

ТЕХНОЛОГИЯ ПЕРЕРАБОТКИ ГИДРОБИОНТОВ

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-3-132-140

УДК 664.951+573.6

БИОТЕСТИРОВАНИЕ РЫБНОЙ КУЛИНАРНОЙ ПРОДУКЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Ю. В. Карпенко, В. В. Кращенко

*Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет,
Владивосток, Российская Федерация*

Представлены результаты биотестирования пищевых белковых гелей и кулинарных продуктов на их основе. В качестве индикаторного организма использовали аксеническую культуру ресничных инфузорий *Tetrahymena pyriformis*, как известно, обладающих схожими метаболическими процессами с клетками высших организмов. Способность одноклеточных организмов использовать интактные белки в качестве питательного субстрата обуславливает их использование при оценке биологической ценности пищевых продуктов. В ходе исследований с помощью тест-организма *T. pyriformis* определили рациональную температуру термической обработки пищевого белкового геля, которая составила 85 °С. Такая температура обеспечивает высокие показатели численности популяции инфузорий в среде культивирования, количество клеток которых подсчитано и составило $2,3 \times 10^6$ кл./мл. Кроме того, готовый продукт обладает высоким показателем биологической доступности, составляющим 160 % по отношению к термически не обработанному (сырому) продукту. Биотестирование кулинарных продуктов, обогащенных белком различных рыб Тихоокеанского бассейна, позволило провести их сравнительную характеристику по показателю биологической ценности. Определено, что кулинарные продукты из макруруса малоглазого, обогатителем в которых служил минтай, обладают наиболее высоким значением относительной биологической ценности – 101,4 %, что подтверждено исследованиями по содержанию белка в продуктах. При этом студни из мышечной ткани макруруса малоглазого без белковых обогатителей обладают высокими показателями биодоступности и эффективности белка при сравнении с образцами продукции, которые содержат в составе белковые обогатители. Однако данное явление обуславливает быстрое истощение питательной среды уже спустя 48 ч и дальнейшую гибель популяции *T. pyriformis*. Таким образом, биотестирование с использованием простейших позволяет осуществить сравнительную оценку качества рыбной кулинарной продукции путем простого подсчета числа инфузорий по дням опыта в средах культивирования. Графический анализ полученных данных на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis* позволяет достаточно быстро и точно оценить жизнеспособность инфузорий, степень усвоения питательного субстрата, сделать выводы о биологической ценности продукта.

Ключевые слова: биотестирование, *Tetrahymena pyriformis*, белковый гель, макрурус малоглазый, биологическая ценность, термическая обработка, белковый обогатитель.

Для цитирования: Карпенко Ю. В., Кращенко В. В. Биотестирование рыбной кулинарной продукции с использованием *Tetrahymena pyriformis* // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 3. С. 132–140. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-3-132-140.

Введение

Ресничные инфузории *Tetrahymena pyriformis* – одноклеточные эукариотические организмы, характерной особенностью которых является интенсивный метаболический процесс, позволяющий им легко адаптироваться к условиям внешней среды. По ряду основных метаболических циклов инфузории сходны с клетками высших организмов, что обуславливает их использование

в разнообразных биологических и медицинских исследованиях [1, 2]. Кроме того, очевидны преимущества использования простейших относительно применения теплокровных животных для биологического тестирования пищевых продуктов. К ним относят отсутствие существенных материальных затрат на содержание тест-организмов и проведение эксперимента, отсутствие проблем этики, возможность проведения большой серии экспериментов, малый жизненный цикл и высокая скорость размножения инфузорий, простота, компактность и безвредность данного метода биологического тестирования, возможность мобильного использования метода как в лабораториях, так и на предприятиях [3, 4].

В пищевой промышленности инфузория *T. pyriformis* используется как индикаторный организм для оценки токсичности различных веществ, например пищевых добавок, токсичных элементов, антибиотиков и др., биологической активности БАВ, безвредности, степени усвоения пищевого продукта и его биологической ценности [4–7]. Быстрый рост популяции и генетическая однородность позволяют выявить групповые специфические изменения аллергенного, тератогенного и мутагенного характера, обеспечивая тем самым статистическую достоверность наблюдаемой тест-реакции [8].

