

ПИЩЕВЫЕ СИСТЕМЫ

Научная статья

УДК 66.08:664.8.047

DOI: doi.org/10.48612/dalrybvtuz/2024-70-07

EDN: JTIFE

Исследование свойств и состава печени сома обыкновенного

Андрей Сергеевич Яснов¹, Сергей Алексеевич Бредихин²,
Альберт Хамед–Харисович Нугманов³, Игорь Юрьевич Алексанян⁴,
Павел Дмитриевич Осмоловский⁵

^{1,4} Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

^{2,3} Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

⁵ Липецкий НИИ рапса – филиал ФГБНУ ФНЦ «Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур имени В. С. Пустовойта», Липецк, Россия

¹ ysandrew@mail.ru, ORCID: 0009-0002-1728-0718

² sbredihin_kpia@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-6898-0389

³ nugmanov@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-4093-9982

⁴ 16081960igor@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5494-1226

⁵ pavel.osmolovsku@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1131-1552

Аннотация. Рыбные субпродукты являются важным источником ценных веществ с функциональными свойствами. Представлены результаты исследования свойств и состава печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 % (сырая) и 5 % (высушенная) соответственно, последняя получена при воздействии микроволнового излучения до достижения заданной в ней влажности частотой 2,45 ГГц и мощностью 180 В. Получены данные по содержанию микроэлементов и тяжелых металлов в сырой и высушенной печени сома. Показано, что количество тяжелых элементов в исследуемом сырье не превышает предельно допустимых концентраций. Определены микробиологические показатели для проб печени сома, выловленного в дельте реки Волга. Исследован жирнокислотный состав печени сома. Определено, что в печени сома обыкновенного преобладает сумма мононенасыщенных кислот, а насыщенные жирные кислоты по доле находятся на второй позиции. Отмечено, что соотношение классов жирных кислот липидов печени сома не отвечает идеальной липидной составляющей, однако липидный состав высушенной печени в сравнении с сырой является близким к идеальному. Сумма незаменимых аминокислот также близка к эталону. Антиокислительная активность сырой и высушенной печени сома обыкновенного в 5,2 и 3,7 раза соответственно выше активности карнозина.

Ключевые слова: печень сома, аминокислотный состав, химический состав, микробиологические показатели, жирные кислоты, витамины, антиоксидантная активность

Для цитирования: Яснов А. С., Бредихин С. А., Нугманов А. Х.-Х., Алексанян И. Ю., Осмоловский П. Д. Исследование свойств и состава печени сома обыкновенного // Научные труды Дальрыбвтуза. 2024. Т. 70, № 4. С. 68–82.

FOOD SYSTEMS

Original article

Technochemical parameters of native and dehydrated catfish liver**Andrey S. Yasnov¹, Sergey A. Bredikhin², Albert H.-H. Nugmanov³,
Igor Yu. Aleksanyan⁴, Pavel D. Osmolovskiy⁵**^{1, 4} Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia^{2, 3} Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (RSAU – MTAA), Moscow, Russia⁵ Lipetsk Rapeseed Research Institute – the Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Center, V.S. Pustovoit All-Russian Research Institute of oil crops, Lipetsk, Russia¹ ysandrew@mail.ru, ORCID: 0009-0002-1728-0718² sbredihin_kpia@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-6898-0389³ nugmanov@rgau-msha.ru, ORCID: 0000-0002-4093-9982⁴ 16081960igor@gmail.com, ORCID: 0000-0001-5494-1226⁵ pavel.osmolovsku@mail.ru, ORCID: 0000-0003-1131-1552

Abstract. Fish offal is an important source of valuable substances with functional properties. This article presents the results of a study of the properties and composition of the liver of common catfish, with a mass fraction of 68% (raw) and 5% (dried) moisture, respectively, the latter was obtained by exposure to microwave radiation until the specified humidity in it was reached with a frequency of 2.45 GHz and a power of 180 W. Data on the content of trace elements and heavy metals in raw and dried catfish liver were obtained. It is shown that the amount of heavy elements in the studied raw materials does not exceed the maximum permissible concentrations. Microbiological parameters for liver samples of catfish caught in the Volga River delta have been determined. The fatty acid composition of the catfish liver has been studied. It was determined that the sum of monounsaturated acids prevails in the liver of the common catfish, and saturated fatty acids are in the second position by proportion. It was noted that the ratio of fatty acid classes of catfish liver lipids does not correspond to the ideal lipid component, however, the lipid composition of dried liver in comparison with raw liver is close to ideal. The amount of essential amino acids is also close to the standard. The antioxidant activity of raw and dried liver of common catfish is 5.2 and 3.7 times higher, respectively, than the activity of carnosine.

Keywords: catfish liver, amino acid composition, chemical composition, microbiological parameters, fatty acids, vitamins, antioxidant activity

For citation: Yasnov A. S., Bredikhin S. A., Nugmanov A. H.-H., Aleksanyan I. Yu., Osmolovskiy P. D. Technochemical parameters of native and dehydrated catfish liver. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2024; 70(4): 68–82. (In Russ.).

Введение

Рыбные субпродукты являются потенциальным источником ценных веществ с важными функциональными свойствами. Повышение ценности рыбных субпродуктов является обяза-

тельным условием получения чистых и безотходных продуктов рыбоперерабатывающей промышленности, например, печень рыб содержит комплекс низкомолекулярных соединений, ферментов, которые являются основой для получения биологических активных добавок и субстанций высокой очистки.

