

УДК [665.213.9.014:577.115]:[665.213.061:664.959:595.31-147.8]

М. Д. Мукатова, Е. Н. Романенкова, Н. А. Киричко, Н. Ю. Зотова

К ВОПРОСУ О БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ РЫБНОГО ЖИРА, ИЗВЛЕЧЕННОГО ИЗ ВНУТРЕННИХ ОРГАНОВ ТОВАРНОГО ОСЕТРА

Решена проблема рационального использования жиросодержащих отходов в качестве вторичного сырья, что предотвращает их утилизацию по низкой цене для передачи в кормопроизводство. Цель исследования заключалась в изучении физико-химических показателей качества и биологической ценности рыбных жиров, извлеченных из отложений на пищеварительных органах товарного осетра, выращенного в рыбоводческих хозяйствах Астраханской области. Объектами исследования были: жировые отложения на пищеварительных органах товарного осетра мороженого; рыбный жир, полученный из них; экстракт каротиноидов из панцирьсодержащего сырья речных раков. Жировые отложения товарного осетра хранились при температуре не выше -18°C в течение 2 месяцев. Остальные объекты исследования продолжительному хранению (больше 2 месяцев) не подвергались. Мороженые жировые отложения товарного осетра подвергались размораживанию воздушным способом, тщательной мойке и направлялись на извлечение рыбного жира. Установлено: жир товарного осетра (объекта аквакультуры) депонируется на внутренних органах, что позволяет заготавливать его в качестве вторичного сырья при переработке посредством разделявания. Показано, что выход рыбного жира при извлечении составляет 95,9 % от количества, содержащегося в исходном сырье или 75,6 % его массы. Выявлено, что сбор и заготовка жировых отложений при разделявании товарного осетра позволяют извлекать из них пищевой рыбный жир и затем обогащать его биологически активными веществами липидной природы с содержанием полиненасыщенных жирных кислот в среднем 18,2 %. Рассчитан коэффициент эффективности метаболизации, который составил для жира без обогащения каротиноидами 0,99, для жира обогащенного – 0,88.

Ключевые слова: жировые отложения, рыбный жир, обогащение, панцирьсодержащее сырье, товарный осетр, речные раки.

Введение

До недавнего времени гидробионты рассматривались как сырье в основном только для производства традиционных видов пищевой и кормовой продукции, но результаты многочисленных исследований их состава показали, что они, в зависимости от химического состава, являются источником разнообразных биологически активных веществ (БАВ) белковой, липидной и углеводной природы. Части тела многих из них могут служить сырьем для получения пищевых рыбных жиров, медицинских и ветеринарных препаратов. В настоящее время для производства рыбного жира используют обычно печень или мышечную ткань морских промысловых рыб, возможно также использование частей тела, для извлечения из них жира, пресноводных и сиговых рыб. Однако истощение рыбной сырьевой базы, современная экологическая ситуация морских и речных водоёмов создают актуальные предпосылки для использования в качестве жиросодержащего сырья частей тела объектов аквакультуры, выращиваемых рыбоводческими хозяйствами, в том числе в Астраханской области.

Цель исследований заключалась в изучении физико-химических показателей качества и биологической ценности рыбного жира, извлеченного из отложений на пищеварительных органах товарного осетра, выращенного в рыбоводческих хозяйствах Астраханской области.

Материалы и методы исследования

Объектами исследования были: жировые отложения на пищеварительных органах товарного осетра мороженого; рыбный жир, полученный из них; экстракт каротиноидов из панцирьсодержащего сырья речных раков.

Жировые отложения товарного осетра хранились при температуре не выше -18°C в течение 2 месяцев. Остальные объекты исследования продолжительному хранению (больше 2 месяцев) не подвергались.

Отбор проб отложений товарного осетра, их подготовку к анализам проводили по ГОСТ 31339-2006 «Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Отбор проб и подготовка их к анализам» [1].

Химические показатели объектов исследований: массовую долю воды, содержание азотистых, минеральных веществ, жира, кислотное, пероксидное и йодное число рыбного жира до и после обогащения каротиноидами, определяли по ГОСТ 7636-85 «Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа» [2].

Мороженые жировые отложения товарного осетра подвергали размораживанию воздушным способом, тщательной мойке и направляли на извлечение из них рыбного жира.

