

Технология переработки
водных биоресурсов

УДК 639.3; 67.03

**О путях повышения качества кормовой рыбной муки
для нужд аквакультуры в Российской Федерации***Р.В. Артемов, И.В. Бурлаченко, А.И. Бочкарев, Ю.А. Баскакова*

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

E-mail: artemov@vniro.ru

В статье обоснована необходимость разработки специальных требований к качеству отечественной кормовой рыбной муки, используемой для целей аквакультуры, а также к сырью, предназначенному для её производства. Приведены результаты исследований образцов сырья, используемого для производства кормовой рыбной муки и полученной из него готовой продукции. Обобщена информация о современных зарубежных разработках в области производства кормовой рыбной муки из различных видов сырья и количественные характеристики показателей, регламентирующих качество. На основании результатов выполненных исследований разработаны рекомендации по переработке сырья при производстве кормовой рыбной муки для нужд аквакультуры, а также предложены технологические параметры и технические решения по переработке промежуточных продуктов на наиболее важных стадиях технологического процесса — стадиях варки и сушки. Предлагаемые решения позволяют использовать дифференцированный подход при переработке жирного и тощего рыбного сырья для сохранения высоких качественных характеристик рыбной муки.

Ключевые слова: кормовая рыбная мука, аквакультура, рыбомучное оборудование, комбикорма для рыб, технология производства кормовой рыбной муки.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из резервов повышения доступности рыбной продукции для российских граждан является наращивание объёмов выпуска продукции аквакультуры. На сегодняшний день её доля в общемировом объёме производства, составляющем 159 млн тонн, превышает 50%. При этом 85% приходится на азиатские страны, в первую очередь, на Китай, Вьетнам и ряд других [Состояние мирового ..., 2018]. В Российской Федерации на сегодняшний

день производство продукции аквакультуры составляет около 220 тыс. тонн, что составляет менее 0,2% от общемирового и, приблизительно, в 19 раз меньше объёма промысла [Пресс-служба Росрыболовства, 2018]. Однако, развитию данного направления рыбного хозяйства в стране уделяется много внимания как в законодательном плане, так и в направлении создания благоприятных условий для роста производства продукции этого сектора на федеральном и региональных уровнях.

Благодаря этому ежегодный объём выпускаемой продукции возрастает более чем на 10%. [Итоги деятельности ..., 2018].

Серьёзным препятствием для интенсификации аквакультуры, особенно в её наиболее перспективном — индустриальном направлении, является крайне незначительный объём производства отечественных эффективных и конкурентоспособных комбикормов, во многом связанный с дефицитом качественных кормовых компонентов. В практике российской аквакультуры эта проблема частично решается за счёт их закупки у зарубежных поставщиков. Однако постоянная зависимость отечественных производителей рыбных комбикормов от поставок извне не позволяет последовательно развивать кормопроизводство в стране.

Особенного внимания среди компонентов комбикормов заслуживает вопрос качества отечественной кормовой рыбной муки (КРМ), предназначенной для нужд аквакультуры. Следует подчеркнуть, что в мировой практике к КРМ — наиболее питательному высокобелковому компоненту кормов для объектов аквакультуры, предъявляются более строгие показатели качества, чем для КРМ, используемой для нужд свиноводства и птицеводства.

Вопрос повышения качества отечественной КРМ, используемой для целей аквакультуры, рассматривался нами ранее как один из базовых в области научного обеспечения кормопроизводства [Бурлаченко, Артемов, 2017]. Сегодня в Российской Федерации КРМ используется, главным образом, в кормах для теплокровных животных и птиц. Относительно невысокое содержание в комбикормах для этих видов животных КРМ, по сравнению с её содержанием в комбикормах для рыб, допускает не столь высокие требования к показателям её безопасности и качества. Поэтому действующий ГОСТ 2116—2000 «Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных» предъявляет менее жёсткие требования к КРМ. В частности, в отечественной КРМ допускается более высокое содержание влаги (до 12%) и липидов (до 14%). Более влажная и жирная КРМ в большей степени подвержена процессам окисления при хранении и экструдировании, что значительно снижает её качество и показатели безопасно-

сти. Нижняя граница содержания белка в отечественной КРМ находится на уровне 50%, что значительно ниже зарубежных аналогов. В связи с изложенным выше целью настоящей работы являлся поиск путей повышения качества отечественной КРМ для обеспечения её полноценного использования в комбикормах для объектов аквакультуры.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКИ

