирования отходов от разделки трески в зависимости от следующих параметров: времени процесса, концентрации протеолитического фермента, величины гидромодуля. Рациональные технологические параметры процесса ферментирования следующие: продолжительность ферментации 30 мин; гидромодуль 1:0,1; массовая доля фермента протосубтилина ГЭх — 0,05 % от массы сырья; температура процесса 40–45 °С; pH 6,0–7,0. При этом значение глубины гидролиза является оптимальным и составляет 19,0 %. Полученный при этих параметрах белковый гидролизат из отходов трески характеризуется следую-

щим химическим составом (в %): содержание белка — 75,0; жира — 6,0; влаги — 9,0; золы — 10,0.

Внедрение новых технологий производства кормовых продуктов (например, ферментирование) позволит получать продукты значительно более высокого качества, извлекать из сырья ценные компоненты. Например, в настоящее время возможно получать кормовые продукты, использующиеся для кормления молоди различных видов животных, птицы и в товарном рыбоводстве.

ЛИТЕРАТУРА

- Аламдари Х., Долганова Н.В., Пономарев С.В., Виннов А.С. 2013. Результаты разработки стартового комбикорма для личинок осетровых рыб на основе использования киличного белкового гидролизата и пробиотика «Бифитрилак» // Товарная аквакультура и искусственное воспроизводство рыб. Вестник АГТУ. Астрахань: АГТУ. № 2. С. 172–177.
- Андрусенко П.И. 1988. Малоотходная и безотходная технология при обработке рыбы. М.: Агропромиздат. 112 с.
- Артюхин В.И., Шелепин А.П., Киселева Н.В. 1990. Белковые гидролизаты в производстве питательных сред: производство и применение продуктов микробиологических производств // ОИ/ВНИИСЭНТИ Минмедпрома СССР. Вып. 9–10. 52 с.
- Боева Н.П. 2004. Состояние и перспективы развития производства кормовой муки из гидробионтов // Труды ВНИРО. Т. 143. С. 182–189.
- Боева Н.П., Бредихина О.В.. Бочкарев А.И. 2008. Технология рыбы и рыбных продуктов. Кормовые и технические продукты из водных биологических ресурсов. М.: Изд-во ВНИРО. 118 с.
- Гамыгин Е.А. 2009. Современные технологии кормопроизводства для аквакультуры // Тез. докл. науч.-практ. конф. в рамках международной выставки «Интерфиш — 2009»: «Рыбное хозяйство, его роль в современной экономике, факторы роста, риски, проблемы и перспективы развития». М. 42 с.

- Дубровская Т.А.* 2001. Отходы переработки гидробионтов как источник ценных побочных продуктов // Информационный пакет «Обработка рыбы и морепродуктов». Новости отечественной и зарубежной рыбообработки. № 3. М.: Изд-во ВНИЭРХ. С 11–14.
- Зайцев В.П., Ажгихин И.С., Гандель В.Г.* 1980. Комплексное использование морских организмов. М.: Пищевая пром-сть. 279 с.
- Кириллов А.И., Линчевская А.А., Куприна Е.Э.* 2013. Комплексная переработка коллаген- и минералсодержащих вторичных ресурсов рыбопереработки методом электрохимического экстрагирования // Известия Санкт-Петербургского государственного технологического института. № 18. Санкт-Петербург. С. 24–26.
- Лазаревский А.А.* 1955. Техно-химический контроль в рыбообрабатывающей промышленности. М.: Пищепромиздат. 520 с.
- Мухин В.А., Новиков В.Ю.* 2001 а. Протеолиз и протеолитические ферменты в тканях морских беспозвоночных. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 250 с.
- Мухин В.А., Новиков В.Ю.* 2001 б. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование. Мурманск: Изд-во ПИНРО. 97 с.
- Пономарев С.В., Пономарева Е.Н.* 2003. Технологические основы разведения и кормления лососевых рыб в индустриальных условиях. Астрахань: Изд-во АГТУ. 188 с.
- Сергиенко Е.В., Леонтьев С.Ю., Боева Н.П., Дяченко М.М., Ульченко В.А.* 2012. О возможности использования рыбного ресурсного потенциала Курильских островов в качестве сырья для производства кормовой муки // Рыбное хозяйство. № 5. С. 113–119.
- Ярочкин А.П., Чупикова Е.С., Кузнецов Ю.Н., Градов Н.А.* 1997. Биотехнологическая утилизация белоксодержащих отходов рыбопереработки // Известия ТИНРО. Т. 120. С. 44–48.
- REFERENCES**
- Alamdar Kh., Dolganova N.V., Ponomarev S.V., Vinnov A.S. 2013. Rezul'taty razrabotki startovogo kombikorma dlya lichinok osetrovyykh ryb na osnove ispol'zovaniya kilechnogo belkovogo gidrolizata i probiotika «Bifitrilak» [Results of starter diet development for sturgeon larvae by use of spart protein hydrolysate and probiotic «Bifitrilak»] // Tovarnaya akvakul'tura i iskusstvennoe vosproizvodstvo ryb. Vestnik AGTU. Astrakhan': AGTU. № 2. s. 172–177.
- Andrusenko P.I. 1988. Malootkhodnaya i bezotkhodnaya tekhnologiya pri obrabotke ryby [Low-waste and non-waste technology at fish treatment]. M.: Agropromizdat. 112 S.
- Artyukhin V.I., Shelepin A.P., Kiseleva N.V. 1990. Belkovye gidrolizaty v proizvodstve pitatel'nykh sred: proizvodstvo i primenie produktov mikrobiologicheskikh proizvodstv [Protein hydrolysates at production of growth medium: production and application of microbiological synthesis products] // OI/VNIIEHNTI Minmedproma SSSR. Vyp. 9–10. 52 S.
- Boeva N.P. 2004. Sostoyanie i perspektivy razvitiya proizvodstva kormovoj muki iz hidrobiontov [Condition and prospects for the development of feeding meal from hydrobiants] // Trudy VNIRO. T. 143. S. 182–189.
- 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.
- Gamygin E.A. 2009. Sovremennye tekhnologii kormoproizvodstva dlya akvakul'tury [Modern feed production technology for aquaculture] // Tez. dokl. nauch.-prakt. konf. v ramkakh mezhd. vyst. «Interfish — 2009»: «Rybnoe khozyajstvo, ego rol' v sovremennoj ekonomike, faktory rosta, riski, problemy i perspektivy razvitiya». M. 42 S.
- Dubrovskaya T.A. 2001. Otkhody pererabotki hidrobiontov kak istochnik tsennykh pobochnykh produktov [Hydrobiants processing waste — is the source of valuable additional products] // Informatsionnyj paket «Obrabotka ryby i moreproduktov». Novosti otechestvennoj i zarubezhnoj ryboobrabotki. № 3. M.: Izd-vo VNIEHRKH. s 11–14.
- Zajtsev V.P., Azhgikhin I.S., Gandel' V.G. 1980. Kompleksnoe ispol'zovanie morskikh organizmov [Comprehensive using of marine organisms]. M.: Pishhevaya prom-st'. 279 S.
- Kirillov A.I., Linchevskaya A.A., Kuprina E.E. 2013. Kompleksnaya pererabotka kollagen-i mineralsoderzhashchikh vtorichnykh resursov rybopererabotki metodom ehlektrorkhimicheskogo ekstragirovaniya [Deep treatment of collagen and mineral containing fish waste by electrochemical extraction] // Izvestiya Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo instituta. № 18. Sankt-Peterburg. s. 24–26.
- Lazarevskij A.A. 1955. Tekhno-khimicheskij kontrol' v ryboobrabatyvayushhej promyshlennosti [Techno-chemical control at the fish processing industry]. M.: Pishhepromizdat. 520 S.
- Mukhin V.A., Novikov V.Yu. 2001 a. Proteoliz i proteoliticheskie fermenty v tkanyakh morskikh bespozvonochnykh [The proteolysis and proteolytic