Нами был апробирован способ извлечения жира, условиями которого были нагрев при щадящем режиме. Способ заключался в измельчении жировых отложений перед нагревом полученной массы при температуре ниже 100 °С (не выше 80 °С), выдержке при достигнутой температуре и последующем центрифугировании для отделения жидкой и твердой фаз. Затем определяли качественные и микробиологические показатели извлеченного рыбного жира.

Далее методом трехкратной экстракции был получен спиртовой экстракт каротиноидов с концентрацией 8,1 мг/мл раствора, который был использован для обогащения рыбного жира, полученного из жировых отложений товарного осетра. Процесс обогащения рыбного жира каротиноидами осуществлялся следующим образом: спиртовой экстракт обезвоженного панцирь-содержащего сырья упаривался под вакуумом при температуре не выше 70 °С до получения водно-липидной вытяжки. Затем водно-липидная вытяжка смешивалась с гексаном в соотношении 10 : 1 и настаивалась в течение 30 минут. Липидная фракция, растворенная в гексане, отделялась на делительной воронке, из которой сливалась нижняя водная часть до границы раздела фаз. Затем липидная фракция упаривалась под вакуумом при температуре 60 °С до полного испарения гексана. Каротиноиды, оставшиеся в колбе, были растворены внесенным рыбным жиром. Концентрация каротиноидов в рыбном жире составила 20 мг/г. Затем определялись качественные показатели рыбного жира, обогащенного каротиноидами.

Коэффициент эффективности метаболизации (КЭМ) был рассчитан по формуле из [3]:

$$\text{КЭМ} = \frac{C_{20:5} + C_{22:6}}{C_{20:1} + C_{20:2} + C_{20:3} + C_{20:4}}$$

Результаты исследований и их обсуждение

Исследование *химического состава* показало, что отложения на пищеварительных органах товарного осетра содержат 20,2 % воды, 0,8 % белка и всего 0,07 % минеральных веществ. Следует отметить, что в жировых отложениях установлено значительное содержание жира – 78,9 %. Это позволяет классифицировать их как особо жирное сырьё и использовать для выделения жира в пищевых или ветеринарных целях – в зависимости от исходных качественных показателей.

Было установлено, что по основным *микробиологическим показателям* жировые отложения товарного осетра, как сырьё для извлечения жира, соответствовали требованиям СанПиН 2.3.2.1078-01 (табл. 1) [4].

Таблица 1

Микробиологические показатели жировых отложений на пищеварительных органах товарного осетра

Показатель	Допустимый уровень по СанПиН 2.3.2.1078-01	Фактическое значение опытного образца
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более*	5,0·10 ⁴	1,1 · 10 ³
БГКП, колиформы, в 0,01**	Не допускается	Не обнаружены
<i>S. aureus</i> , в 0,1	Не допускается	Не обнаружены
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы и <i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	Не допускается	Не обнаружены

* Количество мезофильно-аэробных и факультативно-анаэробных микроорганизмов.

** Бактерии группы кишечной палочки.

Жир, извлеченный вышеуказанным способом, характеризовался высокими качественными показателями (табл. 2).

Уровень кислотного числа жира был невысоким – 3,04 мгКОН/г, что свидетельствовало о низкой степени гидролитического изменения во время извлечения. Уровень йодного числа свидетельствовал о достаточно высокой ненасыщенности жира – 121,8 %. Следует отметить, что выход жира при его извлечении составил 95,9 % от количества, содержащегося в исходном сырьё, или 75,6 % его массы.

Таблица 2

**Качественные показатели полученного жира
(условия извлечения – нагрев, щадящий режим)**

Объект исследования	Показатель		
	Кислотное число, мг КОН/г	Пероксидное число, ммоль активного кислорода	Йодное число, %
Рыбный жир	3,04	0,97	121,8

Исследование микробиологических показателей полученного жира (табл. 3) показало, что извлеченный жир может использоваться в пищевых целях.