Способность *T. pyriformis* использовать интактные белки в качестве питательного субстрата имеет прикладное значение в оценке биологической ценности пищевого продукта, причем коэффициент корреляции результатов экспериментов при сравнении инфузорий *T. pyriformis* и белых крыс составляет 0,93–0,98 и оценивается учеными как высокий [9]. Биологическую доступность белков пищевого продукта при этом характеризует скорость протекания процессов жизнедеятельности индикаторного организма в зависимости от количества и качества пищевого объекта, что может быть оценено по приросту числа инфузорий по дням опыта [8].

Целью наших исследований явилось обоснование применения экспресс-метода биологической оценки пищевого продукта с использованием ресничной инфузории *Tetrahymena pyriformis* для определения технологических параметров термической обработки продукта, а также оценка биологической ценности рыбного кулинарного продукта.

В соответствии с поставленной целью предполагалось решение следующих задач с использованием метода биотестирования:

- исследование относительной биологической ценности пищевых белковых гелей на основе мышечной ткани макруруса малоглазого при различных температурных режимах термической обработки;
- исследование биологической ценности рыбной кулинарной продукции с различными белковыми обогатителями.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования явились пищевые белковые гели из макруруса малоглазого (*Albatrossia pectoralis*) и кулинарные продукты на их основе. Для образования гелевой структуры использовали разработанный ранее бинарный структурообразователь, состоящий из желатина и уксуснокислого раствора хитозана. Массовая доля каждого компонента при этом составляла 2 %. Готовые кулинарные продукты представляли собой структурированные дисперсные системы из гомогенной мышечной ткани (студни), основным сырьем в которых являлся макрурус малоглазый (ГОСТ 17660-97).

Вспомогательными материалами служили желатин пищевой марки П-11 по ГОСТ 11293-89, хитозан пищевой высокомолекулярный (ТУ 9289-067-00472124-03), уксусная кислота (ГОСТ 55982-2014), соль пищевая (ГОСТ Р 51574-2018). Белковыми обогатителями служили горбуша, минтай, треска в соответствии с ГОСТ 1168-86.

Для подготовки образцов рыбной кулинарной продукции использовали полиамидную непроницаемую барьерную оболочку (ТУ 2290-010-27147091-2000).

Образцы белковых гелей и кулинарных продуктов на их основе подготавливали следующим образом: рыбу размораживали до температуры -5°C , разделявали на филе, измельчали на кусочки 20 мм, затем проводили тонкое измельчение до получения однородной гомогенной массы. В процессе тонкого измельчения вносили бинарный структурообразователь – подготовленный 2 %-й уксуснокислый раствор хитозана и сухой желатин. Затем образцы термически обрабатывали до заданной температуры в центре образца. Охлажденные образцы подвергали

биотестированию. В качестве индикаторного организма использовали аксеническую культуру инфузории *Tetrahymena pyriformis*. Контрольными образцами в исследованиях служили пищевой белковый гель без термической обработки (сырой) и стандартный белок казеин. Кривые роста популяции инфузорий строили на основании стационарной фазы.

Относительную биологическую ценность (ОБЦ) белковых гелей определяли как отношение числа клеток инфузорий, культивированных в средах с исследуемым продуктом, к количеству инфузорий, выросших в контрольной среде, выраженное в процентах.

Коэффициент биологической активности (КБА) рассчитывали как отношение числа клеток индикаторного организма при переходе в стационарную фазу роста к продолжительности инкубации до перехода в стационарную фазу [10].

Коэффициент эффективности белка (КЭБ) определяли отношением числа инфузорий в 1 мл среды культивирования, содержащей исследуемый продукт, к количеству белка (мг/мл) в пробе, выраженным в процентах [11].

Статистическую обработку результатов исследования осуществляли на основе подсчета средних значений величин и стандартной средней ошибки.

Результаты и их обсуждение

Для обоснования температурных режимов тепловой обработки пищевых продуктов в настоящее время учеными и практиками применяется, в том числе, и экспресс-метод биологической оценки с использованием простейших [10, 12].

Биологическую доступность пищевого продукта характеризует скорость протекания процессов жизнедеятельности индикаторного организма под воздействием количества и качества пищевого объекта, что может быть оценено по приросту числа инфузорий по дням опыта [10]. Чем выше биологическая доступность продукта, тем лучше он усваивается и отмечается более интенсивный рост инфузорий на средах.

