

УДК 639.21.539.215.2.639.381

Определение рационального массового соотношения экстрагента и объекта экстрагирования и равновесных концентраций целевых компонентов в них

З. М. Арабова, И. Ю. Александян, А. Х.-Х. Нугманов, О. И. Коннова*,
А. И. Александян, А. С. Яснгов

*Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия;
e-mail: okonnova88@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1691-1780>

Информация о статье Реферат

Поступила
в редакцию
23.05.2024;

получена
после доработки
9.07.2024;

принята
к публикации
19.07.2024

Ключевые слова:

пресноводные рыбы,
отходы
рыбопереработки,
лецитин, экстракция,
икорно-ястычный
комплекс,
концентрация целевых
компонентов,
массовое соотношение
экстрагента
и объекта экстракции

Для цитирования

Икорно-ястычный комплекс пресноводных рыб может широко использоваться для выработки различных пищевых продуктов, в том числе функциональной направленности. К числу основных технологических операций в технологии лецитина следует отнести процессы экстракции исходного икорного сырья и рафината, получаемого после проведения первой ступени избирательного экстрагирования. Цель исследования – выявление рационального массового соотношения экстрагента и сырья (модуль), от которого зависит эффективность экстракции, а также конечной концентрации извлекаемых веществ в полученном экстракте для определения ее текущего значения в процессе массопереноса с целью изучения кинетики экстрагирования. Объектом исследования послужил икорно-ястычный комплекс толстолобика, сазана, судака и сома, а также экстракт и рафинат из него. Обобщая опытные данные по выявлению рационального модуля, а также конечной концентрации извлекаемых веществ в полученных экстрактах, можно заключить, что для икры исследуемых видов рыб рациональным гидромодулем при ее экстракции ацетоном является соотношение сухая икра : экстрагент 1 : 4, а при ее экстракции этиловым спиртом – соотношение сухая икра : экстрагент 1 : 8. Если массовое соотношение отнести к свежей икре изучаемых видов рыб, то рациональным показателем при ее экстракции ацетоном является соотношение свежая икра : экстрагент 1 : 1,5, а при ее экстракции этиловым спиртом является соотношение свежая икра : экстрагент 1 : 3. Средняя конечная концентрации извлекаемых веществ из сухой икры изучаемых видов рыб в получаемых экстрактах, если в качестве растворителя применялся ацетон при рациональных условиях проведения массопереноса, соответствует значению 1,3 %, а если в качестве растворителя применялся этиловый спирт при рациональных условиях проведения массопереноса, соответствует значению 1,0 %.

Арабова З. М. и др. Определение рационального массового соотношения экстрагента и объекта экстрагирования и равновесных концентраций целевых компонентов в них. Вестник МГТУ. 2024. Т. 27, № 3. С. 271–281. DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-271-281>.

Determining the efficient mass ratio of the extractant and the object of extraction and the equilibrium concentrations of the target components in them

Zarema M. Arabova, Igor Yu. Aleksanyan, Albert H.-H. Nugmanov,
Olga I. Konnova*, Artur I. Aleksanyan, Andrei S. Yasnov

*Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia;
e-mail: okonnova88@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1691-1780>

Article info

Received
23.05.2024;

received
in revised form
9.07.2024;

accepted
19.07.2024

Key words:

freshwater fish,
fish processing wastes,
lecithin, extraction,
caviar-bile complex,
concentration of target
components,
mass ratio of extractant
and extraction object

For citation

Abstract

The caviar and lecithin complex of freshwater fish can be widely used for the production of various food products, including those of functional orientation. The main technological operations in lecithin technology should include the processes of extraction of the initial caviar raw material and raffinate obtained after the first stage of selective extraction. The purpose of the study is to identify the rational mass ratio of extractant and raw material (module), on which the extraction efficiency depends, as well as the final concentration of extracted substances in the extract to determine its current value in the process of mass transfer to study the kinetics of extraction. The object of the study is the caviar-anchovy complex of fathead carp, carp, pikeperch and catfish, as well as the extract and raffinate from it. Summarizing the experimental data on revealing the rational module, as well as the final concentration of extracted substances in the extracts obtained, we can conclude that for caviar of the fish species under study, the rational hydromodule for its extraction with acetone is the ratio of dry caviar : extractant 1 : 4, and for its extraction with ethyl alcohol is the ratio of dry caviar : extractant 1 : 8. If the mass ratio refers to the fresh caviar of the studied fish species, then its rational indicator at its extraction with acetone is the ratio of fresh caviar : extractant 1 : 1.5, and at its extraction with ethyl alcohol is the ratio of fresh caviar : extractant 1 : 3. The average final concentration of extracted substances from dry caviar of the studied fish species in the extracts obtained, if acetone was used as a solvent under rational conditions of mass transfer, corresponds to the value of 1.3 %, and if ethyl alcohol was used as a solvent under rational conditions of mass transfer, corresponds to the value of 1.0 %.

Arabova, Z. M. et al. 2024. Determining the efficient mass ratio of the extractant and the object of extraction and the equilibrium concentrations of the target components in them. *Vestnik of MSTU*, 27(3), pp. 271–281. (In Russ.) DOI: <https://doi.org/10.21443/1560-9278-2024-27-3-271-281>.

Введение

Неориентированная реализация отходов материалов переработки рыбного сырья ставит ряд проблем в рыбной отрасли. Ежедневно при операциях его обработки скапливаются тонны отходов материалов при выработке пресервов, филе, фаршевой, консервированной и иных типов рыбных продуктов (Петрова, 2012). Целесообразность решения задач комплексной реализации водных ресурсов не вызывает сомнений, поскольку она позволяет не только снизить стоимость выработки традиционных типов обозначенных продуктов, но и существенно увеличить их ассортимент (Ярочкин, 1997; Жила и др., 2023; Макаров и др., 2019).

