

Влияние выбора контрольного образца на результаты биотестирования снековой продукции

Екатерина Мироновна Панчишина¹, Надежда Леонидовна Корниенко²

^{1,2} Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет, Владивосток, Россия

¹ panchishina.em@dgtru.ru; ORCID: 0000-0002-5069-0316

² kornienkont@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7161-622X

Аннотация. Приведены экспериментальные данные по оценке влияния выбора контрольного образца на значения показателя относительной биологической ценности снековой продукции из макруруса малоглазого. На основе литературных данных приведено краткое обоснование использования инфузории *Tetrahymena pyriformis* в качестве индикаторного организма для биотестирования. В работе дана характеристика контрольных образцов (сырье, пшеничная мука, казеин, полуфабрикат до обработки), основанная на критериях их оценивания. Приведены графические данные динамики роста тест-культуры по дням опыта на испытуемых средах. Даны расчетные значения относительной биологической ценности и коэффициенты биологической активности исследуемых экспериментальных моделей. Сравнительный анализ позволил установить влияние вносимых растительных добавок в состав рецептуры экспериментальных моделей, а также технологический этап обработки полуфабрикатов. Независимо от критериев выбора контрольного образца установлено, что более высокие значения биологической ценности имели преимущественно экспериментальные модели с добавлением горохового изолята, которые составили относительно сырья 119 %, пшеничной муки – 125 %, казеина – 64 %, полуфабриката до термообработки – 116 % (сушеные) и 113 % (жареные).

Ключевые слова: макрурус малоглазый, растительные добавки, биотестирование, контрольный образец, критерии оценки

Для цитирования: Панчишина Е. М., Корниенко Н. Л. Влияние выбора контрольного образца на результаты биотестирования снековой продукции // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 74, № 4. С. 47–55.

Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University. 2025. Vol. 74, no. 4. P. 47–55.

Original article

The impact of the choice control sample on the results biotesting of snack products

Ekaterina M. Panchishina¹, Nadezhda L. Kornienko²

^{1,2} Far Eastern State Technical Fisheries University, Vladivostok, Russia

¹ panchishina.em@dgtru.ru; ORCID: 0000-0002-5069-0316

² kornienkont@mail.ru; ORCID: 0000-0002-7161-622X

Abstract. Experimental data are presented to assess the effect choice of control sample on the values indicator of the relative biological value snack products from the small-eyed macrurus. Based on the literature data, a brief justification is given for the use the ciliate *Tetrahymena pyriformis* as an indicator organism for biotesting. The paper provides a description of the control samples (raw materials, wheat flour, casein, and semi-finished products before processing) based on their evaluation criteria. Graphical data are presented to show the growth dynamics test culture over the days of experiment on the test media. The calculated values of the relative biological value and the coefficients of biological activity studied experimental models are given. A comparative analysis allowed us to establish the influence of introduced plant additives on the composition of experimental models, as well the technological stage of processing the semi-finished products. Regardless of the criteria for selecting control sample, it was found that the experimental models with the addition of pea isolate had higher values of biological value, which were 119 % for the raw material, 125 % for wheat flour, 64 % for casein, and 116 % (dried) and 113 % (roasted) for the semi-finished product before heat treatment.

Keywords: small-eyed macrurus, plant additives, biotesting, control sample, evaluation criteria

For citation: Panchishina E. M., Kornienko N. L. The impact of the choice control sample on the results biotesting of snack products. *Scientific Journal of the Far Eastern State Technical Fisheries University*. 2025;74(4): 47–55. (in Russ.).

Введение

Важность биологической оценки рыбного сырья определяется не только химическим составом, но и его биодоступностью для живых организмов. Биологическая ценность кормовых и пищевых продуктов отражает не только количество белков, липидов и углеводов, но и их пропорции и взаимное влияние на усвоение в организме. Биологическая ценность трансформируется за счет наличия микро- и макроэлементов, витаминов, пищевых волокон, биологически активных веществ и др., которые влияют на метаболизм и иммунитет. Понимание и оценка этих показателей жизненно необходимо для создания эффективных рационов, способствующих здоровью человека [1–3].