- enzymes in marine invertebrates tissues]. Murmansk: Izd-vo PINRO. 250 S.
- Mukhin V.A., Novikov V. Yu. 2001 b. Fermentativnye belkovye gidrolizaty tkanej morskikh gidrobiontov: poluchenie, svojstva i prakticheskoe ispol'zovanie [Enzymic protein hydrolysates of marine hydrobionts tissues: obtaining, properties and practical usage]. Murmansk: Izd-vo PINRO. 97 S.
- Ponomarev S. V., Ponomareva E. N. 2003. Tekhnologicheskie osnovy razvedeniya i kormleniya lososevykh ryb v industrial'nykh usloviyakh [Technological bases of breeding and feeding salmon fish at the industrial environment]. Astrakhan': Izd-vo ACTU. 188 S.
- Sergienko E. V., Leont'ev S. Yu., Boeva N. P., Dyachenko M. M., Ul'chenko V. A. 2012. O vozmozhnosti ispol'zovaniya rybnogo resursnogo potentsiala Kuril'skikh ostrovov v kachestve syr'ya dlya proizvodstva kormovoj muki [On the possibility to the Kuril fish resource potential as raw material for fish meal production] // Rybnoe khozyajstvo. № 5. s. 113–119.
- Yarochkin A. P., Chupikova E. S., Kuznetsov Yu. N., Gradov N. A. 1997. Biotekhnologicheskaya utilizatsiya beloksoderzhashhikh otkhodov rybopererabotki [Biotechnological utilization of offals containing protein] // Izvestiya TINRO. Т. 120. С. 44–48.

*Поступила в редакцию 26.02.16 г.
Принята после рецензии 07.09.16 г.*

Scientific justification of technological parameters of waste fermentation processes at the fish processing plants

N.P. Boeva, M.M. Dyachenko, A.G. Artemova

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

At the present time no attention is paid to the processing of waste from the cutting of aquatic biological resources while the development of precisely this sector of fish processing it may contribute to the production of new highly valuable feed products. Waste from the aquatic biological resources (ABR) processing fluctuates from 20 to 50% and is shown to be among the major sources of proteins (up to 16–20%). Results of investigations on integrated studies of cod processing waste (organoleptic characteristics, general chemical composition, fractional composition of protein, heavy metals and organochlorine pesticides content in the raw material) have proved their prospects for obtaining feed products. The fermentative method of obtaining hydrolyzates is considered to be the most modern and advanced in the production of feed products. Experiments on the development of rational technological parameters of the cod processing waste fermentation process have been conducted at «VNIRO»: fermentation duration 30 min; hydromodul 1: 0.1; mass share of fermentative protosubtilin ГЭХ — 0.05% of the raw material weight; process temperature — 40–45 °C; pH 6.0–7.0. In this case the value of the hydrolysis depth is 19.0% which corresponds to the rational degree of hydrolysis of proteins. The obtained hydrolyzate with an average degree of protein cleavage (containing polypeptides with a molecular mass from 1000 to 1500 Da) can be used to obtain easily digestible feed additives for fish juveniles the stomach of which is not yet fully formed. Introduction of new production technologies, such as fermentation, will allow the products to be obtained with desired properties and better quality. For example, it is now possible to obtain feed products used for feeding young animals, birds and fish of different species. Adding of vegetable waste to the raw fish makes it possible to obtain multicomponent products with specific functionality.

Key words: feed products, waste from the ABR processing, fermentative method, fractional composition of proteins, hydrolysis of raw material protein, proteolytic enzymes, hydrolysis depth.