Очевидно, что вторичное сырье, являющееся результатом промышленной переработки частиковых видов рыб, в частности, икорно-ястычный комплекс (ИЯК), может широко использоваться для выработки различных пищевых продуктов, в том числе и функциональной направленности (Петров, 2010; Широкина и др., 2015).

Известно, что к числу основных технологических операций, сложных и дорогостоящих по своей организации и аппаратному обеспечению, отвечающих за качество и себестоимость конечной продукции, следует отнести, помимо сушки (Гущина и др., 2016), замораживания и дефростации, процессы экстракции исходного икорного сырья и рафината, получаемого после проведения первой ступени избирательного экстрагирования (Полецук и др., 2024).

Эффективность операции экстрагирования, кроме давления и температуры, рациональные значения которых были найдены ранее, зависит от массового соотношения экстрагента и сырья (Евсеева, 2021; Андреева, 2021).

Цель исследования – выявление рационального массового соотношения экстрагента и сырья (модуль), а также конечной концентрации извлекаемых веществ в полученном экстракте для определения ее текущего значения в процессе массопереноса.

Материалы и методы

Объектом исследования послужил ИЯК толстолобика, сазана, судака и сома.

Рациональное соотношение масс экстрагента и объекта экстрагирования определялось эмпирическим путем, где в качестве целевого критерия была выбрана максимально приемлемая величина выхода экстрактивных веществ, полученная в ходе эксперимента. Опыт осуществлялся в две стадии, на первой из которых дефростированный или обезвоженный до влажности 10 % ИЯК при конвективном энергоподводе подвергают при перемешивании последовательной экстракции ацетоном при 40 °С и этиловым спиртом при 60 °С 24 часа, варьируя модуль, поскольку данной продолжительности операции с лихвой хватает для перевода модуля в равновесные условия, после чего рафинат отводят от экстракта фильтрацией. На второй стадии из экстрактов в резервуарах из силикона или керамики отводят экстрагент в сушильном шкафу при 50 °С и конвективном подводе тепловой энергии, вырабатывая обезвоженный экстракт, по массе которого определяют удельный съем экстрактивных компонентов из ИЯК.

С целью последующего анализа модуля с этиловым спиртом вырабатывался икорный рафинат, т. е. осадок, оставшийся после получения ацетонового экстракта при рациональных условиях проведения массообменного процесса. Отметим, что для заготовки икорного рафината можно использовать как размороженную, так и сухую икру, так как выход объекта экстрагирования по отношению к нативной икре в том или ином случае примерно одинаков.

Выход целевых веществ по отношению к нативной икре B , % при использовании сухой икры рассчитывался по следующей формуле:

$$B = C_x \left(\left(\frac{100 - W}{100} \right) / 0,9 \right), \quad (1)$$

где W – усредненная влажность икорного сырья, % ($W = 65,6$ %); C_x – рациональный выход экстрактивных веществ из сухого икорного сырья влажностью 10 %.

Для оценки полноты извлечения лецитина из икры исследуемых видов рыб экстрагированием необходимо определиться с его содержанием в исходном сырье. Обзор литературных источников не дал нужной информации, поэтому содержание лецитина в исходном рыбном сырье определялось, опираясь на определение доли фосфора в липидном (липоидном) экстракте¹ (Keiutis, 1975). Для этого применяют ряд методик из-за минерализации липидов. Отмечается сложность минерализации проб с малой долей фосфолипидов по отношению к триглицеридам. Для интенсификации минерализации применяют кислоту хлорную, но с увеличением продолжительности данной процедуры возможно применение серной кислоты. Значения доли липидного фосфора умножают на усредненный лецитиновый коэффициент 25 и определяют общее содержание фосфолипидов.

Содержание фосфора в исследуемом сырье определялось по методике, подробно описанной в работах (Способ..., 1998; Способ..., 1997; Способ..., 2024), согласно которым определяют долю фосфолипидов

¹ Химический состав пищевых продуктов. Кн. 1: Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергетической ценности пищевых продуктов / под ред. Скурихина И. М., Волгарева М. Н. М.: Агропромиздат, 1987. 224 с.

в маслах растительной природы, поэтому из икры была выделена липидная фракция, в которой необходимо выявить процентное содержание фосфора (Лалин и др., 2021).

Экспериментальные исследования проводились по следующему алгоритму. В мерную пробирку вместимостью 15 см³ помещают 1 ± 0,01 г (*m*) рыбьего гидратированного жира. В нее же вливают 1 см³ спиртоэфирного раствора, что отвечает долям 1 : 1 и 1,5 см³ 10 М сернокислого раствора (*V*). Пробирку закупоривают и 1 мин интенсивно встряхивают.

После фазового расслоения пробирку откупоривают и пипеткой отводят 0,3 см³ водно-спиртового раствора (*V*₁). Аликвотную составляющую отводят в мерную пробирку, куда вносят 0,3 см³ 2,5%-го водного раствора молибденовокислого аммония, 0,5 см³ 0,25%-го водного раствора гидразинсульфата и дистиллированную водную среду до метки 5 см³. В течение 10 мин повышают температуру композиции на кипящей водяной бане, охлаждают и определяют ее оптическую плотность в кювете толщиной 1 см при длине волны 670 нм по отношению к контрольной пробе, которая состоит из 0,3 см³ 10 М раствора серной кислоты, 0,3 см³ 2,5%-го водного раствора молибденовокислого аммония, 0,5 мл 0,25%-го водного раствора гидразинсульфата и дистиллированной воды, добавляемой до объема 5 см³.