Инфузория *Tetrahymena pyriformis* представляет собой универсальную модель в биотестировании, поскольку её метаболические процессы во многом аналогичны тем, что наблюдаются у высших организмов. Этот микроорганизм требует аналогичный набор аминокислот, жирных кислот, углеводов и витаминов, как и млекопитающие, что позволяет использовать её в качестве тест-системы для оценки биологической ценности пищевых продуктов. Благодаря своей простоте и скорости размножения *Tetrahymena pyriformis* обеспечивает надежные и воспроизводимые данные, а глубокое понимание её биохимических функций позволяет установить количественные показатели пищевой эффективности и биологической активности исследуемого объекта, благодаря чему можно получить надежные данные, важные для пищевой промышленности и науки [2, 4–6].

Оценка биологической ценности с использованием инфузории проводится через измерение относительной численности клеток на исследуемом материале в сравнении с контролем, что дает показатель относительной биологической ценности (ОБЦ) в процентах. При планировании биоиспытаний перед исследователем зачастую возникает вопрос о выборе контрольного образца. Так, согласно методическим указаниям под руководством Ю. П. Шульгина, при определении ОБЦ для сравнения в качестве эталона рекомендуется использовать контрольный продукт (стандартный – казеин, альбумин и т.д.), аналог или исследуемый объект в исходном состоянии (сырье, полуфабрикат и т.д.) [2].

Комплексный анализ нескольких значений показателя ОБЦ, основанный на применении различных вариантов контрольных образцов, позволяет более полно выявить влияние технологических процессов на качество рыбного сырья, что и предопределило цель настоящей работы.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили экспериментальные модели (ЭМ) снековой продукции, изготовленные в соответствии со схемой (рис. 1) проведения экспериментальной работы. В основу подготовки ЭМ положены результаты предыдущих исследований [7].

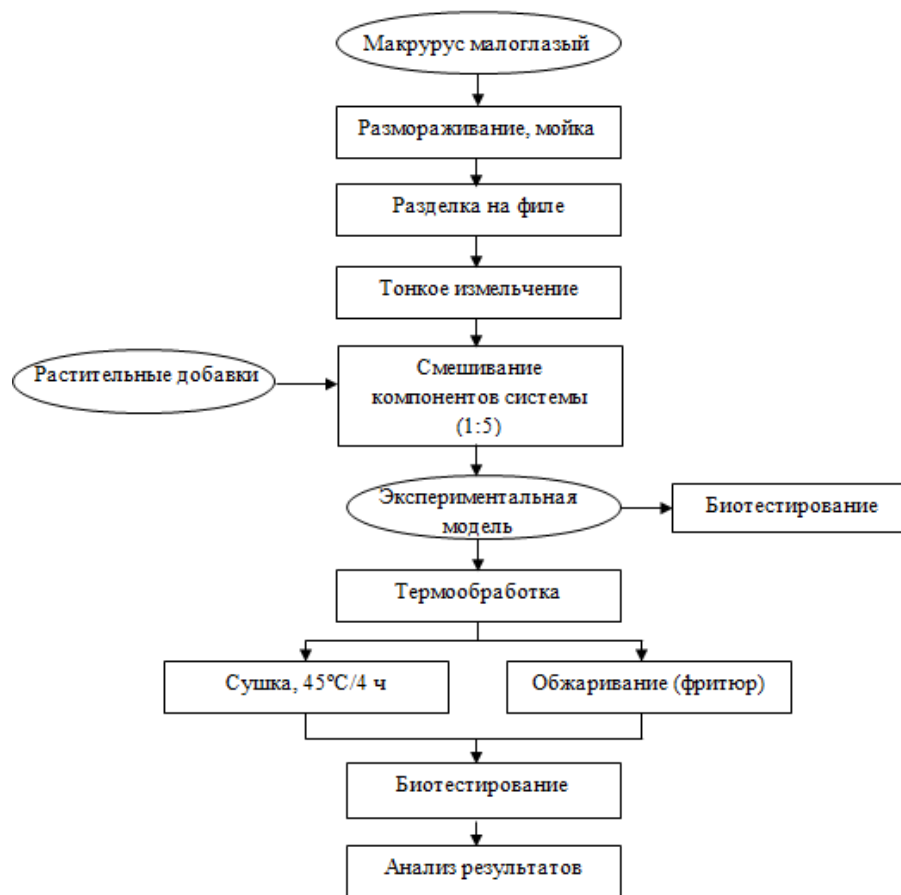


Рис. 1. Схема проведения экспериментальной работы по биотестированию снековой продукции. Составлено авторами