На рис. 1 представлена динамика численности популяции *T. pyriformis* в среде культивирования, содержащей белковый гель из макруруса малоглазого и трески, полученный путем прогрева до заданной температуры в центре образца, скорость прогрева при этом была постоянной и составляла $2,0 \pm 0,2$ °C/мин.

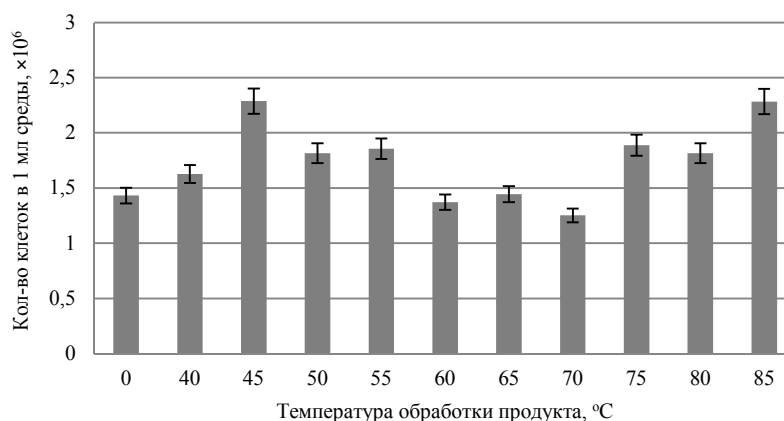


Рис. 1. Динамика численности популяции инфузорий *T. pyriformis* в среде культивирования, содержащей белковый гель, полученный при различных значениях температурной обработки

Несмотря на нелинейный характер кривой роста, полученные данные позволяют определить динамику численности популяции в зависимости от температуры обработки образцов белкового геля.

Наибольший рост клеток зафиксирован в среде, содержащей белковый гель из макруруса и трески, термическая обработка которого осуществлялась до температуры в центре продукта 45 °C. Известно, что при данной температуре начинают происходить денатурационные изменения белкового сырья, которые, в зависимости от степени, могут оказывать положительное влияние на перевариваемость продукта [13].

В диапазоне температур от 45 до 70 °С создаются благоприятные условия для развития эндогенной термофильной микрофлоры, которая, в свою очередь, подавляет жизнедеятельность популяции инфузории. Этим объясняется ниспадающий вид кривой роста.

Однако с увеличением температуры от 70 до 85 °С интенсивность роста микрофлоры снижается, происходит ее дальнейшее подавление, в результате чего создаются условия, необходимые для питания индикаторного организма. Кроме того, в данном температурном диапазоне происходит деструкция молекул желатина, дальнейшее его растворение, позволяющее молекулам данного белка приобрести биологически доступную для питания инфузорий конформацию, что способствует их интенсивному росту.

Также следует отметить, что именно при температуре 85 °С готовый продукт приобретает достаточно высокий уровень показателя биологической доступности, который составляет около 160 % по отношению к продукту без термической обработки (табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная характеристика биологической ценности белковых гелей
в зависимости от температуры обработки**

Температура обработки продукта, °С	Показатели биологической ценности		
	ОБЦ, %	КБА	КЭБ, %
0 (без термообработки)	100,00	0,75	45,57
40	113,68	0,85	51,80
45	159,77	1,19	72,80
50	126,81	0,95	57,78
55	129,60	0,96	59,06
60	95,81	0,71	43,65
65	100,84	0,75	45,95
70	87,43	0,65	39,84
75	131,84	0,98	60,08
80	126,81	0,95	57,78
85	159,50	1,19	72,68

При расчете КЭБ учитывали содержание белка в пищевом белковом геле из макруруса малоглазого и трески, составляющее $12,57 \pm 0,2$ % г/100 г продукта.

Согласно проведенным ранее исследованиям [14] произведено проектирование состава кулинарного продукта по типу студня, основным сырьем в котором является низкобелковый макрурус малоглазый. Для обогащения данного вида продукции белком предложено использовать такие объекты водных биологических ресурсов Тихоокеанского бассейна, как горбуша, минтай и треска. Их внесение позволит не только обогатить продукт белком, но и повысить содержание протеиногенных аминокислот.

На рис. 2 представлены результаты биотестирования образцов кулинарного продукта из макруруса малоглазого (студня) без использования белковых обогатителей.