Важным показателем экологической безопасности служит наличие в сырье токсичных микроэлементов и тяжелых металлов, что в особенности относится к печени, где они скапливаются, проникая в нее с пищевыми продуктами [1]. Рыбы могут легко их накапливать в своем организме из любых донных отложений, воды или пищи в силу своего положения в водной пищевой цепи. Некоторые из тяжелых металлов полезны для рыб, однако их токсичность может перевешивать эти преимущества для здоровья, и, как следствие, человек также может подвергаться дальнейшему воздействию в пищевой цепи. Известно о неблагоприятном воздействии микроэлементов и тяжелых металлов на человека, начиная от легкого вреда его здоровью и заканчивая, в крайних случаях, летально [2, 3, 4, 5].

Биологическая ценность протеинов обусловлена аминокислотным составом, в частности, по отношению доли незаменимых аминокислот к идеальной белковой составляющей [6]. Аминокислоты играют важную роль для организма человека, так как участвуют в синтезе белков, росте, восстановлении клеток, поддержании иммунитета, передачи нервных импульсов. Для человека необходимы 8 незаменимых аминокислот: валин, изолейцин, лейцин, метионин, треонин, триптофан, фенилаланин, лизин.

Биологическая ценность жиров определяется наличием в их составе полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), которые также известны как витамин F. ПНЖК являются незаменимыми компонентами питания, поскольку не синтезируются в организме и должны поступать с пищей. Помимо своей энергетической функции, ПНЖК способствуют ускорению обмена холестерина, снижению образования липопротеидов низкой плотности, которые связаны с развитием атеросклероза, а также уменьшению синтеза триглицеридов.

В рыбных субпродуктах, в частности в печени, может присутствовать и некоторая доля витаминов А и Е вследствие того, что она является объектом витаминного метаболизма в рыбе, что определяет актуальность их определения как жирорастворимых антиоксидантов.

Объект и методы исследования

Объектом исследования являлась печень сома обыкновенного (*Silurus glanis*), выловленного в дельте реки Волга. Исследовали печень с массовой долей влаги 68 % (сырая) и печень с массовой долей влаги 5 % высушенной при воздействии микроволнового излучения с частотой 2,45 ГГц и мощностью 180 В. Хранение сырой печени сома обыкновенного осуществляли в охлажденном состоянии при температуре 5 ± 1 °С не более 3 сут, а сухой печени – при температуре 20 ± 3 °С не более одного месяца.

Наличие тяжелых металлов и микроэлементов в печени сома обыкновенного определяли на спектрофотометре Hitachi (Япония) и пламенном спектрографе Nippon Larrel Asp. В качестве образцов использовалась сырая печень с массовой долей влаги 68 % и сухая печень с массовой долей влаги 5 %.

Жирно-кислотный состав определяли на газовом хроматографе Nexis GC-2030AF (Япония).

Биологическую эффективность липидов печени сома обыкновенного определяли качественным и количественным содержанием в ней жирных кислот. Общее количество липидов

в печени сома определяли методом настаивания с растворителем, которое проводили по методике [7, 8] следующим образом. К 2 г печени сома, помещенным в резервуар объемом 50...100 мл, добавляли 10 мл бензиновой или дихлорэтановой фракции, закупоривали и взвешивали. Липидную фракцию экстрагировали 1 ч, периодически встряхивая суспензию, которую впоследствии фильтровали, взвесив полученный фильтрат. Экстрагент отгоняли на бане песочного типа, а емкость с остатком сушили при температуре 100...105 °С. Далее резервуар с липидной фракцией охлаждали в эксикаторной емкости и взвешивали.

Долю липидной фракции x (%) находили следующим образом:

$$x = \frac{GG_1}{(G_2 - G_1)g} \cdot 100,$$

где G – масса экстрагента; G_1 – масса липидной фракции; G_2 – масса фильтрата; g – навеска печени сома, г.

Протеин из обезжиренных навесок печени сома обыкновенного подвергали гидролизу 6 М раствором соляной кислоты 24 ч при 110 °С в сушильном шкафу BINDER RE 53 (BINDER GmbH, Германия). Полученные гидролизаты изучали методом ионообменной хроматографии с применением постколоночной дериватизации на аминокислотном анализаторе Sykam S433 (Sykam GmbH, Германия) в ступенчатом режиме двух Na-цитратных буферов в соответствии с инструкцией производителя. В процессе хроматографического анализа расход элюента составил 0,45 мл/мин, нингидрина – 0,25 мл/мин, температура колонки – 60 °С. Использовали колонку для ионообменной хроматографии (модель ТВЕС.414538.005-01) 4,6 x 150 мм, заполненную катионообменной смолой с размером частиц 7 мкм.

Долю витаминов А и Е в печени сома обыкновенного определяли жидкостной обращенно-фазной хроматографией по ГОСТ 32043 – 2012 «Методы определения витаминов А, Д, Е» [9] путем экстрагирования витаминных комплексов из нее изопропиловым спиртом и выявления в ней указанным в ГОСТе способом доли обозначенных витаминов. Антиоксидантную активность оценивали способом Глевинда с применением субстрата в виде устойчивого свободного радикала α -дифенил- α -пикрилгидразина. Эталонным антиоксидантом являлся дипептид карнозин (антиоксидант средней силы) [10].