Fig. 1. Scheme for conducting experimental work on biotesting snack products/ Compiled by the authors

В соответствии с поставленной целью и условиями настоящей работы для биотестирования определены контрольные образцы (КО), характеристика которых и критерии оценивания приведены в табл. 1. С целью удобства сопоставления данных, полученных экспериментальным путем, и приведенных критериев оценки между собой принято цветовое оформление: голубой – макрурус малоглазый; розовый – пшеничная мука; оранжевый – казеин; зеленый – полуфабрикаты ЭМ до термообработки.

Таблица 1

Характеристика контрольных образцов

Table 1

Characteristics of control samples

№ п/п	Фактор / КО	Критерии оценки
1	Сырье / макрурус малоглазый	Физиологическое воздействие компонентов при создании обогащенной продукции
2	Растительная добавка / пшеничная мука	Обоснование выбора компонентов рецептуры на уровне технологических этапов
3	Белок / казеин	Оценка белкового компонента (стандарт)
4	Технологический этап (термообработка) / полуфабрикаты ЭМ (до термообработки)	Обоснование выбора способа термообработки

Процесс биотестирования и последующее определение значений показателей биологической ценности визуализирован на схеме, разработанной в соответствии с общепринятой методикой проведения анализа [2], представленной на рис. 2.



Рис. 2. Схема процесса биотестирования. Составлено авторами
Fig. 2. Scheme of the biotesting process. Compiled by the authors

В соответствии с методическими рекомендациями [2] подсчет клеток инфузорий необходимо осуществлять на 4–6-е сут, поскольку считается, именно в этот период (конец логарифмической фазы) число клеток достигает максимума и наступает стационарная фаза развития. Но, как показывает практика, интенсивность развития тетрахимены зависит от состава и качества экспериментируемых сред, которые в свою очередь влияют на время регенерации клеток и кривую их роста, где сменяемость фаз варьируется от 2 до 7–8 сут. В связи с этим каждые 24 ч осуществляли подсчет клеток, до наступления фазы гибели инфузорий, когда большее их число теряет жизнеспособность и погибает. В соответствии с этим результаты биотестирования представлены в динамике роста культуры тетрахимены по дням опыта.

Для характеристики усваиваемости ЭМ, наряду с КО применяли показатель – коэффициент биологической активности (КБА), который определяется отношением числа инфузорий при переходе в стационарную фазу роста к продолжительности (ч) инкубации до перехода роста инфузории в стационарную фазу.

Результаты и их обсуждение

Результаты биотестирования в динамике роста культуры *Tetrahymena pyriformis* по дням опыта на средах с ЭМ и КО представлены на рис. 3–5.

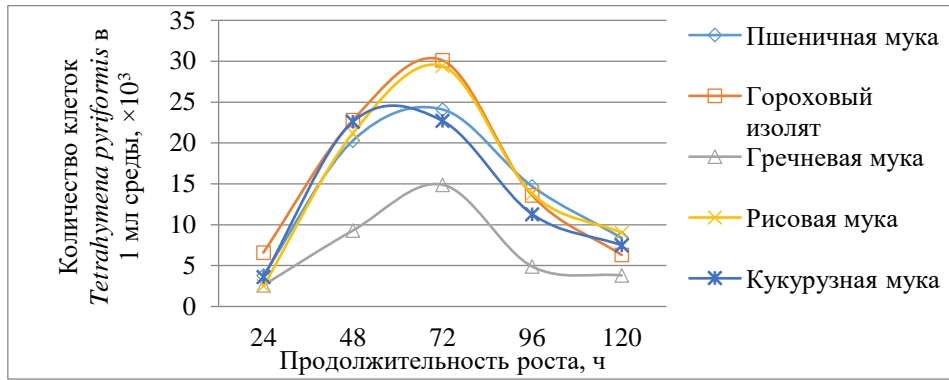


Рис. 3. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих полуфабрикаты ЭМ. Составлено авторами