Таблица 3

Микробиологические показатели извлеченного жира

Показатель	Фактическое значение опытного образца
КМАФАнМ, КОЕ/г, не более	$2,2 \cdot 10^2$
БГКП, колиформы, в 0,01	Не обнаружены
<i>S. aureus</i> , в 0,1	Не обнаружены
Патогенные, в т. ч. сальмонеллы и <i>L. monocytogenes</i> , в 25 г	Не обнаружены

В настоящее время пищевые рыбные жиры рекомендуются для лечебных целей и применяются как биологически активная добавка к пище. Биологическая ценность рыбного пищевого жира повышается при его обогащении БАВ. При этом БАВ должны иметь липидную фракцию для достижения полного их растворения в обогащаемом жире. К таким БАВ относятся каротиноиды и хлорофилл, извлечённые из водных объектов (панцирь речных раков и водные растения (морские и пресноводные)).

Методом экстракции нами был получен спиртовой экстракт каротиноидов из высушенного панциря речных раков, который затем был использован для обогащения рыбного жира, извлеченного из внутренних отложений товарного осетра.

Качественные показатели жира, обогащенного каротиноидами, представлены в табл. 4.

Таблица 4

Качественные показатели жира, обогащенного каротиноидами

Объект исследования	Показатель		
	Кислотное число, мг КОН/г	Пероксидное число, ммоль активного кислорода	Йодное число, %
Рыбный жир, обогащенный каротиноидами	3,52	8,9	95,6

Жир, обогащенный каротиноидами, характеризовался повышенными значениями кислотного и пероксидного чисел, по сравнению с таковыми показателями жира до обогащения. Йодное число обогащенного жира, по сравнению с йодным числом исходного жира, значительно снижалось – до 95,6 %. Указанные изменения качественных показателей жира, обогащенного каротиноидами, связаны, по-видимому, с высокой ненасыщенностью каротиноидов (наличие достаточно большого количества двойных связей), что может вызвать некоторое повышение его кислотного числа, образование при этом пероксидов и снижение йодного числа.

Обогащение каротиноидами изменяло *органолептические показатели* качества жира: придавало извлеченному жиру легкий специфический запах панциря речных раков, приятный светло-оранжевый цвет (табл. 5).

Таблица 5

Изменения органолептических показателей качества жира

Показатель	Требования ГОСТ 8714-72 [5]	Опытный образец жира	
		без обогащения каротиноидами	обогащенный каротиноидами
Запах и вкус	Свойственный данному виду жира, без прогорклости и посторонних привкусов	Свойственный данному виду жира, с чуть уловимым привкусом и запахом речных раков	
Прозрачность	Прозрачный или слегка опалесцирующий над отстоем при температуре не выше 40 °С	Прозрачный, без осадка	
Цвет при визуальном определении при температуре 40 °С	От желтого до светло-коричневого	Светло-желтый	Светло-оранжевый

Характеристика жирнокислотного состава жира, выделенного из жировых отложений товарного осетра, обогащенного каротиноидами и без обогащения, приведена в табл. 6.

Таблица 6

**Характеристика жирнокислотного состава жира,
выделенного из жировых отложений товарного осетра**

Жирная кислота	Код жирных кислот	Жир, полученный из жировых отложений, %	
		без обогащения каротиноидами	обогащенный каротиноидами
Капроновая	C _{6:0}	0,00	0,00
Каприловая	C _{8:0}	0,00	0,00
Каприновая	C _{10:0}	0,00	0,00
Деценовая	C _{10:1}	0,00	0,00
Лауриновая	C _{12:0}	0,09	0,08
Тридекановая	C _{13:0}	0,03	0,02
Миристиновая	C _{14:0}	5,58	5,33
Пентадекановая	C _{15:0}	0,47	0,43
Пальмитиновая	C _{16:0}	25,65	23,46
Гептадекановая	C _{17:0}	0,40	0,45
Стеариновая	C _{18:0}	1,71	1,35
Нонадекановая	C _{19:0}	0,06	0,04
Арахидиновая	C _{20:0}	0,12	0,08
Генейкозапентаеновая	C _{21:0}	0,36	0,40
Докозановая	C _{22:0}	0,53	0,57
Миристоолеиновая	C _{14:1}	0,15	0,15
Пальмитоолеиновая	C _{16:1}	5,67	4,91
Олеиновая	C _{18:1}	35,35	36,57
Эйкозаеновая	C _{20:1}	4,92	5,97
Эруковая	C _{22:1}	1,34	1,38
Нервоновая	C _{24:1}	0,00	0,00
Гексадекадиеновая	C _{16:2}	0,78	0,66
Линолевая	C _{18:2}	8,18	9,03
Эйкозодиеновая	C _{20:2}	0,06	0,05
Докозодиеновая	C _{22:2}	0,05	0,05
Линоленовая	C _{18:3}	0,76	0,67
Эйкозатриеновая	C _{20:3}	0,18	0,16
Докозатриеновая	C _{22:3}	0,05	0,05
Октадекатетраеновая	C _{18:4}	0,40	0,36
Арахидононовая	C _{20:4}	0,29	0,32
Докозатетраеновая	C _{22:4}	0,18	0,17
Эйкозапентаеновая	C _{20:5}	2,16	1,95
Генейкозапентаеновая	C _{21:5}	0,20	0,32
Докозапентаеновая	C _{22:5}	1,03	1,20
Докозагексаеновая	C _{22:6}	3,28	3,80
Сумма ненасыщенных		34,97	32,22
Сумма мононенасыщенных		47,43	48,98
Сумма полиненасыщенных		17,59	18,80
Сумма эссенциальных		9,23	10,02
Сумма		100,00	100,00