Результаты и их обсуждение

В табл. 1 показаны результаты по доле ряда тяжелых металлов как в сырой, так и высушенной печени сома обыкновенного.

Таблица 1

Доли тяжелых металлов в печени сома обыкновенного

Table 1

The proportion of heavy metals in the liver of common catfish

Объект исследования	As	Pb	Ni	Cd	Cu	Zn	Fe	Co
		мкг/кг			мг/кг			
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %	н/о	н/о	1,4	1,8	1,41	13,08	54,82	0,068
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 5 %	н/о	<5,1	1,7	2,5	8,93	62,29	245,30	0,42

н/о – не обнаружено.

Негативное воздействие от присутствия излишка или дефицита в организме поступающих с пищей мышьяка, свинца, никеля, кадмия, меди, цинка, железа, кобальта описано в работах [11, 12, 13, 14, 15, 16]. Содержание наиболее опасных предельно допустимых концентраций (ПДК) находится на следующем уровне, мг/кг: свинец – 1,0; кадмий – 0,2; мышьяк – 1,0; медь – 10; цинк – 200. Сопоставляя полученные данные (табл. 1), необходимо отметить, что их содержание в исследуемом сырье не превышает ПДК [17].

В табл. 2 приведены результаты микробиологических показателей печени сома обыкновенного.

Таблица 2

Микробиологические показатели проб печени сома обыкновенного

Table 2

Microbiological parameters of liver samples of common catfish

Объект исследования	МА-ФАНМ, КОЕ/г	E. coli, кл. в 1 г	БГКП, кл. в 0,1 г	Стафилококк, кл. в 1 г	Сальмонелл., кл. в 25 г	Плесень и дрожжи, кл. в 1 г
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %	$5,0 \cdot 10^3$	н/о	н/о	н/о	н/о	н/о
Нормируемые показатели [17]	$1,0 \cdot 10^4$	н/д	н/д	н/д	н/д	200 кл.

Примечание. н/о – не обнаружено; н/д – не допускается.

Анализ данных (табл. 2) указывает, что микробиологические показатели исследуемой печени сома обыкновенного не превышают нормируемых.

Результаты экспериментального исследования массовой доли жира как в сырой, так и высушенной печени сома обыкновенного приведены в табл. 3.

Таблица 3

Данные по содержанию массовой доли жира в печени сома обыкновенного

Table 3

Data on the fat content in the liver of common catfish

Объект исследования	Массовая доля жира, %					Среднее значение
	Номер опыта					
	1	2	3	4	5	
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %	21,34	20,59	23,11	22,42	23,29	22,15
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 5 %	7,53	7,44	7,21	7,62	7,35	7,43

Полученные данные (табл. 3) свидетельствуют о высокой липидной ценности печени сома обыкновенного, обитающего в волжской дельте. Липидная ценность печени сома обыкновенного обусловлена его жирно-кислотным составом. Типичные хроматограммы жирно-кислотного состава печени сома обыкновенного представлены на рис. 1 и 2. Они построены при помощи программного обеспечения используемого хроматографа Nexis GC-2030AF (Япония).

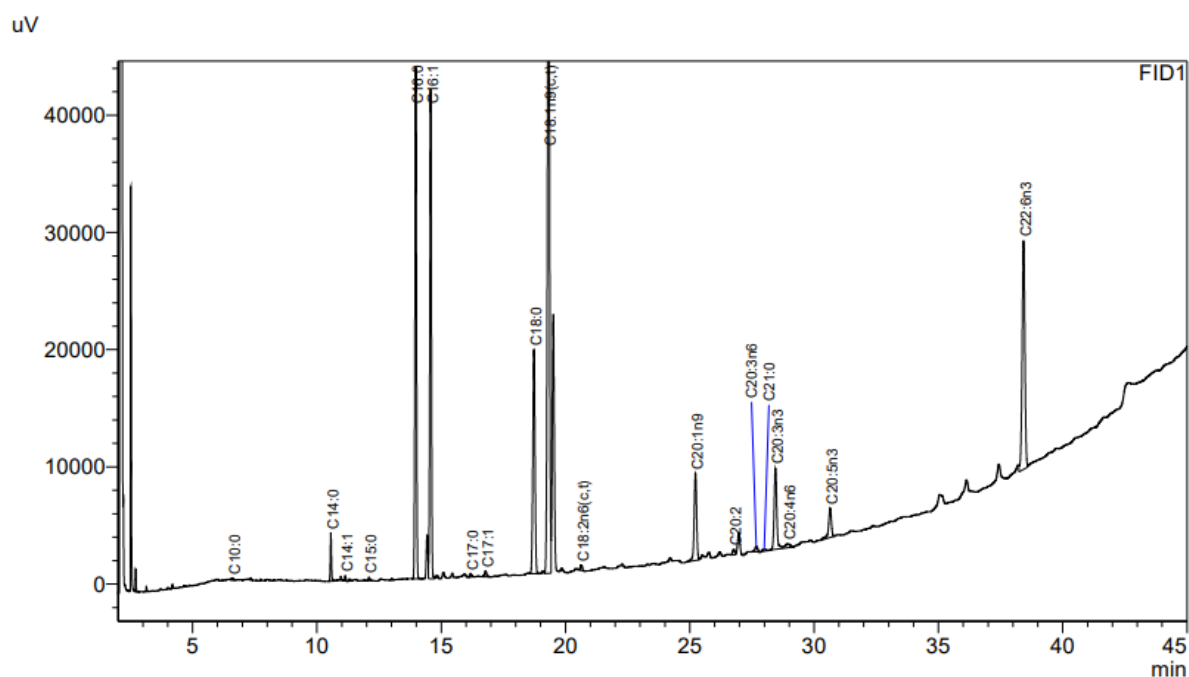


Рис. 1. Хроматограмма жирно-кислотного состава печени сома с массовой долей влаги 68 %. Составлено авторами
 Fig. 1. Chromatogram of fatty acid composition of raw catfish liver with a mass fraction of moisture 68 %. Compiled by the authors

Анализ полученных хроматограмм позволил определить жирно-кислотный состав печени сома обыкновенного. Результаты приведены в табл. 4 и 5.