Fig. 3. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing EM semi-finished products. Compiled by the authors

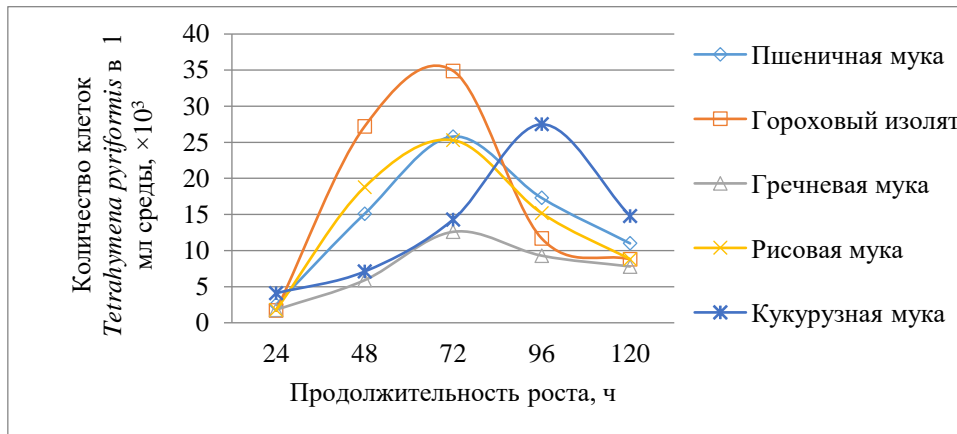


Рис. 4. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих сушеные ЭМ. Составлено авторами

Fig. 4. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing dried EM. Compiled by the authors

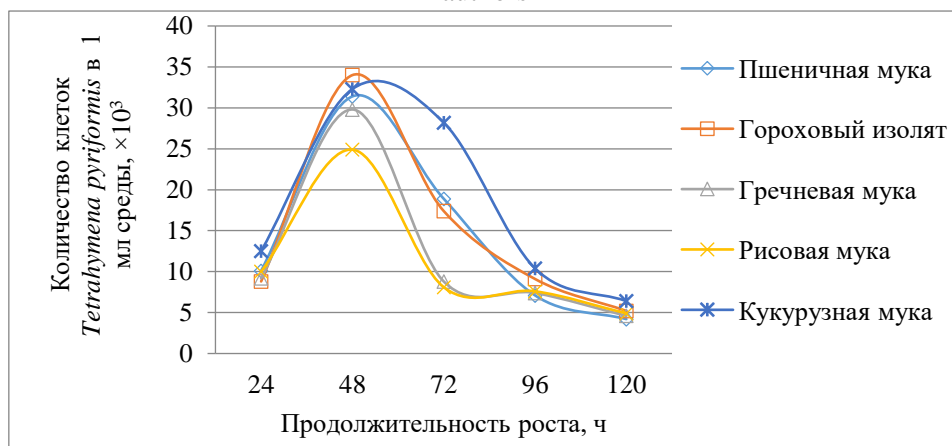


Рис. 5. Динамика роста инфузорий *Tetrahymena pyriformis* на средах, содержащих жареные ЭМ. Составлено авторами

Fig. 5. Growth dynamics of *Tetrahymena pyriformis* ciliates on media containing roasted EM. Compiled by the authors

Полученные графические результаты кривых роста тест-культуры инфузории легли в основу расчетов по определению ОБЦ (рис. 6–9) и КБА (табл. 2).