Массовое содержание лецитина в ИЯК *F* (%) определяют по формуле

$$F = \frac{K_{гр} \cdot D}{K_l \cdot m} \cdot \frac{V}{V_1} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

где *K*_{гр} – градуировочный показатель для неизменного объема колориметрируемого раствора, г (*K*_{гр} = 0,43 г); *K*_l – показатель для пересчета доли фосфора на фосфолипиды *K*_l = 26,03; *D* – оптическая плотность колориметрируемого раствора при длине волны 670 нм; *m* – масса образца липидной фракции, г; *V* – объем 10 М раствора H₂SO₄ для экстракции, мл; *V*₁ – аликвотная составляющая спиртоводной кислой среды для проведения колориметрической реакции, мл.

Результаты и обсуждение

В табл. 1–4 приведены опытные данные по выявлению рационального модуля для высушенной икры изучаемых видов рыбы до влажности 10 %, подвергаемой экстрагированию ацетоном.

Таблица 1. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и обезвоженного ИЯК толстолобика

Table 1. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and dehydrated CYC of fathead minnows

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный сьем, %
1	6/12	11,135	0,185	1,66	3,32
2	6/18	12,265	0,170	1,39	4,17
3	6/24	13,071	0,167	1,28	5,12
4	6/30	13,110	0,135	1,03	5,15
5	5/30	13,320	0,113	0,85	5,10

Таблица 2. Экспериментальные данные по определению рационального модуля упругости ацетона и обезвоженного ИЯК карпа

Table 2. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and dehydrated carp CYC

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный сьем, %
1	6/12	10,983	0,205	1,87	3,74
2	6/18	13,144	0,214	1,63	4,89
3	6/24	13,653	0,193	1,41	5,64
4	6/30	12,974	0,144	1,11	5,55
5	5/30	13,128	0,125	0,95	5,70

Таблица 3. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и обезвоженного ИЯК судака

Table 3. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and dehydrated pikeperch CYC

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный сьем, %
1	6/12	11,232	0,161	1,43	2,86
2	6/18	12,987	0,162	1,25	3,75
3	6/24	12,835	0,155	1,21	4,84
4	6/30	13,144	0,130	0,99	4,95
5	5/30	13,659	0,109	0,80	4,80

Таблица 4. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и обезвоженного ИЯК сома
 Table 4. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and dehydrated catfish CYC

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съём, %
1	6/12	10,121	0,178	1,76	3,51
2	6/18	13,765	0,197	1,43	4,29
3	6/24	12,238	0,163	1,33	5,32
4	6/30	12,492	0,134	1,07	5,35
5	5/30	13,458	0,117	0,87	5,20

Опытные данные по выявлению рационального модуля с обезвоженным сырьем, которые для лучшей наглядности представлены в виде гистограмм (рис. 1 и 2), показали, что третий вариант, где на одну массовую долю сухой икры приходится четыре массовых доли экстрагента, максимально приемлем для экстракции ацетонорастворимых составляющих из обезвоженного ИЯК влажностью 10 %. Вместе с тем фактически больший выход наблюдается при соотношении 1 : 5, но учитывая, что разница при этом крайне незначительна, то, с точки зрения экономии экстрагента и, как следствие, энергозатрат на последующие операции концентрирования и сушки, резонно рекомендовать соотношение 1 : 4.

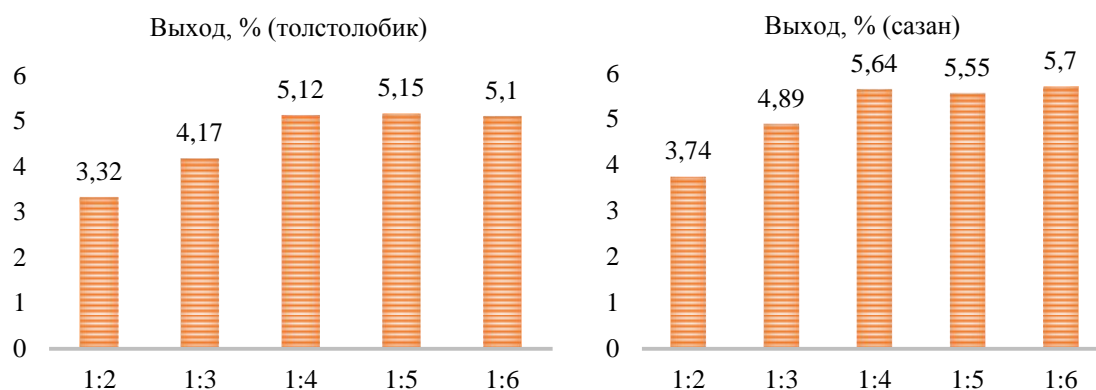


Рис. 1. Графическая интерпретация опытных данных по рациональному модулю для толстолобика и сазана

Fig. 1. Graphical interpretation of experimental data on rational module for fathead carp and carp