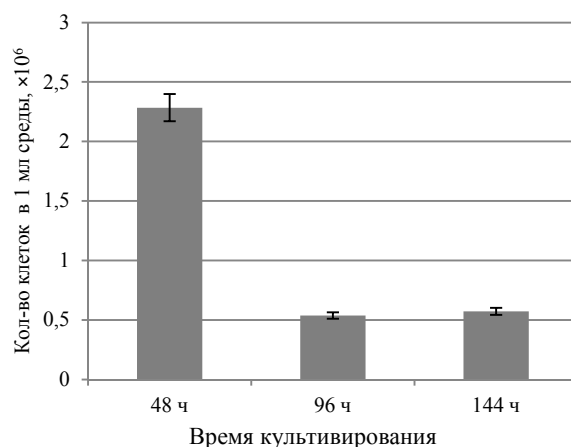


Рис. 2. Динамика численности популяции *T. pyriformis* при культивировании на средах со студнем без белковых обогатителей

Результаты биотестирования образцов кулинарной продукции из макруруса малоглазого с использованием белковых обогатителей выражены графически на рис. 3.

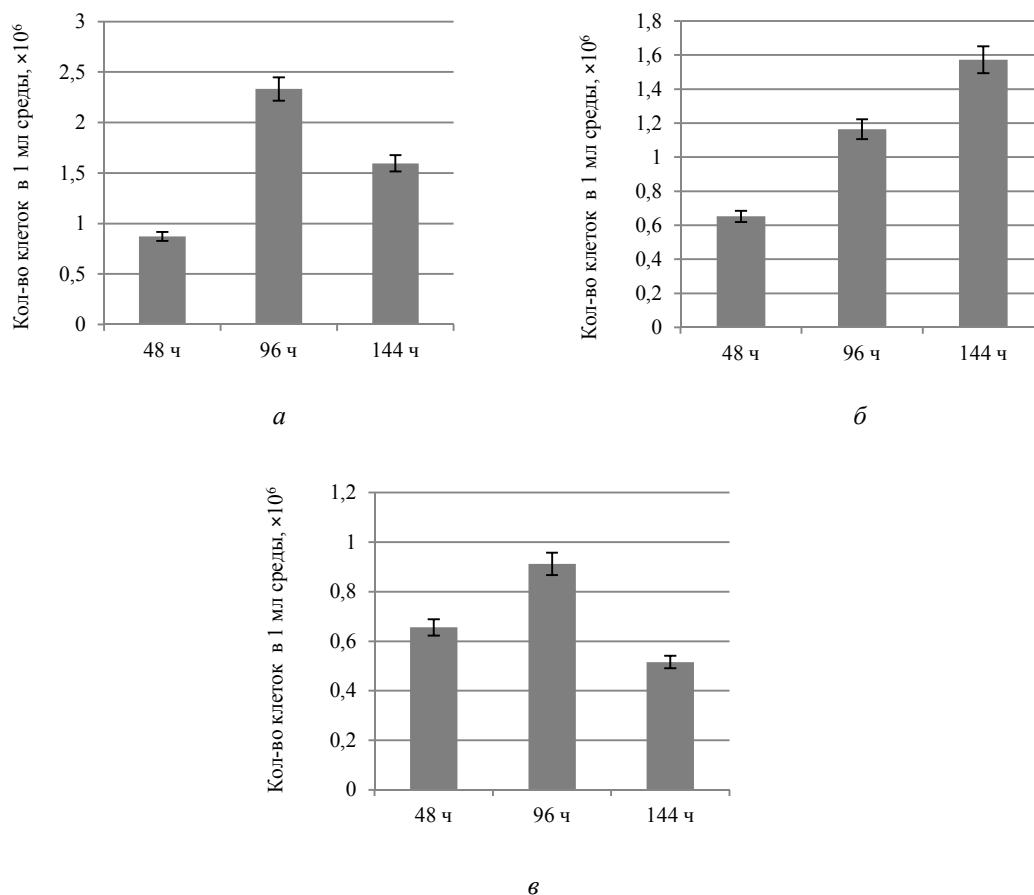


Рис. 3. Динамика численности популяции *T. pyriformis* при культивировании на средах со студнем, содержащим белковые обогатители: минтай (а); горбуша (б); треска (в)

Как следует из полученных данных, на протяжении 4-х суток (96 ч) в средах, содержащих исследуемые образцы кулинарного продукта, наблюдается интенсивный рост числа клеток инфузорий. Дальнейшее снижение числа клеток в средах с образцами, содержащими минтай и треску, объясняется тем, что продукт обладает высокой усвояемостью, вследствие чего питательная среда истощается и становится неблагоприятной для дальнейшего культивирования индикаторного организма, тогда как в культивируемой среде, содержащей образец с горбушей в качестве обогатителя, рост клеток продолжился и на 6-е сутки, что свидетельствует о низкой скорости его переваривания для тест-организма.