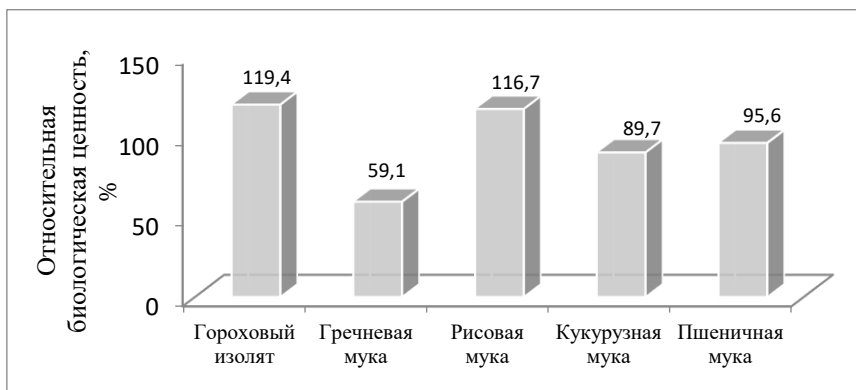


Рис. 6. Относительная биологическая ценность сырых снеков (контроль макрурус).

Составлено авторами

Fig. 6. Relative biological value of raw snacks (control: macrurus). Compiled by the authors

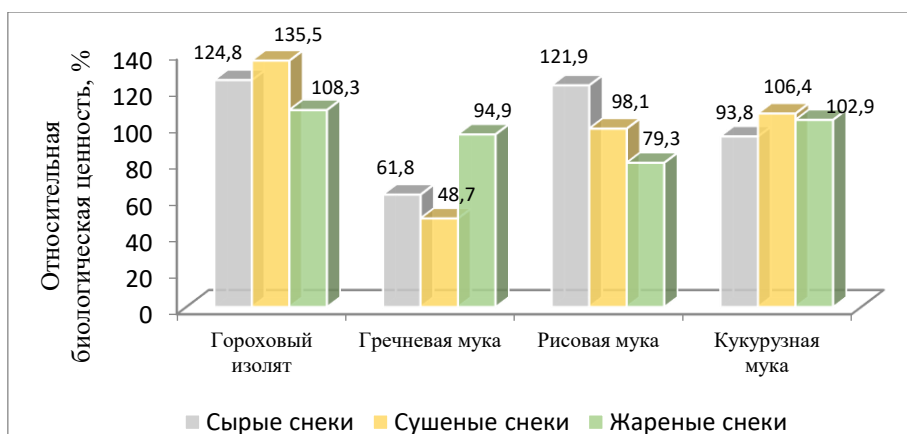


Рис. 7. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов

(контроль пшеничная мука). Составлено авторами

Fig. 7. Relative biological value of the studied samples (control: wheat flour). Compiled by the authors

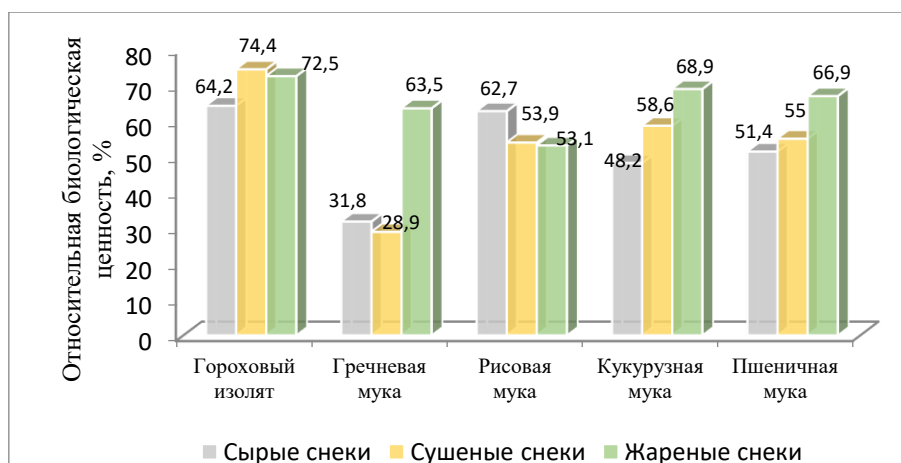


Рис. 8. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов (контроль казеин). Составлено

авторами

Fig. 8. Relative biological value of the studied samples (casein control). Compiled by the authors