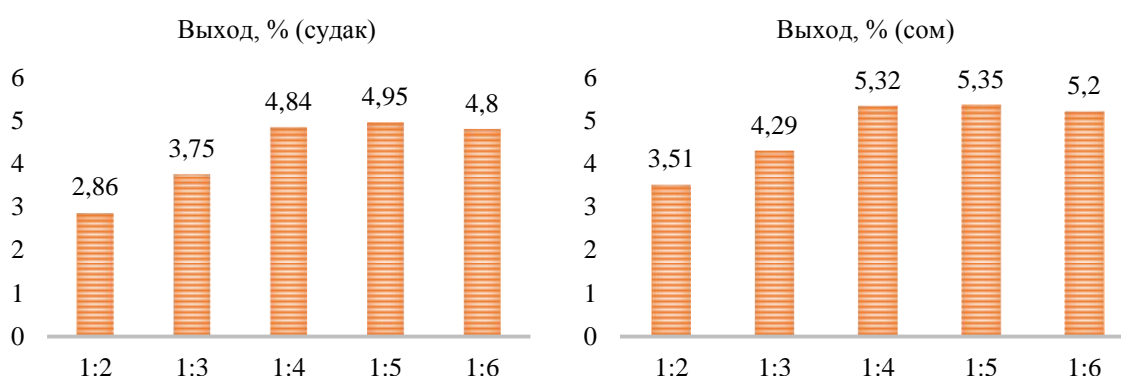


Рис. 2. Графическая интерпретация опытных данных по рациональному модулю для судака и сома

Fig. 2. Graphical interpretation of experimental data on rational module for pikeperch and catfish

В табл. 5–8 приведены опытные данные по выявлению рационального модуля для икры изучаемых видов рыбы, прошедшей этап дефростации, со средней влажностью 65,6 %, подвергаемой экстрагированию ацетоном.

Таблица 5. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и размороженного ИЯК толстолобика

Table 5. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and thawed CYC of fathead minnow

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съем, %
1	15,7/18	12,654	0,120	0,95	1,69
2	15,7/24	11,892	0,108	0,91	1,97
3	15,7/30	13,356	0,103	0,77	1,96
4	13,1/30	12,908	0,087	0,67	1,95

Таблица 6. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и размороженного ИЯК сазана

Table 6. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and thawed CYC of carp

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съем, %
1	15,7/18	11,664	0,122	1,05	1,87
2	15,7/24	12,902	0,128	0,99	2,14
3	15,7/30	11,987	0,099	0,83	2,11
4	13,1/30	13,098	0,098	0,75	2,17

Следует отметить, что в табл. 5–8 представленные соотношения в вариантах 1–4 соответствуют соотношениям в табл. 1–4 в вариантах 2–5, т. е. 1 к 3; 1 к 4; 1 к 5 и 1 к 6, так как на первом этапе исследования в качестве сырья использовалась сухая икра. В связи с чем был проведен перерасчет соотношения экстрагента и размороженного икорного сырья с учетом его влажности на сухие вещества. Также необходимо отметить, что для расчета выхода, в отличие от табл. 1–4, в которых этот показатель высчитывался из условия, что масса получаемого экстракта приравнивалась к количеству вводимого ацетона в систему "сырье – экстрагент", в табл. 5–8 масса получаемого экстракта принималась как сумма вводимого ацетона и влаги, находящейся в сырье, что связано с переходом в экстракт не только ацетон-растворимых компонентов, но и непосредственно воды, которая прекрасно растворяется в ацетоне.

Таблица 7. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и размороженного ИЯК судака

Table 7. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and thawed pikeperch CYC

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съем, %
1	15,7/18	11,876	0,099	0,83	1,48
2	15,7/24	12,843	0,104	0,81	1,75
3	15,7/30	12,312	0,086	0,70	1,78
4	13,1/30	12,705	0,080	0,63	1,82

Таблица 8. Опытные данные по нахождению рационального модуля ацетона и размороженного ИЯК сома

Table 8. Experimental data on finding the rational modulus of acetone and thawed catfish CYC

№	Соотношение масс ИЯК и ацетона, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съем, %
1	15,7/18	12,004	0,113	0,94	1,68
2	15,7/24	13,344	0,123	0,92	1,99
3	15,7/30	12,114	0,097	0,80	2,03
4	13,1/30	12,532	0,085	0,68	1,97

Опытные данные по выявлению рационального модуля с ИЯК, прошедшем этап дефростации, со средней влажностью 65,6 %, которые для лучшей наглядности представлены в виде гистограмм (рис. 3 и 4), показали, что второй вариант, где на одну массовую долю нативной икры приходится полторы массовых доли экстрагента, максимально приемлем для экстракции растворимых в ацетоне компонентов. Адекватность полученных результатов проверялась методами статистической обработки экспериментальных данных, при этом относительная ошибка не превышала 3 %. Следует отметить, что второй вариант в табл. 5–8

соответствует третьему варианту в табл. 1–4, где на одну массовую долю сухой икры приходится четыре массовых доли экстрагента.

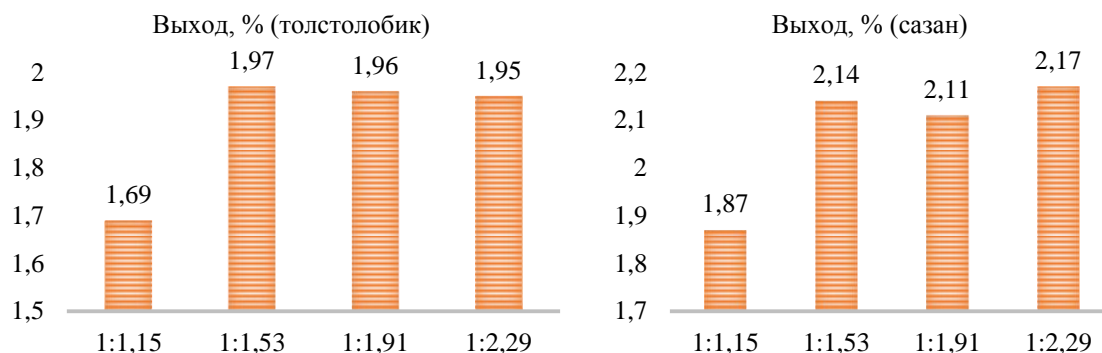


Рис. 3. Графическое представление результатов исследования по выбору рационального соотношения растворителя и икорного сырья (толстолобик и сазан)
Fig. 3. Graphical representation of the results of the study on the selection of rational ratio of solvent and caviar raw material (fathead carp and carp)