Следует отметить, что образец кулинарного продукта с минтаем показал более высокие значения роста числа клеток по сравнению со средой на основе студня из макруруса (см. рис. 2).

Сравнительный анализ исследуемых образцов кулинарных продуктов показал, что студни из мышечной ткани макруруса малоглазого обладают более высокими показателями биодоступности и эффективности белка при сравнении с образцами, содержащими белковые обогатители. Однако данное явление обуславливает быстрое истощение питательной среды уже спустя 48 ч и, как следствие, гибель популяции *T. pyriformis*.

Результаты определения показателей биологической ценности исследуемых рыбных кулинарных продуктов представлены в табл. 2.

**Сравнительная характеристика биологической ценности рыбных студней
в зависимости от применяемого белкового обогатителя**

Показатель биологической ценности	Рыбный студень			
	из макруруса без обогатителей	из макруруса с треской	из макруруса с минтаем	из макруруса с горбушей
ОБЦ, %	99,30	39,65	101,40	68,35
КБА	2,380	0,475	1,210	0,550
КЭБ, %	25,09	7,25	14,46	11,27
Содержание белка в продукте, г/100 г	9,10	12,57	16,13	13,94

Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что белковый гель из макруруса малоглазого с минтаем, имеющий наибольшее значение ОБЦ, предпочтителен в качестве питательного субстрата для индикаторного организма, причем данный образец белкового геля имеет и наибольшее содержание белка из представленных.

Заключение

Обосновано применение экспресс-метода биологической оценки пищевого белкового геля и рыбного кулинарного продукта на его основе с использованием ресничной инфузории *Tetrahymena pyriformis* для определения технологических параметров обработки, а также проведена оценка биологической ценности рыбного кулинарного продукта.

Исследованы показатели биологической ценности пищевых белковых гелей на основе мышечной ткани макруруса малоглазого при различных температурных режимах термической обработки. В ходе исследования выявлено, что наилучшим питательным субстратом для индикаторного организма *T. pyriformis* является пищевой белковый гель, температура обработки которого составила 45 и 85 °С. Однако температуры термообработки, составляющей 45 °С, недостаточно для обеспечения микробиологической безопасности продукта, а также набухания и растворения вносимого в состав студня желатина. Кроме того, при температуре 85 °С готовый продукт приобретает достаточно высокий уровень показателя биологической доступности, который составляет 160 % по отношению к продукту без термической обработки.

Результаты определения показателей биологической ценности белковых гелей из макруруса малоглазого с использованием белковых обогатителей методом биологического тестирования позволили сделать вывод о том, что внесение минтая способствует большему обогащению продукта белком, повышению качества продукта и его биологической ценности в сравнении с белковыми гелями, где в качестве белковых обогатителей используются треска и горбуша.

Таким образом, биотестирование с использованием простейших позволяет осуществить сравнительную оценку качества рыбной кулинарной продукции путем простого подсчета числа инфузорий по дням опыта в средах культивирования. Графический анализ полученных данных на протяжении жизненного цикла популяции *T. pyriformis* позволяет достаточно быстро и точно оценить жизнеспособность инфузорий, степень усвоения питательного субстрата и, таким образом, сделать выводы о биологической ценности продукта.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Приходько Е. А., Брайловская И. В., Коротков С. М., Мохова Е. Н. Особенности энергетики митохондрий в живом одноклеточном эукариоте *Tetrahymena pyriformis*, модели для изучения внутриклеточной адаптации у млекопитающих // Биохимия. 2009. Т. 74. Вып. 4. С. 459–465.
2. Ruehle M. D., Orias E., Pearson Ch. G. Tetrahymena as a Unicellular Model Eukaryote: Genetic and Genomic Tools // Genetics. 2016. V. 203 (2). P. 649–665.
3. Долгов В. А., Лавина С. А., Никитченко Д. В. Оценка и взаимосвязь параметров токсичности различных веществ для инфузорий тетрагимена пириформис и белых крыс // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Агронимия и животноводство. 2014. № 2. С. 58–65.
4. Черемных Е. Г., Кулешин А. В., Кулешина О. Н. Биотестирование пищевых добавок на инфузориях // Вестн. Рос. ун-та дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 3. С. 5–12.
5. Шульгин Р. Ю., Приходько Ю. В., Шульгин Ю. П. Технология и пищевая ценность консервированных продуктов на основе мяса кенгуру // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 4. С. 81–86.
6. Дементьева Н. В., Богданов В. Д., Сахарова О. В. Оценка пищевой и биологической ценности скумбрии и терпуга // Науч. тр. Дальрыбвтуза. 2018. № 2. Т. 45. С. 68–75.