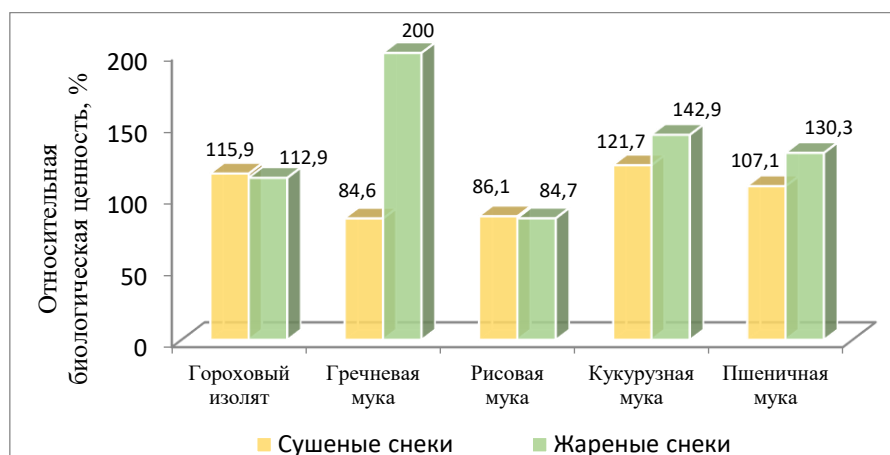


Рис. 9. Относительная биологическая ценность исследуемых образцов (контроль сырые образцы). Составлено авторами

Fig. 9. Relative biological value of the samples under study (control: raw samples). Compiled by the authors

Результаты сравнительного анализа диаграмм, приведенных на рис. 6–9, с учетом критериев оценки и используемого контрольного образца (табл. 1) сведены в табл. 2.

Таблица 2

ОБЦ (%) в зависимости от способа термообработки и вида растительной добавки

Table 2

RBV (%) depending on the heat treatment method and the type of plant additive

Растительная добавка	Наименование контрольного образца	Способ термообработки		
		сырые	сушеные	жареные
Гороховый изолят	1	119	-	-
	2	125	136	108
	3	64	74	73
	4	100	116	113
Гречневая мука	1	59	-	-
	2	62	49	95
	3	32	29	64
	4	100	85	200
Рисовая мука	1	117	-	-
	2	122	98	79
	3	63	54	53
	4	100	86	85
Кукурузная мука	1	90	-	-
	2	94	106	103
	3	48	59	69
	4	100	122	143
Пшеничная мука	1	96	-	-
	2	100	100	100
	3	51	55	67
	4	100	107	130

Ниже приводится анализ ОБЦ ЭМ, а именно ее различных значений в зависимости от критериев выбора КО.

Критерий оценки физиологического воздействия (КО – сырье до обогащения) показал, что исследуемые в настоящей работе растительные добавки гороховый изолят и рисовая мука приводят к обогащению мышечной ткани макруруса малоглазого на 19 и 17 % соответственно.

При обосновании выбора компонентов рецептуры установлено, что гороховый изолят и рисовая мука способствуют увеличению значений биологической ценности на 25 и 22 % соответственно, в сравнении с пшеничной мукой (КО).

Относительно стандартного белка (казеин) наивысшие значения показателей биологической ценности, в сравнении с другими образцами, определены также для ЭМ с добавлением горохового изолята и рисовой муки и составили 64 и 63 % соответственно.

Согласно литературным данным при обработке сырья различными способами происходит потеря биологической ценности, которая не должна превышать величины от 3 до 10 % к исходному значению [2]. Полученные нами экспериментальные данные в ходе настоящей работы не согласуются с приведенной информацией. Так, например, способ термообработки обжаривание во фритюре напротив способствует увеличению значений показателя биологической ценности ЭМ с добавлением гречневой, кукурузной и пшеничной муки, в сравнении с сырыми образцами. Воздействие высушивания образцов с гороховым изолятом, кукурузной и пшеничной мукой также привело к некоторому увеличению ОБЦ на 16, 22 и 7 % соответственно. По всей вероятности, на значения показателя ОБЦ повлияли не температура обработки, а продолжительность процесса.

Для характеристики усваиваемости ЭМ произвели расчеты КБА, значения которых сведены в табл. 3.