Исследования включали анкетирование производителей КРМ, анализ отечественных и зарубежных литературных источников и нормативных документов, затрагивающих и регламентирующих показатели качества КРМ. Опрос производителей КРМ проводили с использованием разработанных авторами анкет. Вопросы анкет касались информации об используемом предприятиями рыбномучном оборудовании, сырьевой базе и качестве выпускаемой продукции. Результаты опроса позволили провести анализ современного состояния отечественного производства КРМ. Также были проанализированы нормативные документы основных стран — производителей КРМ и специализированные литературные источники, на основании которых определены основные качественные показатели КРМ, используемой для нужд аквакультуры за рубежом [FAO: China ..., 2018; Hardy, Masumito, 1990]. Оборудование береговых предприятий не рассматривали в связи с относительно низким качеством КРМ, получаемой в береговых условиях по сравнению с КРМ, получаемой на судах.

РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным статистики общемирового объёма производства КРМ, составившего в 2016 году около 4,71 млн тонн, на нужды аквакультуры было израсходовано около 70% (3,29 млн тонн). Остальные 30% были использованы в свиноводстве (23%), птицеводстве (5%) и иных направлениях (3%) [Seafish ..., 2018]. Таким образом, очевидно, что потребность в комбикормах для аквакультуры на сегодняшний день является основным фактором, обеспечивающим высокий уровень спроса на КРМ. Следует также отметить, что всё более возрастающая потребность в КРМ

приводит к постепенному увеличению её рыночной стоимости. За последние 10 лет средняя стоимость КРМ в мире увеличилась с 1,4 до 1,6 USD, то есть, на 14%. В России после увеличения стоимости КРМ, связанного с санкционной политикой ЕС, цена стабилизировалась и составляет от 70 до 110 руб./кг в зависимости от доли протеина и качества готовой продукции.

В Российской Федерации наблюдается иная картина, и производство КРМ ориентировано на животноводство и птицеводство. Отражением данной тенденции являются и показатели качества КРМ, вырабатываемой отечественными производителями. В частности, по результатам анкетирования российских производителей, проведённого нами в 2017 году, было установлено, что в выработанных в море образцах КРМ диапазон значений содержания сырого протеина составил от 53,3 до 72,0%. При этом вся продукция соответствовала требованиям ГОСТ 2116-2000.

Сравнение показателей химического состава отечественной КРМ и требований к её составу в странах, характеризующихся значительными объёмами производства продукции аквакультуры (табл. 1), выявило существенные различия.

Данные табл. 1 демонстрируют, что требования отечественного ГОСТ по содержанию белка значительно отличаются от качественных характеристик КРМ, изготавливаемой за рубежом для нужд аквакультуры. Минимальное содержание белка в импортной КРМ, рекомендуемой к использованию в кормах для объектов аквакультуры, составляет 62,8%, что на 12,8% больше нормы ГОСТ 2116-2000.

Обработка данных протоколов испытаний КРМ, изготовленной на 42 российских судах, показала, что в 100% случаев КРМ соответствует ГОСТ 2116-2000. Однако лишь в 30% случаев отечественная КРМ соответствует международным требованиям [Бурлаченко, Артемов, 2017].

Таблица 1. Требования к показателям качества КРМ, используемой для целей аквакультуры в Российской Федерации и качественные характеристики КРМ, используемой в Норвегии, Японии, США, Канаде и Китае.

Наименование КРМ*	Общий химический состав, %			
	влага	белок	жир	зола
<i>Российская Федерация</i>				
Кормовая рыбная мука	<12	>50	<14	–
<i>Норвегия</i>				
NorSeaMink®	5,0–10,0	70,0	–	–
NorseEel®	5,0–8,0	66,0	–	20,0
Norse LT-94®	6,0–10,0	68,0	11,5	–
<i>Япония</i>				
White fish meal 1	<10,0	>65,0	>10,0	<10,0
White fish meal 2	<10,0	65,0–67,0	5,0–10,0	18,0–20,0
White fish meal 3	6,40	62,8–67,0	6,90–8,30	17,0–20,8
<i>США</i>				
Starter feeds	<10,0	>70,0	8,0–12,0	<15,0
Crumbles	<10,0	65,0–67,5	8,0–12,0	<17,0
Pellets	<10,0	65,0–67,5	8,0–12,0	<17,0
<i>Канада</i>				
Fish meal for Atlantic salmon diets	<10,0	>68,0	<10,0	<12,0
<i>Китай</i>				
Superfine (white fishmeal)	<10	>65	<9	<18

* [FAO, 2018; Hardy, Masumito, 1990; ГОСТ 2116–2000].