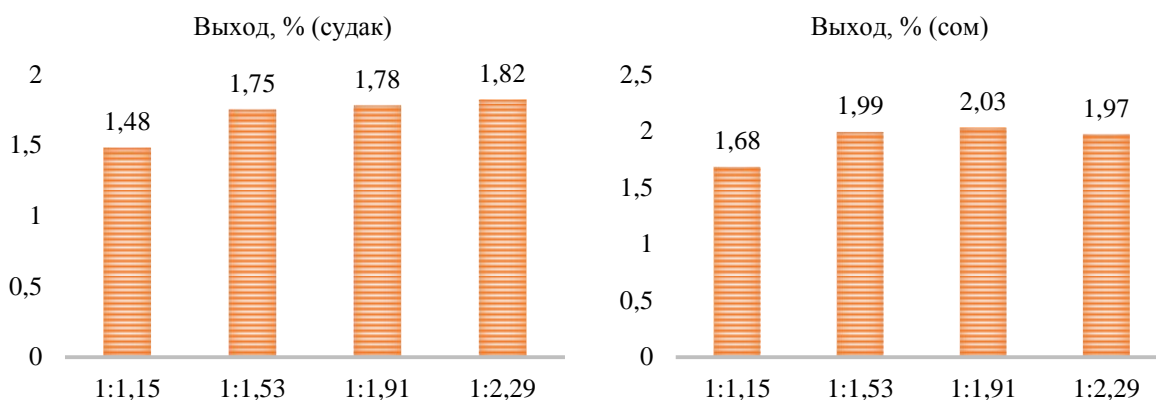


Рис. 4. Графическое представление результатов исследования по выбору рационального соотношения растворителя и икорного сырья (судак и сом)
Fig. 4. Graphical representation of the results of the study on selection of rational ratio of solvent and caviar raw material (pikeperch and catfish)

Сравнительная оценка полученных результатов представлена в табл. 9.

Таблица 9. Результат сравнительного анализа выработки икорного рафината
Table 9. Result of comparative analysis of caviar raffinate production

Наименование	Выход целевых веществ по отношению к нативной икре, %	
	Использование в качестве сырья сухой икры влажностью 10 %	Использование в качестве сырья размороженной икры
Икра толстолобика	1,96	1,97
Икра сазана	2,16	2,14
Икра судака	1,85	1,75
Икра сома	2,03	1,99

В табл. 10–13 приведены опытные данные по выявлению рационального модуля с икорным рафинатом изучаемых видов рыбы, подвергаемым экстрагированию этиловым спиртом. Следует отметить, что в табл. 10–13 представленные соотношения практически соответствуют соотношениям в табл. 1–4, так как икорный рафинат представляет собой ту же самую сухую икру, только без растворимых в ацетоне компонентов, поэтому впоследствии количество экстрагента можно отнести к количеству используемой в технологии фракционированного лецитина сухой икры.

Таблица 10. Опытные данные по нахождению рационального модуля этилового спирта и рафината ИЯК толстолобика

Table 10. Experimental data on finding the rational modulus of ethyl alcohol and raffinate of thickhead salmon CYC

№	Соотношение масс ИЯК и спирта, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съём, %
1	6/18	10,874	0,151	1,39	4,17
2	6/24	11,212	0,142	1,27	5,08
3	6/30	11,098	0,129	1,16	5,80
4	5/30	11,238	0,126	1,12	6,72
5	5/35	11,711	0,125	1,07	7,50
6	5/40	10,923	0,113	1,03	8,24
7	5/45	11,405	0,103	0,90	8,10
8	5/50	12,183	0,101	0,83	8,30

Таблица 11. Опытные данные по нахождению рационального модуля этилового спирта и рафината ИЯК сазана

Table 11. Experimental data on finding the rational modulus of ethyl alcohol and raffinate of carp CYC

№	Соотношение масс ИЯК и спирта, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съём, %
1	6/18	11,223	0,158	1,41	4,23
2	6/24	11,563	0,149	1,29	5,17
3	6/30	12,311	0,148	1,20	6,00
4	5/30	11,703	0,133	1,14	6,84
5	5/35	11,604	0,125	1,08	7,56
6	5/40	12,133	0,126	1,04	8,32
7	5/45	11,521	0,107	0,93	8,38
8	5/50	11,882	0,099	0,83	8,30

Таблица 12. Опытные данные по нахождению рационального модуля этилового спирта и рафината ИЯК судака

Table 12. Experimental data on finding the rational modulus of ethyl alcohol and raffinate of pikeperch CYC

№	Соотношение масс ИЯК и спирта, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съём, %
1	6/18	11,102	0,144	1,30	3,90
2	6/24	10,954	0,129	1,18	4,72
3	6/30	12,098	0,132	1,09	5,45
4	5/30	12,239	0,124	1,01	6,06
5	5/35	12,804	0,122	0,95	6,65
6	5/40	12,365	0,110	0,89	7,12
7	5/45	12,712	0,100	0,79	7,11
8	5/50	11,872	0,085	0,72	7,20

Таблица 13. Опытные данные по нахождению рационального модуля этилового спирта и рафината ИЯК сома

Table 13. Experimental data on finding the rational modulus of ethyl alcohol and NRC raffinate CYC of catfish

№	Соотношение масс ИЯК и спирта, г/г	Масса пробы экстракта, г	Масса сухого остатка в пробе, г	Доля сухого остатка в экстракте, %	Удельный съём, %
1	6/18	11,893	0,162	1,36	4,08
2	6/24	12,211	0,155	1,27	5,08
3	6/30	12,764	0,152	1,19	5,95
4	5/30	12,308	0,138	1,12	6,72
5	5/35	11,903	0,128	1,08	7,56
6	5/40	12,321	0,131	1,06	8,48
7	5/45	12,482	0,115	0,92	8,28
8	5/50	12,702	0,107	0,84	8,40

Для лучшей наглядности на рис. 5 и 6 представлены результаты опытов по определению рационального модуля с икорным рафинатом в форме гистограмм.