Исследование жирнокислотного состава полученных жиров показало:

– жир, выделенный из жировых отложений товарного осетра, содержал насыщенных жирных кислот около 35 %, мононенасыщенных – 47,4 %; сумма полиненасыщенных жирных кислот составляла 17,59 %, в том числе эссенциальных – 9,23 %;

– жир, полученный из жировых отложений товарного осетра, обогащенный каротиноидами, содержал насыщенных жирных кислот около 32 %, мононенасыщенных – около 49 %; сумма полиненасыщенных жирных кислот составила 18,8 %, в том числе эссенциальных – 10,0 %.

Рассчитанный КЭМ составил для жира без обогащения каротиноидами 0,99, для обогащенного жира – 0,88.

Выводы

Таким образом, в ходе исследования было установлено следующее:

– жир товарного осетра (объекта аквакультуры) депонируется на внутренних органах, что позволяет заготавливать его в качестве вторичного сырья при переработке посредством разделывания;

– выход рыбного жира при извлечении составляет 95,9 % от количества, содержащегося в исходном сырье, или 75,6 % его массы;

– сбор и заготовка жировых отложений при разделывании товарного осетра позволяют извлекать из них пищевой рыбный жир и затем обогащать его биологически активными веществами липидной природы с содержанием полиненасыщенных жирных кислот в среднем 18,2 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *ГОСТ 31339-2006*. Рыба, нерыбные объекты и продукция из них. Отбор проб и подготовка их к анализам. Введ. 2006. М.: Изд-во стандартов. 16 с.
2. *ГОСТ 7636-85*. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. Введ. 1985. М.: Изд-во стандартов. 83 с.
3. *Мукатова М. Д.* Технология кормовой продукции и жиров из водного сырья: в 2 ч. Ч. 2 // Технология жиров / М. Д. Мукатова. Мурманск: Изд-во МГАРФ, 1993. 216 с.
4. *СанПин 2.3.2.1078-01*. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Минздрав России: ИнтерСЭН, 2002. 164 с.
5. *ГОСТ 8714-72*. Жир пищевой из рыбы и морских млекопитающих. Технические условия. Введ. 1972. М.: Стандартинформ. 4 с.

Статья поступила в редакцию 12.12.2015,
в окончательном варианте – 11.02.2016

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Мукатова Марфуга Дюсембаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; г-р техн. наук, профессор; профессор кафедры «Пищевая биотехнология и технология продуктов питания»; nilpt@mail.ru.

Романенкова Елена Николаевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; ведущий инженер инновационно-исследовательской лаборатории «Пищевая биотехнология и биологически активные вещества»; golikova_86@mail.ru.

Киричко Наталья Александровна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; канд. техн. наук, доцент; научный сотрудник инновационно-исследовательской лаборатории «Пищевая биотехнология и биологически активные вещества»; n_a_kirichko@mail.ru.

Зотова Наталья Юрьевна – Россия, 414056, Астрахань; Астраханский государственный технический университет; ведущий инженер лаборатории «Пищевая биотехнология и биологически активные вещества»; btba6sbh6ab@mail.ru.