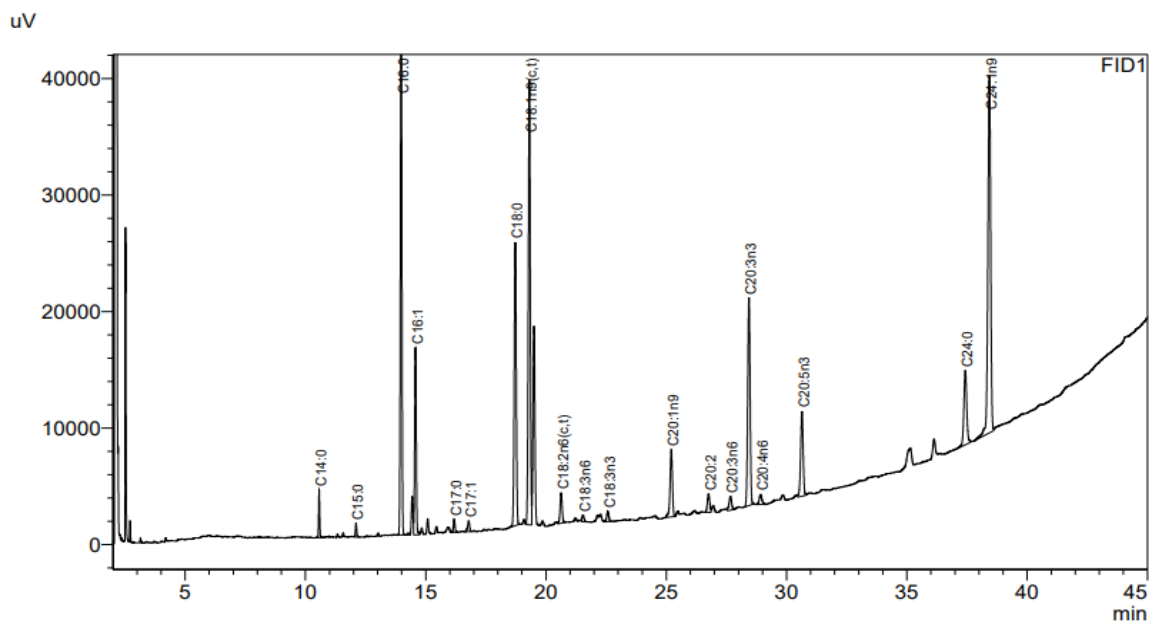


Рис. 2. Хроматограмма жирно-кислотного состава печени сома с массовой долей влаги 5 %. Составлено авторами
 Fig. 2. Chromatogram of fatty acid composition of dry catfish liver with a mass fraction of moisture 5 %. Compiled by the authors

Таблица 4

**Жирно-кислотный состав печени сома обыкновенного
с массовой долей влаги 68 %**

Table 4

Fatty acid composition of raw liver of common catfish with a mass fraction of moisture 68 %

Порядковый номер	Время удерживания	Название жирных кислот	Площадь пика [¶]	Содержание, % [¶]
Насыщенные (НЖК), в том числе				27,31
1	6,612	Каприновая	1099	0,094
2	10,562	Миристиновая	12506	1,075
3	12,096	Пентадекановая	1209	0,104
4	13,976	Пальмитиновая	184507	15,860
5	16,182	Маргариновая	1485	0,128
6	18,730	Стеариновая	115087	9,893
7	27,995	Генэйкозановая	1814	0,156
Мононенасыщенные (МНЖК), в том числе				52,88
8	11,145	Миристолеиновая	1271	0,109
9	14,575	Пальмитолеиновая	179384	15,420
10	16,787	Гептадеценивая	2927	0,252
11	19,320	Олеиновая ω9	380923	32,743
12	25,227	Гадолеиновая ω9	50635	4,353
Полиненасыщенные (ПНЖК), в том числе				19,81
13	20,634	Линолевая ω6	2516	0,216
14	26,769	Эйкозодиеновая	3150	0,271
15	27,674	Эйкозатриеновая ω6	3121	0,268
16	28,444	Эйкозатриеновая ω3	49914	4,291
17	28,937	Арахидоновая ω6	4740	0,407
18	30,644	Эйкозапентаеновая ω3	19543	1,680
19	38,424	Эйкозапентаеновая ω3	147529	12,681

Таблица 5

**Жирно-кислотный состав печени сома обыкновенного
с массовой долей влаги 5 %**

Table 5

Fatty acid composition of dry liver of common catfish with a mass fraction of moisture 5 %