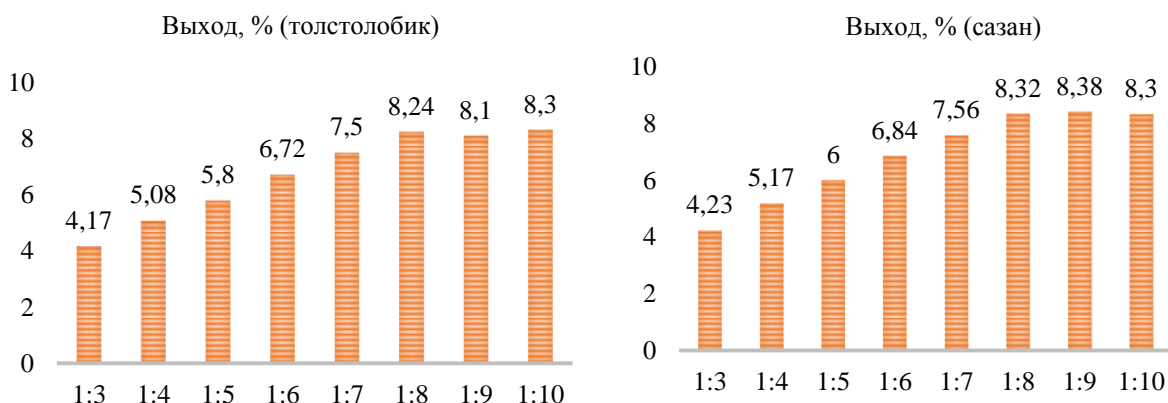


Рис. 5. Графическое представление опытных данных по выбору рационального модуля с икорным рафинатом (толстолобик и сазан)

Fig. 5. Graphical representation of experimental data on the selection of rational module with caviar raffinate (capelin and carp)

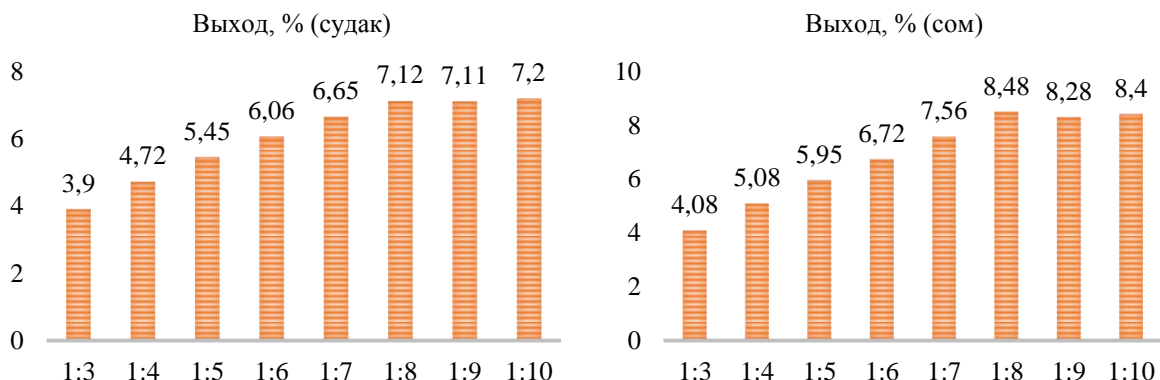


Рис. 6. Графическое представление опытных данных по выбору рационального модуля с икорным рафинатом (судак и сом)

Fig. 6. Graphical representation of experimental data on the selection of rational module with caviar raffinate (pikeperch and catfish)

Опытные данные по выявлению рационального модуля с икорным рафинатом, прошедшим этап предварительного экстрагирования уксусом (табл. 10–13), показали, что шестой вариант, где на одну массовую долю рафината приходится восемь массовых долей экстрагента, максимально приемлем для экстракции растворимых в этиловом спирте компонентов.

Опытные данные по определению массовой доли лецитина в исследуемом рыбном икорном сырье представлены в табл. 14.

Таблица 14. Массовая доля липидной и фосфолипидной фракций и опытные данные для расчета содержания лецитина в икорном сырье
Table 14. Mass fraction of lipid and phospholipid fractions and experimental data for calculation of lecithin content in caviar raw material

Вид сырья	Массовая доля, % от общей массы свежей икры		Масса пробы липидной фракции, г	Оптическая плотность раствора	Объем 10 М раствора H ₂ SO ₄ , мл	Аликвотная составляющая спиртоводной кислой среды, мл
	жира	лецитина				
Средние значения						
Икра толстолобика	11,40	6,14	1,11	0,825	1,5	0,3

Икра сазана	9,86	5,82	1,16	0,817		
Икра судака	5,42	4,36	1,27	0,670		
Икра сома	9,12	5,19	1,12	0,704		

Сравнительная оценка соотношения количества лецитина в исследуемой икре и его количества в результате экстрагирования показала, что при данных условиях проведения массообменного процесса извлекается от 51 до 62 % от общей массы целевого компонента (табл. 15).