Отсутствие нормативного документа, регламентирующего требования к качеству КРМ, направляемой на производство кормов для объектов аквакультуры, не позволяет производителям таких кормов иметь официальные гарантии качества приобретаемого ими сырья. В этой связи считаем целесообразным создание межгосударственного либо национального стандарта КРМ для целей аквакультуры, фиксирующего по сравнению с действующим ГОСТом более высокий уровень содержания сырого протеина и ограничивающий содержание зольных элементов, липидов и влаги

В целях поиска технических решений по повышению качества отечественной КРМ, вырабатываемой в судовых условиях, были собраны и обработаны данные об особенностях технологического процесса её производства с использованием различных рыбомучных установок и технологических параметров в зависимости от перерабатываемого сырья.

Следует отметить, что на сегодняшний день на рыбоперерабатывающих судах применяется, преимущественно, традиционная прессово-сушильная технология, использующая отечественные и зарубежные рыбомучные установки, произведённые в СССР, Германии, Китае и Украине. Новые рыбомучные установки переработчики предпочитают приобретать в Китае. Часть судов оснащена оборудованием для механического выделения жира, но обработка осветлённой и обезжиренной части бульонов не предусмотрена. Это объясняется потребностью в значительных производственных площадях, необходимых для монтажа дополнительных сборочных единиц.

Для производства КРМ на судах, в основном, используют сырьё, содержащее не более 4% жира. Во избежание затруднений при прессовании разваренной массы и отделении влаги при сушке жома в процессе обработки сырья с массовой долей жира более 10% его смеси-

Таблица 2. Рекомендуемые технологические параметры получения КРМ для целей аквакультуры из тощего сырья и сырья средней жирности

№ п/п	Наименование установки* (узлов установки)	Используемое сырьё	Технологические параметры				
			Заявленные		Рекомендуемые		
			Варка, Т, °С	Сушка		Варка	Сушка
T**, °С	Продолжительность, мин.	Сушка					
1	SF-60, 80, 100	Минтай, треска, макрурус, бычок, терпуг, навага	95–100	T _п 75–80	30		
2	VF/МО-4/1	Сабля, ставрида мелкая, карась морской, сардинелла мелкая плоская	80–90	T _п 70–75	150	В тонком слое толщиной 2–2,5 см Температура 90–95 °С, длительность 2–2,5 мин.	Температура продукта 70–75 °С, длительность не более 25 мин.
3	A1-ИЖР	Минтай, лимонема, треска, терпуг, макрурус, бычок	95	T _п 80–85	150		
4	УМЕ-50	Минтай, бычки	85–100	T _в 135–140	120		
5	VF-Мо4	Лимонема, макрурус, минтай	80–90	T _п 80–95	120		
6	Shlotterhoze	Лимонема, макрурус, минтай	80–90	T _в 130–140	120		

* 40, 50, 60, 80, 100, что соответствует производительности установки т/сут по сырью.

** T_в — температура воздуха, T_п — температура продукта.

вают с нежирным в соотношении 1:3–1:4. Оптимальный температурный режим и продолжительность варки корректируют исходя из видового состава и жирности сырья. Варку сырья производят в широком температурном диапазоне от 65 до 100 °С, последующую сушку жома — при температуре воздуха 110–145 °С и продолжительности от 40 минут до 2 часов (табл. 2 и 3).

Данные по параметрам промежуточных технологических операций свидетельствуют об отсутствии дифференцированного подхода при переработке тощего и жирного сырья, что в свою

очередь приводит к нестабильному качеству выпускаемой продукции.