Порядковый номер	Время удерживания	Название жирных кислот	Площадь пика [¶]	Содержание, % [¶]
Насыщенные (НЖК), в том числе				34,61
1	10,570	Миристиновая	12158	1,001
2	12,103	Пентадекановая	4186	0,345
3	13,979	Пальмитиновая	205390	16,912
4	16,182	Маргариновая	5113	0,421
5	18,724	Стеариновая	140434	11,564
6	37,428	Лигноцериновая	53049	4,368
Мононенасыщенные (МНЖК), в том числе				47,02
7	14,574	Пальмитолеиновая	71175	5,861

8	16,786	Гептадеценовая	5231	0,431
9	19,308	Олеиновая ω9	211887	17,447
10	25,207	Гадолеиновая ω9	39487	3,251
11	38,433	Нервоновая ω9	243285	20,033
Полиненасыщенные (ПНЖК), в том числе				18,37
12	20,630	Линолевая ω6	15729	1,295
13	21,535	γ-линолевая ω6	3401	0,280
14	22,569	α-линолевая ω3	5278	0,435
15	26,757	Эйкозодиеновая	10651	0,877
16	27,663	Эйкозатриеновая ω6	8735	0,719
17	28,438	Эйкозатриеновая ω3	120756	9,943
18	28,916	Арахидоновая ω6	6599	0,543
19	30,639	Эйкозопентаеновая ω3	51901	4,274

Изучение жирно-кислотного состава приводит к выводу о том, что (табл. 4 и 5) в печени превалирует сумма мононенасыщенных (52,88 % – в сырой печени сома, 47,02 % – в высушенной печени сома), насыщенные жирные кислоты по доле находятся на второй позиции (27,31 % – в сырой печени сома, 34,61 % – в высушенной печени сома), а полиненасыщенные – на третьей (19,81 % – в сырой печени сома, 18,37 % – в высушенной печени сома). Согласно информации [18, 19] рекомендуемые количества классов жирных кислот для взрослого человека составляют: для НЖК – 25 г/сут; МНЖК – 30 г/сут и ПНЖК – 11 г/сут. Данную суточную потребность может покрыть липидная фракция, полученная прямым отжимом из высушенной печени сома в количестве 65 г, состав которой в соответствии с данными табл. 5 следующий: НЖК – 22,49 г; МНЖК – 30,56 г и ПНЖК – 11,95 г. Недостаток НЖК в рыбном жире вполне компенсируется дневным рационом питания.

Среди насыщенных жирных кислот в составе липидной фракции сухой ПС (табл. 5) доминирует пальмитиновая (16,91 %) и стеариновая (11,56 %) кислоты. Основными мононенасыщенными жирными кислотами служат олеиновая (17,45 %) и нервоновая (20,03 %) [20]. Полиненасыщенными жирными кислотами в печени сома служат эйкозатриеновая (9,94 %) и эйкозопентаеновая (4,27 %) кислоты [21].

Биологическая эффективность липидной составляющей обусловлена соотношением отдельных классов кислот (табл. 6), которое представляется как:

- НЖК/МНЖК/ПНЖК – 1 : 1 : 1; - ПНЖК/НЖК – 0,2...0,4 [18, 19].

Таблица 6

Биологическая эффективность липидного состава печени сома обыкновенного через соотношение отдельных групп кислот

Table 6

The biological effectiveness of the lipid composition of the studied catfish liver through the ratio of individual acid groups

Липиды печени	Соотношение	
	НЖК/МНЖК/ПНЖК	ПНЖК/НЖК
Идеальный липид	1,00 : 1,00 : 1,00	0,2...0,4
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %	0,51 : 1,00 : 0,37	0,72
Печень сома обыкновенного с массовой долей влаги 5 %	0,73 : 1,00 : 0,39	0,53

Из табл. 6 следует, что данное соотношение у печени сома обыкновенного не соответствует идеальной липидной фракции, однако липидный состав высушенной печени в сравнении с сырой, особенно по второму параметру, является близким к идеальному. Таким образом, подтверждается, что применяемый подход к консервации печени сома методом микроволновой сушки при заданных условиях его проведения является для практического использования вполне целесообразным.

Результаты исследования аминокислотного состава как сырой, так и высушенной печени сома обыкновенного приведены в табл. 7 и 8.

Таблица 7

Аминокислотный состав печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %

Table 7

Amino acid composition of raw liver of catfish raw liver of common catfish with a mass fraction of moisture 68 %

Название аминокислоты	Содержание аминокислот, г/кг	Погрешность (неопределенность), г/кг	Содержание аминокислот, %	Погрешность %	Нормативный документ на метод испытания
Аспарагиновая кислота	21,65	1,79	9,58	0,18	ГОСТ 34132-2017
Треонин	10,33	0,86	4,57	0,09	
Серин	11,35	0,94	5,02	0,09	
Глутаминовая кислота	29,28	2,43	12,95	0,24	
Пролин	15,22	1,26	6,73	0,13	
Глицин	22,23	1,84	9,83	0,18	
Аланин	14,85	1,23	6,57	0,12	
Валин	11,99	0,99	5,30	0,10	
Изолейцин	9,75	0,81	4,31	0,08	
Лейцин	17,27	1,43	7,64	0,14	
Тирозин	8,42	0,70	3,72	0,07	
Фенилаланин	10,91	0,90	4,82	0,09	
Гистидин	5,77	0,48	2,55	0,05	
Лизин	15,74	1,30	6,96	0,13	
Аргинин	16,76	1,39	7,42	0,14	
Метионин	4,38	0,36	1,94	0,04	
Итого:	226 г/кг, или 22,60 %	–	100 %	–	