Таблица 15. Процент извлечения лецитина из ИЯК по предложенной технологии
 Table 15. Percentage of lecithin extraction from CYC by the proposed technology

Вид сырья	Количество лецитина в 1 000 г свежей икры, г	Масса выделенного лецитина по рекомендуемой технологии в пересчете на 1 000 г свежей икры, г	Выделенная доля, %
Икра толстолобика	61,4	31,48	51,27
Икра сазана	58,2	31,78	54,60
Икра судака	43,6	27,20	62,38
Икра сома	51,9	32,39	62,41

Заключение

Таким образом, обобщая опытные данные, можно заключить, что для икры исследуемых видов рыб рациональное соотношение сухая икра : экстрагент – 1 : 4, а при ее экстракции этиловым спиртом – 1 : 8. Если соотнести массы экстрагента и свежей икры, то при экстракции ацетоном является рациональным соотношение свежая икра : экстрагент 1 : 1,5, а при ее экстракции этиловым спиртом – 1 : 3. При использовании ацетона средняя конечная концентрация извлекаемых из сухой икры веществ в экстрактах при рациональных режимах экстракции соответствует значению 1,3 %, а в случае применения этилового спирта это значение соответствует 1,0 %.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Библиографический список

- Андреева Е. В. Научное обоснование процессов комплексной сушильно-экстракционной обработки баклажанной кожуры : дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2021. 211 с.
- Гущина Д. А., Красноштанова А. А. Получение белковой фракции из рыбной икры // Успехи в химии и химической технологии. 2016. Т. 30, № 9(178). С. 42–43. EDN: XEBMEZ.
- Евсеева С. С. Разработка способа получения экстракта из тутовых плодов и совершенствование процесса его сушки : дис. ... канд. техн. наук. Астрахань, 2021. 202 с.
- Жила Н. О., Волков В. В., Мезенова О. Я., Киселев Е. Г. [и др.]. Отходы рыбопереработки – перспективный субстрат для синтеза целевых продуктов биотехнологии // Журнал Сибирского федерального университета. Сер. Биология. 2023. Т. 16, № 3. С. 386–397. EDN: HORLYA.
- Кейтс М. Техника липидологии: выделение, анализ и идентификация липидов. М. : Мир, 1975. 322 с.
- Лапин А. А., Зеленков В. Н., Золотарев К. В., Михайлов А. Н. [и др.]. Суммарная антиоксидантная активность продуктов экстракции мышц и икры щуки (*Esox lucius*) // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 65, № 1. С. 114–119. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-65-1-114. EDN: QNHJNY.
- Макаров А. В., Максименко Ю. А., Алексанян И. Ю., Дяченко Э. П. Разработка рациональных режимов сушки при производстве желатина на основе отходов рыбопереработки // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2019. № 2(28). С. 56–63. EDN: GTGSNU.
- Петров Б. Ф. Получение концентратов жирных кислот из жировых отходов рыбопереработки и низкосортных рыбных жиров // Рыбпром: технологии и оборудование для переработки водных биоресурсов. 2010. № 4. С. 79–81. EDN: NCPYMD.
- Петрова И. Б., Клименко А. И. Комплексная переработка отходов рыбоперерабатывающих производств: обзор // Молодой ученый. 2012. № 9(44). С. 61–63. EDN: PFVSJB.
- Полещук Д. В., Подленный Л. Ю., Тунгусов Н. Г., Горячева Е. Д. Исследование жировой фракции вторичного сырья икорного производства // Пищевая промышленность. 2024. № 4. С. 67–70. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2024.4.4.013>. EDN: XJBKBD.
- Способ количественного определения фосфора в растительных маслах : пат. 2103681 Рос. Федерация / Н. А. Калашева, В. С. Ковалев, Е. М. Коневец, Ю. С. Тульский [и др.] ; № 94038314/13 ; заявл. 27.09.1994 ; опубл. 27.01.1998.

- Способ получения комплекса фосфолипидов : пат. 2071337 Рос. Федерация / С. А. Любченко, Н. А.-О. Исмаилов ; № 93 93040879 ; заявл. 12.08.1993 ; опубл. 10.01.1997.
- Способ получения фракционного лецитина : пат. 2812352 Рос. Федерация / А. Х.-Х. Нугманов, З. М. Арабова, О. И. Коннова, И. А. Бакин [и др.] ; № 2023123305 ; заявл. 07.09.2023 ; опубл. 30.01.2024, Бюл. № 4.
- Широнина А. Ю., Деркач С. Р., Новиков В. Ю. Коллоидно-химические свойства ферментативных белковых гидролизатов из отходов рыбопереработки // Современные эколого-биологические и химические исследования, техника и технология производств : материалы междунар. науч.-практ. конф., Мурманск, 7 апреля 2015 г. : в 2-х ч. Ч. 2. С. 271–274. EDN: VEZVDZ.
- Ярочкин А. П., Чупикова Е. С., Кузнецов Ю. Н., Градов Н. А. Биотехнологическая утилизация белоксодержащих отходов рыбопереработки // Известия ТИПРО. 1997. Т. 120. С. 44–48. EDN: BBPMUS.