Таблица 3

КБА в зависимости от способа термообработки и вида растительной добавки

Table 3

КБА, depending on the method of heat treatment and the type of plant additive

Растительная добавка	Способ термообработки		
	сырые	сушеные	жареные
Гороховый изолят	1,3	1,6	2,3
Гречневая мука	0,7	0,6	1,9
Рисовая мука	1,3	1,2	1,7
Кукурузная мука	1,0	0,9	2,2
Пшеничная мука	1,1	1,1	2,1

Известно, что чем выше биологическая активность продукта, тем лучше он усваивается [2]. Высокие значения показателя КБА отмечены у образцов ЭМ, подвергнутых обжариванию, что в целом коррелирует с вышеприведенными данными по определению ОБЦ.

Оценивая влияние вида растительной добавки на КБА, установили, что наибольшие значения отмечены у сырых и высушенных образцов с добавлением горохового изолята и рисовой муки, а также жареных с добавлением горохового изолята и кукурузной муки.

Заключение

Экспериментально подтвердили эффективность биологической оценки с использованием индикаторного организма инфузории *Tetrahymena pyriformis*, для оценки физиологического воздействия компонентов при разработке пищевых продуктов из водных биоресурсов различной направленности, при обосновании и разработке их рецептур, на любом этапе технологического процесса при выборе рациональных способов обработки.

Комплексный анализ полученных экспериментальным путем нескольких значений показателя ОБЦ позволил установить влияние вносимых растительных добавок в состав рецептуры экспериментальных моделей, а также технологический этап обработки полуфабрикатов. Независимо от критериев выбора контрольного образца в рамках настоящего эксперимента установлено, что более высокие значения биологической ценности имели преимущественно экспериментальные модели с добавлением горохового изолята, которые составили относительно

сырья 119 %, пшеничной муки – 125 %, казеина – 64 %, полуфабриката до термообработки – 116 % (сушеные ЭМ) и 113 % (жареные ЭМ).

Таким образом, результаты биотестирования показали перспективу использования исследованных растительных добавок с целью обогащения снековой продукции на основе мышечной ткани макруруса малоглазого.

Список источников

1. Методические рекомендации «Гигиеническая оценка рационов питания обучающихся (воспитанников)» (утв. руководителем Управления Роспотребнадзора по городу Москве и директором НИИ гигиены детей и подростков НЦЗД РАМН 25.02.2008).

2. Шульгин Ю. П., Шульгина Л. В., Петров В. А. Ускоренная биотис оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов : монография. Владивосток : Изд-во ТГЭУ, 2006. 124 с.

3. Методы исследования свойств сырья и продуктов питания : учеб. пособие / Т. В. Подлегаева, А. Ю. Просеков. Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2004. 101 с.

4. Беленький М. Б. Использование экспресс-метода биологической оценки продуктов и кормов. М. : ВАСХНИЛ, 1990. 10 с.

5. Игнатъев А. Д., Исаев М. К., Долгов В. А. и др. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью реснитчатой инфузории тетрахимена пириформис // Вопросы питания. 1980. № 1. С. 70–71.

6. Долгов В. А. Методические аспекты и практическое применение ускоренной биологической оценки кормов, продуктов животноводства и других объектов ветеринарно-санитарного и экологического контроля : автореф. дис. ... д-ра вет. наук. М. : ВНИИВСГЭ, 1992. 41 с.

7. Панчишина, Е. М. Технологический эффект растительных добавок в фаршевых системах на основе мышечной ткани макруруса малоглазого / Е. М. Панчишина, Н. Л. Корниенко // Научные труды Дальрыбвтуза. 2025. Т. 72, № 2. С. 95–103. DOI 10.48612/dalrybvvtuz/2025-72-08.

Сведения об авторах

Е. М. Панчишина – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-5069-0316.

Н. Л. Корниенко – кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология продуктов питания», ORCID: 0000-0002-7161-622X.

Information about the authors

E. M. Panchishina – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-5069-0316.

N. L. Kornienko – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Technology, ORCID: 0000-0002-7161-622X.

Статья поступила в редакцию 17.11.2025; одобрена после рецензирования 24.11.2025; принята к публикации 25.11.2025.

The article was submitted 17.11.2025; approved after reviewing 24.11.2025; accepted for publication 25.11.2025.