Таблица 8

**Аминокислотный состав печени сома обыкновенного
с массовой долей влаги 5 %**

Table 8

**Amino acid composition of dry liver of common catfish with a mass fraction
of moisture 5 %**

Название аминокислоты	Содержание аминокислот, г/кг	Погрешность (неопределенность), г/кг	Содержание аминокислот, %	Погрешность %	Нормативный документ на метод испытания
Аспарагиновая кислота	65,99	7,05	9,79	0,71	ГОСТ 34132-2017
Треонин	33,47	3,58	4,96	0,36	
Серин	35,52	3,80	5,27	0,38	
Глутаминовая кислота	95,26	10,18	14,13	1,02	
Пролин	40,15	4,29	5,95	0,43	
Глицин	60,43	6,46	8,96	0,65	
Аланин	45,55	4,87	6,76	0,49	
Валин	37,56	4,01	5,57	0,40	
Изолейцин	31,06	3,32	4,61	0,33	
Лейцин	58,17	6,22	8,63	0,62	
Тирозин	20,54	2,19	3,04	0,22	
Фенилаланин	30,67	3,28	4,55	0,33	
Гистидин	19,55	2,09	2,90	0,21	
Лизин	41,12	4,40	6,10	0,44	
Аргинин	46,05	4,92	6,83	0,49	
Метионин	12,63	1,35	1,87	0,14	
Итого:	673,8 г/кг, или 67,38 %	-	100 %	-	

Анализ данных (табл. 7 и 8) показал:

- в сырой печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 % общее количество белков составляет 22,60 %;

- в высушенной печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 5 % общее количество белков составляет 67,38 %;

- в печени сома обыкновенного присутствуют семь незаменимых аминокислот, выделенных в табл. 7 и 8, из восьми необходимых для человека, кроме триптофана.

При исследовании белковой составляющей пищевого сырья встречается такое понятие, как «идеальный» белок. Отметим, что это условное понятие, обозначающее белок, по сбалан-

сированности аминокислотного состава наиболее полно отвечающее потребностям человеческого организма. Аминокислотный состав идеальной белковой составляющей, рекомендованной Комитетом ФАО/ВОЗ, определяет доли незаменимых аминокислот в 100 г белкового комплекса. С целью выявления аминокислотного сора надо определить долю какой-либо незаменимой аминокислоты в образце и сравнить ее с эталонной. Такими незаменимыми аминокислотами являются в основном триптофан, треонин, лизин, а также серосодержащие незаменимые аминокислоты, такие как цистеин и метионин [22]. Данные по биологической белковой ценности приведены в табл. 9 и 10.

Таблица 9

Данные по аминокислотному составу печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %

Table 9

Data on the amino acid composition of the raw liver of common catfish with a mass fraction of moisture 68 %

Тип незаменимой аминокислоты	Идеальная белковая фракция	Содержание аминокислоты г/100г белка	Аминокислотный скор, %
Валин	5,0	5,30	106
Изолейцин	4,0	4,31	108
Лейцин	7,0	7,64	109
Лизин	5,5	6,10	111
Метионин	3,5	1,94	55
Треонин	4,0	4,57	114
Фенилаланин	6,0	4,82	80
Общее количество	35,0	34,68	99

Таблица 10

Данные по аминокислотному составу в печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 5 %

Table 10

Data on the amino acid composition of the dry liver of common catfish with a mass fraction of moisture 5 %

Тип незаменимой аминокислоты	Идеальная белковая фракция	Содержание аминокислоты г/100г белка	Аминокислотный скор, %
Валин	5,0	5,57	111
Изолейцин	4,0	4,61	115
Лейцин	7,0	8,63	123
Лизин	5,5	6,10	111
Метионин	3,5	1,87	53
Треонин	4,0	4,96	124
Фенилаланин	6,0	4,55	76
Общее количество	35,0	36,29	104

Анализ данных, представленных в табл. 9 и 10, показал, что сумма незаменимых аминокислот печени сома обыкновенного близка к эталону. При этом в числе незаменимых аминокислот преобладают валин, лейцин и лизин. Позитивные свойства незаменимых аминокислот

описаны в работах [23, 24]. Ограничивающими незаменимыми аминокислотами служат фенилаланин и метионин. В числе заменимых аминокислот превалирует глутаминовая и аспарагиновая кислоты.

Таким образом, и исследование аминокислотного состава печени сома обыкновенного подтверждает, что применяемый подход к консервации исследуемого субпродукта методом микроволновой сушки при разработанных условиях его проведения является для практического использования вполне целесообразным.

В табл. 11 представлены результаты определения витаминов А и Е как сырой, так и высушенной печени сома обыкновенного.

Таблица 11

Содержание витаминов А и Е в сырой печени сома обыкновенного с массовой долей влаги 68 %, мг/г сухой ткани

Table 11

The content of vitamins A and E in the raw liver of common catfish with a mass fraction of 68% moisture, mg/g of dry tissue

Номер опыта	Витамин А	Витамин Е
1	0,0086	0,0054
2	0,0112	0,0062
3	0,0094	0,0013
4	0,0105	0,0029
5	0,0063	0,0012
Среднее значение	0,0092	0,0034

Анализ результатов (табл. 11) показывает, что 100 г высушенной печени сома обыкновенного полностью компенсируют суточную дозу витамина А для человека, которая составляет 900 мкг рет. экв., а витамина Е в составе 100 г печени будет явно недостаточным (менее 2,5 %), так как его суточная доза составляет 15 мг токоферол эквивалента [25]. Свойства витаминов и их значимость описаны в работах [26, 27, 28, 29].