References

- Andreeva, E. V. 2021. Scientific substantiation of the processes of complex drying-extraction processing of eggplant peel. Ph.D. Thesis. Astrakhan. (In Russ.)
- Gushchina, D. A., Krasnoshtanova, A. A. 2016. Obtaining protein association from fish caviar. *Uspekhi v Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 30(9(178)), pp. 42–43. EDN: XEBMEZ. (In Russ.)
- Evseeva, S. S. 2021. Development of a method for obtaining an extract from mulberry fruits and improving the process of drying it. Ph.D. Thesis. Astrakhan. (In Russ.)
- Zhila, N. O., Volkov, V. V., Mezenova, O. Ya., Kiselev, E. G. et al. 2023. Fish processing waste is a promising substrate for the synthesis of target biotechnology products. *Journal of Siberian Federal University. Biology*, 16(3), pp. 386–397. EDN: HORLYA. (In Russ.)
- Kates, M. 1975. Lipidology technique: Isolation, analysis and identification of lipids. Moscow. (In Russ.)
- Lapin, A. A., Zelenkov, V. N., Zolotarev, K. V., Mikhailov, A. N. et al. 2021. Total antioxidant activity of extraction products of pike muscles and caviar (*Esox lucius*). *Butlerovskie Chteniya*, 65(1), pp. 114–119. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/21-65-1-114. EDN: QHHJNY. (In Russ.)
- Makarov, A. V., Maksimenko, Yu. A., Aleksanyan, I. Yu., Dyachenko, E. P. 2019. Development of rational drying modes for the production of gelatin based on fish processing waste. *Technologies of the Food and Processing Industry of the AGRO-Industrial Complex – Healthy Food Products*, 2(28), pp. 56–63. EDN: GTGSNU. (In Russ.)
- Petrov, B. F. 2010. Obtaining fatty acid concentrates from fatty waste from fish processing and low-grade fish oils. *Rybprom: Technologies and equipment for processing marine biological resources*, 4, pp. 79–81. EDN: NCPYMD. (In Russ.)
- Petrova, I. B., Klimenko, A. I. 2012. Integrated processing of waste from fish processing products: Review. *Molodoi Uchenyi*, 9(44), pp. 61–63. EDN: PFVJSB. (In Russ.)
- Poleshchuk, D. V., Podlenny, L. Yu., Tungusov, N. G., Goryacheva, E. D. 2024. Study of strength based on secondary raw materials from caviar production. *Food Processing Industry*, 4, pp. 67–70. DOI: <https://doi.org/10.52653/ppi.2024.4.4.013>. EDN: XJBKBD. (In Russ.)
- Kalashcheva, N. A., Kovalev, V. S., Konevets, E. M. 1998. Possibility of quantitative determination of phosphorus in vegetable oils, Russian Federation, Pat. 2103681. (In Russ.)
- Lyubchenko, S. A., Ismailov, N. A. 1997. Method for obtaining phospholipid complexes, Russian Federation, Pat. 2071337. (In Russ.)
- Nugmanov, A. Kh. Kh., Arabova, Z. M., Konnova, O. I., Bakin, I. A. et al. Russian State Agrarian University – Moscow Agricultural Academy named after K. A. Timiryazev. 2024. Method for producing fractional lecithin, Russian Federation, Pat. 2812352. (In Russ.)
- Shironina, A. Yu., Derkach, S. R., Novikov, V. Yu. 2015. Colloid-chemical properties of enzymatic protein hydrolysates from fish processing waste. Proceedings of the intern. scient. and pract. conf. *Modern environmental, biological and chemical research, equipment and production technologies*, in 2 parts, Murmansk, 7 April, 2015. Part 2, pp. 271–274. EDN: VEZVDZ. (In Russ.)
- Yarochkin, A. P., Chupikova, E. S., Kuznetsov, Yu. N., Gradov, N. A. 1997. Biotechnological utilization of protein-containing fish processing waste. *Izvestiya TINRO*, 120, pp. 44–48. EDN: BBPMUS. (In Russ.)

Сведения об авторах

Арабова Зарема Михайловна – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056; Астраханский государственный технический университет; ул. Косыгина, 19, г. Москва, Россия, 119991; Институт геохимии и аналитической химии им. В. И. Вернадского, канд. техн. наук, науч. сотрудник; e-mail: zarema.polymer@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6787-7697>

Zarema M. Arabova – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056; Astrakhan State Technical University;

19 Kosygina Str., Moscow, Russia, 119991; V. I. Vernadsky Institute of Geochemistry and Analytical Chemistry, Cand. Sci. (Engineering), Research Fellow;
e-mail: zarema.polymer@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6787-7697>

Алексанян Игорь Юрьевич – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056;
Астраханский государственный технический университет, д-р техн. наук, профессор;
e-mail: 16081960igor@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

Igor Yu. Aleksanyan – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056;
Astrakhan State Technical University, Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: 16081960igor@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5494-1226>

Нугманов Альберт Хамед-Харисович – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056;
Астраханский государственный технический университет, д-р техн. наук, профессор;
e-mail: albert909@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

Albert H.H. Nugmanov – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056;
Astrakhan State Technical University, Dr Sci. (Engineering), Professor;
e-mail: albert909@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4093-9982>

Коннова Ольга Ивановна – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056;
Астраханский государственный технический университет, вед. инженер;
e-mail: okonnova88@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1691-1780>

Olga I. Konnova – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056;
Astrakhan State Technical University, Leading Engineer;
e-mail: okonnova88@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1691-1780>

Алексанян Артур Игоревич – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056;
Астраханский государственный технический университет, аспирант;
e-mail: ar4i221235@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0200-4187>

Artur I. Aleksanyan – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056;
Astrakhan State Technical University, PhD Student;
e-mail: ar4i221235@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-0200-4187>

Яснов Андрей Сергеевич – ул. Татищева, стр. 16/1, г. Астрахань, Россия, 414056;
Астраханский государственный технический университет, аспирант;
e-mail: Ysandrew@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1728-0718>

Andrey S. Yasnov – 16/1 Tatishcheva Str., Astrakhan, Russia, 414056;
Astrakhan State Technical University, PhD Student;
e-mail: Ysandrew@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-1728-0718>