*M. D. Mukatova, E. N. Romanenkova,
N. A. Kirichko, N. Yu. Zotova*

TO THE QUESTION OF BIOLOGICAL VALUE OF FISH OIL EXTRACTED FROM THE INTERNAL ORGANS OF COMMODITY STURGEON

Abstract. The study solved the problem of rational use of fat-containing wastes as secondary raw material, which prevents their disposal at low price for transmission to the forage production. The aim of the work was to study the physical and chemical indicators of quality and biological value of fish oils extracted from sediments on the digestive organs of commodity sturgeon grown in the fish farms of the Astrakhan region. The objects of the study were: the fat deposits on the digestive organs of frozen commodity sturgeon; fish oil derived from them; extract of carotenoids from crust-included raw materials of crayfish. Fat deposits of commodity sturgeon were kept at a tem-

perature not higher than -18°C for 2 months. Other objects of the research are not subjected to long-term storage (more than two months). Frozen fat deposits of commodity sturgeon were exposed to defrosting using air way, thorough cleaning and were sent to the extraction of fish oil. It was found that the fat of commodity sturgeon (aquaculture facility) is deposited on the internal organs, which allows to harvest it as secondary raw material in processing by butchering. It was determined that the yield of the extraction of fish oil is 95.9 % of the amount contained in the feedstock, or 75.6 % of its mass. It was revealed that the collection and storage of fat deposits when butchering commodity sturgeon allow to extract food fish oil and then enrich it with biologically active substances of lipid origin containing polyunsaturated fatty acids on average 18.2 %. The metabolization effectiveness ratio was calculated, it amounted 0.99 for carotenoids of raw fat and 0.88 for enriched fat.

Key words: fat deposits, fish oil, refining, crust-included raw materials, commodity sturgeon, crayfish.

REFERENCES

1. *GOST 31339-2006. Ryba, nerybnye ob'ekty i produktsiia iz nikh. Otkor prob i podgotovka ikh k analizam* [Fish, non-fish objects and their products. Sampling and their preparation to the analysis]. Moscow, Izdatel'stvo standartov. 16 p.
2. *GOST 7636-85. Ryba, morskije mlekopitaiushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza* [Fish, sea mammals, sea invertebrates and products of their processing. Methods of the analysis]. Moscow, Izdatel'stvo standartov. 83 p.
3. Mukatova M. D. *Tekhnologiia kormovoi produktsii i zhirov iz vodnogo syr'ia: v 2 ch. Part 2: Tekhnologiia zhirov* [Technology of food production and oils from water raw materials: in 2 parts. Part 2: Oil technology]. Murmansk, Izd-vo MGARF, 1993. 216 p.
4. *SanPin 2.3.2.1078-01. Gigienicheskie trebovaniia bezopasnosti i pishchevoi tsennosti pishchevykh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy* [Hygienic requirements of safety and food nutrition value of food products. Hygienic epidemiological rules and standards]. Moscow, Minzdrav Rossii: InterSEN, 2002. 164 p.
5. *GOST 8714-72. Zhir pishchevoi iz ryby i morskikh mlekopitaiushchikh. Tekhnicheskie usloviia* [Food fat from fish and sea mammals. Technical conditions]. Moscow, Standartinform. 4 p.

The article submitted to the editors 12.12.2015,
in the final version – 11.02.2016

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Mukatova Marfuga Dyusembaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Doctor of Technical Sciences, Professor; Professor of the Department "Food Biotechnology and Technology of Foodstuff"; nilpt@mail.ru.

Romanenkova Elena Nikolaevna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Leading Engineer of the Laboratory "Food Biotechnology and Biologically Active Substances"; golikova_86@mail.ru.

Kirichko Natalya Aleksandrovna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Scientific Researcher of the Innovation and Research Laboratory "Food Biotechnology and Biologically Active Substances"; n_a_kirichko@mail.ru.

Zotova Nataliya Yurievna – Russia, 414056, Astrakhan; Astrakhan State Technical University; Leading Engineer of the Laboratory "Food Biotechnology and Biologically Active Substances"; 6t6a6s6h6a6@mail.ru.