Обнаружено, что антиоксидантная активность сырой и сухой печени сома обыкновенного в 5,2 и 3,7 раза больше, чем у карнозина, что обусловлено большой долей пептидов с молекулярной массой 2,5...5,0 кДа [30]. Полученные результаты не входят в конфликт с известными данными по антиоксидантной активности печени горбуши [1].

Экспериментальное определение витаминов А и Е и оценка антиоксидантной активности в печени сома обыкновенного показало перспективность использования высушенной печени сома для получения комплекса биологически активных соединений и подтвердили рациональные условия его получения воздействием микроволнового излучения до достижения заданной в ней влажности 5 % с частотой 2,45 ГГц и мощностью 180 В.

Заключение

Представленные результаты исследования свойств и состава печени сома обыкновенного, выловленного в дельте реки Волга, с массовой долей влаги 68 % (сырая) и 5 % (высушенная) соответственно показывают:

- содержание некоторых микроэлементов, а также тяжелых металлов как в сырой и высушенной печени сома обыкновенного не превышает предельно допустимых концентраций;
- микробиологические показатели печени сома обыкновенного не превышают нормируемых;
- в жирно-кислотном составе печени сома обыкновенного преобладает сумма мононенасыщенных кислот, а насыщенные жирные кислоты по доле находятся на второй позиции;

- соотношение классов жирных кислот липидов печени сома обыкновенного не отвечает идеальной липидной составляющей, однако липидный состав высушенной печени в сравнении с сырой является близким к идеальному;

- сумма незаменимых аминокислот печени сома обыкновенного близка к эталону;

- антиокислительная активность сырой и высушенной печени сома обыкновенного в 5,2 и 3,7 раза выше активности карнозина.

Таким образом, подтверждается перспективность использования высушенной печени сома обыкновенного для выработки из нее востребованных на рынке комплекса биологически активных соединений, а также применения микроволновой сушки (частота излучения 2,45 ГГц, мощность излучения 180 В) для получения сухого печеночного полуфабриката с массовой долей влаги 5 %.

Список источников

1. Бредихин С. А., Бредихина О. В., Новикова М. В. Научные основы производства рыбопродуктов. 3-е изд., стер. СПб. : Издательство «Лань», 2022. 232 с.

2. Castro-González M. I., Méndez-Armenta M. Heavy metals: Implications associated to fish consumption // *Environmental toxicology and pharmacology*. 2008. Is. 26. Vol. 3. P. 263–271. DOI:10.1016/j.etap.2008.06.001.

3. Al-Busaidi M., Yesudhasan P., Al-Mughairi S. et al. Toxic metals in commercial marine fish in Oman with reference to national and international standards // *Chemosphere*. 2011. Is. 85. Vol. 1. P. 67–73. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2011.05.057.

4. Rahman M. S., Mola A. H., Saha N. et al. Study on heavy metals levels and its risk assessment in some edible fishes from Bangshi River, Savar, Dhaka, Bangladesh // *Food chemistry*. 2012. Is. 134. Vol. 4. P. 1847–1854. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.03.099.

5. Ayanda I. O., Ekhaton U. I., Bello O. A. Determination of selected heavy metal and analysis of proximate composition in some fish species from Ogun River, Southwestern Nigeria // *Heliyon*. 2019. Is. 5. Vol. 10. e02512. DOI: 10.1016/j.heliyon.2019. e02512.

6. Менчинская А. А., Лебская Т. К. Пищевая и биологическая ценность икры толстолобика // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2015. Т. 1, № 1. С. 136–142.

7. Сергеева А. С. Актуальные вопросы определения содержания жира в пищевых продуктах и продовольственном сырье (обзор) // *Эталоны. Стандартные образцы*. 2024. Т. 20, № 1. С. 59–84. DOI 10.20915/2077-1177-2024-20-1-59-84.

8. Перкель Р. Л., Попов В. С. Определение содержания жиров методом ТФЭ // *Аллея науки*. 2018. Т. 4, № 11. С. 232–236.

9. ГОСТ 32043- 2012. Методы определения витаминов А, D, Е [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293775/4293775095.pdf?ysclid=m00if5mlls727401968> (дата обращения: 17.06.2024).

10. Чепкасова А. И., Аюшин Н. Б., Юрьева М. И. и др. О комплексной переработке печени дальневосточных лососей // *Изв. ТИПРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра)*. 2011. Т. 167. С. 240–251.

11. Сульдина Т. И. Содержание тяжелых металлов в продуктах питания и их влияние на организм // *Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы*. 2016. № 1. С. 136–140.

12. Жидкин В. И., Семушев А. М. Загрязнение пищевых продуктов нитратами, пестицидами и тяжелыми металлами // *Предпринимательство*. 2014. № 5. С. 190–198.

13. Жидкин В. И., Семушев А. М. Пути загрязнения продовольствия // Третьи чтения памяти профессора О. А. Зауралова : материалы Междунар. науч.-практ. конф. Саранск, 2011. С. 20–23.