Для стабилизации качества и получения КРМ с высоким содержанием белка считаем целесообразным направлять на переработку целую и незадержанную рыбу, в некоторых случаях — разделанную рыбу, исключая минералсодержащие рыбные отходы (кости, головы, плавники, хребты). Добавление отходов для получения КРМ нежелательно. Измельчение сырья, его механическое обезвоживание методом прессования (либо центрифугирования), обработка рыбного бульона для получения полуфа-

Таблица 3. Рекомендуемые технологические параметры получения КРМ для целей аквакультуры из жирного сырья

№ п/п	Наименование установки* (узлов установки)	Используемое сырье	Технологические параметры				
			Заявленные			Рекомендуемые	
			Варка, T_p , °С	Сушка		Варка	Сушка
T^{**} , °С	Продолжительность, мин.						
1	SF-60, 80, 100	Отходы от разделки рыб: сардинеллы и трески, сельдь	95–100	T_p 75–80	30		
2	VF/MO-4/1	Отходы от разделки минтая	80–90	T_p 70–75	150		
3	A1-ИЖР	Сельдь	95	T_p 80–85	150		
4	Линия производства кормовой рыбной муки: Варильник SC-100T, Пресс Shy-100, Сушилка Shz-100	Камбала	90–95	T_b 110	120	В тонком слое, толщина слоя 1–2–2,5 см	Температура продукта 70–75 °С; Температура длительность не более 25 мин
5	Линия производства кормовой рыбной муки: Варильник SC-100T; Пресс SFZ-80 Сушилка FG-40 x 2; либо FG 80	Отходы от разделки минтая	85–100	T_b 120–150	120	Длительность 4–5 минут.	
6	YME-50	Камбала	85–100	T_b 140	120		

* 40, 50, 60, 80, 100, что соответствует производительности установки т/сут по сырью.

** T_b — температура воздуха, T_p — температура продукта.

брикета рыбного жира и завершающие технологические операции целесообразно проводить в соответствии с параметрами, определяемыми в инструкции № 99 Сборника технологических инструкций по обработке рыбы, т. 2. Однако для повышения кормовой и биологической ценности КРМ с целью достижения возможности её использования в аквакультуре целесообразно изменять параметры тепловой обработки промежуточных продуктов — варки сырья и сушки жома.

Рассматривая данные табл. 2, необходимо отметить, что для сохранения биологической ценности сырья в настоящее время стремятся обеспечить режим варки сырья, отличающийся низкой продолжительностью, но при этом обеспечивающий коагуляцию белковых веществ. С этой целью при производстве КРМ и в настоящее время широко применяется варка сырья в тонком слое, при котором малая продолжительность процесса варки, составляющая 2–2,5 минуты достигается за счёт малой толщины слоя обрабатываемого сырья (около 2,0–2,5 см). Именно указанный подход позволяет за относительно малый промежуток времени достичь высокой температуры варки сырья — 90–95 °С [Agiyawansa, 2000]. Данная температура является рациональной для переработки тощего рыбного сырья (до 4% жира) и сырья средней жирности (от 4 до 10% жира) [Исаев, 1985].

Однако, необходимо отметить, что температура варки, равная 90–95 °С, не является оптимальной для переработки жирного сырья: в указанном температурном диапазоне происходят нежелательные изменения консистенции проваренной рыбной массы, в результате чего она становится мажущейся. Рациональной температурой варки рыбного сырья высокой жирности является температура от 80 до 85 °С, более низкая по сравнению с традиционной, при одновременном увеличении продолжительности процесса до 4 минут [Боева и др., 2017].

Значительных позитивных изменений также удастся достичь в интенсификации процесса сушки проваренного полуфабриката, что обеспечивается за счёт его постоянного перемешивания в дисковых сушилках. В совокупности с созданием постоянного воздушного потока это позволяет повысить скорость сушки. За счёт интенсификации — продолжительность сушки

жома составляет около 25 минут, а температура продукта — около 70–75 °С [Marki, 1990].

Рекомендуемые параметры получения КРМ на стадиях варки и сушки для сырья различной жирности представлены в табл. 2 и 3.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог по выполненным исследованиям, следует отметить, что в настоящее время лишь 30% выпускаемой отечественными предприятиями кормовой рыбной муки подходит для производства кормов для объектов аквакультуры. Для увеличения доли качественной КРМ на рынке Российской Федерации необходимо решить задачу стабилизации качества выпускаемой продукции. Решение данной задачи во многом зависит от внедрения дифференцированного подхода при переработке тощего и жирного рыбного сырья и от направления в переработку однородного сырья преимущественно из неразделанной свежевывловленной рыбы. Внедрение данного подхода при производстве КРМ позволяет: 1) получать продукцию со стабильно низкими показателями окисления липидов вне зависимости от сырья, направленного в переработку; 2) получать высокобелковую продукцию (более 70%) стабильного качества; 3) снизить содержание золы в конечном продукте.