14. Физиологическое влияние никеля на организм человека, польза и вред [Электронный ресурс]. URL: <https://zctc.ru/sections/econick1?ysclid=lzxr47p8ts361523345> (дата обращения : 17.06.2024).

15. Железо в организме человека [Электронный ресурс]. URL: <https://el-klinika.ru/zhelezo-v-organizme-cheloveka-deficzit-izbytok-v-kakih-produktah-soderzhitsya/?ysclid=lzxr4ijvdm564143999> (дата обращения : 17.06.2024).

16. Шелестун А., Елисеева Т. Кобальт (Co) – значение для организма и здоровья, где содержится // Журнал здорового питания и диетологии. 2022. Т. 2, №. 20. С. 83–90. DOI 10.59316/vi20.183.

17. Сборник важнейших официальных материалов по санитарным и противоэпидемическим вопросам. Т. V. Санитарные правила и нормы (СанПиН), гигиенические нормативы и перечень методических указаний и рекомендаций по гигиене питания [Электронный ресурс]. URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293731/4293731790.pdf?ysclid=lzxmebnue1128538399> (дата обращения : 17.06.2024).

18. Лебская Т. К., Менчинская А. А. Сравнительная характеристика пищевой ценности икры некоторых рыб // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1, № 2. С. 91–97.

19. Онищенко Г. Г. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ [Электронный ресурс]. URL: http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_97295.html (дата обращения : 17.06.2024).

20. Нервоновая кислота [Электронный ресурс]. URL: https://atamanchemicals.com/nervonic-acid_u26401/?lang=RU (дата обращения : 17.06.2024).

21. Омега-3: особенности и польза [Электронный ресурс]. URL: https://shop.evalar.ru/health/item/chto-takoe-omega-3/?ysclid=lzxbpni2r362_5776818 (дата обращения : 17.06.2024).

22. Величко Н. А., Шанина Е. В. Пищевая химия: методические указания к практическим занятиям. Красноярск, 2011. 36 с.

23. Скурихин И. М., Волгарев М. Н. Химический состав пищевых продуктов. Москва : Агропромиздат, 1987. 224 с.

24. Валин, общая характеристика [Электронный ресурс]. URL: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/valin/> (дата обращения : 17.06.2024).

25. Нормы потребления витаминов [Электронный ресурс]. URL: <https://komplivit.ru/articles/vse-o-vitaminakh/normy-potrebleniya-vitaminov/?ysclid=m00j55ffnq89392190> (дата обращения : 17.06.2024).

26. Drummond J. C., Zilva S. S. The origin of the vitamin A in fish oils and fish liver oils // Biochemical Journal. 1922. Is. 16. Vol. 4. P. 518–522. DOI: 10.1042/bj0160518.

27. Cho S. H., Choi Y. Lipid peroxidation and antioxidant status is affected by different vitamin E levels when feeding fish oil // Lipids. 1994. Is. 29. Vol. 1. P. 47–52. DOI:10.1007/BF02537090.

28. O'keefe S. F., Ackman R. G. Vitamins A, D3 and E in Nova Scotian cod liver oils. 1987. Vol. 37.

29. Елисеева Т., Мироненко А. Витамин Е: описание, польза, влияние на организм и лучшие источники // Журнал здорового питания и диетологии. 2018. Т. 4, № 6. С. 66–78.

30. Аюшин Н. Б., Караулова Е. П., Карлина А. Е. и др. Отходы переработки дальневосточных голотурий как сырье для получения биологически активных добавок к пище // Изв. ТИНРО (Тихоокеанского научно-исследовательского рыбохозяйственного центра). 2016. Т. 186. С. 238–246.

Информация об авторах

А. С. Яснoв – аспирант 2-го года обучения кафедры «Технологические машины и оборудование», SPIN-код: 6237-8766, AuthorID: 1204341.

С. А. Бредихин – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Процессы и аппараты перерабатывающих производств», SPIN-код: 1267-3480, AuthorID: 176859.

А. Х.-Х. Нугманов – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технология хранения и переработка плодоовощной и растениеводческой продукции», SPIN-код: 5934-7548, AuthorID: 561824.

И. Ю. Алексaнян – доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Технологические машины и оборудование», SPIN-код: 7762-8174, AuthorID: 257277.

П. Д. Осмоловский – кандидат сельскохозяйственных наук, младший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства рапса, SPIN-код: 5809-7289, AuthorID: 932977.

Information about the authors

A. S. Yasnov – Postgraduate student of the 2nd year of study at the Department of Technological Machines and Equipment, SPIN-code: 6237-8766, AuthorID: 1204341.

S. A. Bredikhin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Processes and Devices of Processing Industries, SPIN-code: 1267-3480, AuthorID: 176859.

A. H.-H. Nugmanov – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technology of Storage and Processing of Fruit and Vegetable and Crop Products, SPIN-code: 5934-7548, AuthorID: 561824.

I. Y. Aleksanyan – Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Technological Machines and Equipment, SPIN-code: 7762-8174, AuthorID: 257277.

P. D. Osmolovskiy – PhD in Agricultural Sciences, Junior REsearcher at the Laboratory of breeding and seed production of rapeseed, SPIN-code: 5809-7289, AuthorID: 932977.

Статья поступила в редакцию 11.10.2024; одобрена после рецензирования 26.10.2024; принята к публикации 26.11.2024.

The article was submitted 11.10.2024; approved after reviewing 26.10.2024; accepted for publication 26.11.2024.