Дополнительным стимулом для изменения подхода к процессу производства КРМ может являться появление нового нормативного документа, содержащего требования к качеству КРМ, используемой в кормах для объектов аквакультуры. При разработке данного документа необходимо предусмотреть отдельные требования к качеству КРМ для целей аквакультуры, фиксирующие по сравнению с действующим ГОСТом, более высокий уровень содержания сырого протеина и ограничивающий содержание зольных элементов, липидов и влаги.

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ 2116–2000. 2002. Мука кормовая из рыбы, морских млекопитающих, ракообразных и беспозвоночных. Технические условия (с изменением № 1). Комбикорма. Часть 3. Кормовые добавки, витамины. Технические условия: Сб. Гостов. М.: ИПК Издательство стандартов. 14 с.
- Боева Н.П., Бредихина О.В., Бочкарев А.И., Дяченко М.М. 2017. Технологии кормовых и технических продуктов. М.: Изд-во ВНИРО. 70 с.

- Бурлаченко И.В.,* Артемов Р.В. 2017. Развитие научного обеспечения производства комбикормов для рыб в современных условиях // Рыбоводство. Т. 1. Вып. 4. С. 32–34.
- Исаев В.А.* 1985. Кормовая рыбная мука. М.: Агропромиздат. 190 с.
- Итоги деятельности* Федерального агентства по рыболовству в 2018 году и задачи на 2019 год. Доступно через: http://fish.gov.ru/files/documents/ob-agentstve/kollegiya/itogi_2018_zadachi_2019_2.pdf 28.02.2018.
- Пресс-служба* Росрыболовства. Объём производства аквакультуры в 2018 году достиг 220 тыс. тонн — на 7% больше прошлогоднего уровня. Доступно через: <http://fish.gov.ru/press-tsentr/novosti/21706-ob-em-proizvodstva-akvakultury-v-2018-godu-dostig-220-tys-tonn-na-7-bolshe-proshlogodnego-urovnya>. 28.02.2018.
- Сборник технологических инструкций.* 1994. Т. 2. / Под ред. А.Н. Белогурова, М.С. Васильевой. М.: Колос. 590 с.
- Состояние* мирового рыболовства и аквакультуры. 2018. FAO, Rome, Italy: 19540RU. 226 с.
- Ariyawansa S.* 2000. The evaluation on functional properties of fish meal // UNI — Fisheries Training Program. 24 p. Accessible via: https://www.researchgate.net/publication/238071960-THE_EVALUATION_OF_FUNCTIONAL_PROPERTIES_OF_FISH_MEAL. 06.07.2018.
- FAO: China: Feed and Feed Ingredient Standards.* Accessible via: <http://www.fao.org/fishery/affris/feed-and-feed-ingredient-standards/china-feed-and-feed-ingredient-standards/en/>. 06.07.2018.
- Hardy R.W.,* Masumito T. 1990. Specifications for marine by-products for aquaculture.: International By-Products Conference. Alaska, 1990. p. 109–120.
- Marki B.* 1990. Effects of process parameters and raw material freshness on fish meal quality // Intern. By-Products Conference, Alaska. p. 105–108.
- Seafish.* Fish meal and fish oil facts and figures. Accessible via https://www.seafish.org/media/publications/Seafish_FishmealandFishOil_FactsandFigures2018.pdf 06.07.2018.

Поступила в редакцию 20.04.2018 г.
Принята после рецензии 24.09.2018 г.

Trudy VNIRO

2019. Vol. 176

Aquatic bioresources processing technologies

About Directions of Quality Improvement for Fish Meal, Used for Aquaculture Needs at Russian Federation

R.V. Artemov, I.V. Burlachenko, A.I. Bochkarev, Yu.A. Baskakova

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

At this article necessity of specific requirements for domestic fish meal quality, which used for aquaculture is proved as well as for raw materials, used for their production. The results of researching for samples of raw materials, which used for fish meal production, were presented. Information about modern foreign achievements at the area of fish meal production, made from different kinds of raw fish both information about quantitative characteristics of indicators, which regulate product quality, were summarized. Based on results of made researching recommendations for raw fish handling while fish meal production, which used for aquaculture needs, was developed. Also, technological parameters and technical solutions for intermediate products handling at most important stages of technological processes — cocking and drying — were introduced. Presented solutions allow to use a differential approach for fatty and skinny fish handling for saving of high-quality characteristics for fish meal.

Keywords: fish meal, aquaculture, fish meal equipment, fish feeds, fish meal production technology.

REFERENCES

- GOST 2116–2000. 2002. Muka kormovaya iz ryby, morskikh mlekopitayushchikh, rakoobraznykh i bespozvonochnykh. Tekhnicheskie usloviya (s izmeneniyem № 1) [Meal from fish, marine mammals, crustaceans and invertebrates. Specifications]. Kombikorma. Chast' 3. Kormovye dobavki, vitaminy. Tekhnicheskie usloviya: Sb. Gostov. M.: IPK Izdatel'stvo standartov. 14 s.
- Boeva N.P., Bredikhina O.V., Bochkarev A.I., Dyachenko M.M. 2017. Tekhnologii kormovykh i tekhnicheskikh produktov [Technology of feeder and technical products]. M.: Izd-vo VNIRO. 70 s.
- Burlachenko I.V., Artemov R.V. 2017. Razvitie nauchnogo obespecheniya proizvodstva kombikormov dlya ryb v sovremennykh usloviyakh [Development of scientific support for fish feeds at modern conditions] // Rybovodstvo. T. 1. Vyp. 4. S. 32–34.
- Isaev V.A. 1985. Kormovaya rybnaya muka [Fish meal]. M.: Agropromizdat. 190 s.
- Itogi deyatel'nosti Federal'nogo agentstva po rybolovstvu v 2018 godu i zadachi na 2019 god [Overall working results of Federal Agency for Fisheries at 2018 and main tasks at 2019]. Accessible via: http://fish.gov.ru/files/documents/ob_agentstve/kollegiya/itogi_2018_zadachi_2019_2.pdf 28.02.2018.
- Press-sluzhba Rosrybolovstva. Ob'em proizvodstva akvakul'tury v 2018 godu dostig 220 tys. tonn — na 7% bol'she proshlogodnego urovnya [Federal Agency for Fisheries press office. Production volume for aquaculture has reached 220 thousand tons at 2018, 7% more than level of last year]. Accessible via: <http://fish.gov.ru/press-tsentr/novosti/21706-ob-em-proizvodstva-akvakul'tury-v-2018-godu%20-%20dostig-%20220-tys-tonn-na-7-bolshe-proshlogodnego-urovnya> 28.02.2018.
- Sbornik tekhnologicheskikh instruktsij [Collection of technological instructions]. 1994. T. 2. / pod red. A.N. Belogurova, M.S. Vasil'evoy. M.: Kolos. 590 s.
- Sostoyanie mirovogo rybolovstva i akvakul'tury [The State of World Fisheries and Aquaculture]. 2018. FAO, Rome, Italy: I9540EN. 227 s.
- Ariyawansa S. 2000. The evaluation on functional properties of fish meal // UNI — Fisheries Training Program. 24 p. Accessible via: https://www.researchgate.net/publication/238071960_THE_EVALUATION_OF_FUNCTIONAL_PROPERTIES_OF_FISH_MEAL. 06.07.2018.
- FAO: China: Feed and Feed Ingredient Standards. Accessible via: <http://www.fao.org/fishery/affris/feed-and-feed-ingredient-standards/china-feed-and-feed-ingredient-standards/en/>. 06.07.2018.
- Hardy R.W., Masumito T. 1990. Specifications for marine by-products for aquaculture.: International By-Products Conference. Alaska, 1990. p. 109–120.
- Marki B. 1990. Effects of process parameters and raw material freshness on fish meal quality // Intern. By-Products Conference, Alaska. p. 105–108.
- Seafish. Fish meal and fish oil facts and figures. Accessible via https://www.seafish.org/media/publications/Seafish_FishmealandFishOil_FactsandFigures2018.pdf 06.07.2018&

TABLE CAPTIONS

Table 1. The requirements for fish meal quality numbers, used for aquaculture at Russian Federation and quality characteristics of fish meal, used at Norway, Japan, USA, Canada and China

Table 2. Recommended technological parameters for fish meal obtaining, made from low-fat and middle-fat raw fish

Table 3. Recommended technological parameters for fish meal obtaining, made from fatty raw fish