7. Юдина Т. П., Сахарова Т. Г., Сахарова О. В., Юферова А. А., Черевач Е. И., Фролова Г. М. Пищевая безопасность сапонинов корней *Saponaria officinalis* L. // Изв. вузов. Пищевая технология. 2010. № 5–6. С. 22–25.
8. Шемарова И. В. Сенсорные системы инфузорий *Tetrahymena pyriformis* в биотестировании экотоксикантов и биологически активных веществ: дис. ... д-ра биол. наук. Самара, 2012. 251 с.
9. Богдан А. С., Бондарук А. М., Цыганков В. Г. Методические подходы к оценке на *Tetrahymena pyriformis* биологической ценности и безвредности пищевой продукции // Здоровье и окружающая среда. 2013. № 22. С. 247–252.
10. Шульгин Ю. П., Шульгина Л. В., Петров В. А. Ускоренная биотис оценка качества и безопасности сырья и продуктов из водных биоресурсов. Владивосток: Изд-во ТГЭУ, 2006. 124 с.
11. Богдан А. С., Бондарук А. М., Журихина Л. Н. Биологическая ценность продовольственного зерна пшеницы, ржи и ячменя по результатам оценки *Tetrahymena pyriformis* // Здоровье и окружающая среда. 2010. № 16. С. 3–9.
12. Лаженцева Л. Ю., Шульгина Л. В., Загородная Г. И., Зимина О. В. Биотестирование рыбных продуктов с пищевыми добавками // Изв. вузов. Пищевая технология. 2009. № 1. С. 108–110.
13. Нечаев А. П. Пищевая химия. СПб.: Гиорд, 2007. 640 с.
14. Карпенко Ю. В. Моделирование состава рыбных студней по биологической ценности // Инновационные и современные технологии пищевых производств: материалы Междунар. науч.-техн. конф. Владивосток: Изд-во Дальрыбвтуз, 2013. С. 75–79.

Статья поступила в редакцию 04.06.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Карпенко Юлия Валериевна – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; ассистент кафедры пищевой биотехнологии; bozhuk@mail.ru.

Кращенко Виктория Владимировна – Россия, 690087, Владивосток; Дальневосточный государственный технический рыбохозяйственный университет; канд. техн. наук, доцент; зав. кафедрой пищевой биотехнологии; victoriy_vl@mail.ru.



BIOTESTING READY-TO-EAT FISH PRODUCTS WITH *TETRAHYMENA PYRIFORMIS*

Yu. V. Karpenko, V. V. Krashchenko

*Far Eastern State Technical Fisheries University,
Vladivostok, Russian Federation*

Abstract. The article presents the results of biotesting food protein gels and ready-to-eat gel-based fish products. Axenic culture of ciliates *Tetrahymena pyriformis* was used as an indicator organism, which are known to have similar metabolic processes with cells of higher organisms. The ability of unicells to use intact proteins as a nutrient substrate determines their use in assessing the biological value of food. In the course of research, using a test-organism *T. pyriformis*, the rational temperature of heat treatment of food protein gel was equal to 85°C. Such temperature provides high rates of the ciliates population in the cultivating environment, the number of cells in which was counted and amounted to 2.3×10^6 cells/ml. In addition, the finished product has a high bioavailability ratio of 160% relative to the non-thermoprocessed product (i.e., raw). Biotesting ready-to-eat fish products enriched with protein from different fish in the Pacific basin made it possible to carry out a comparative characteristic of their biological value. It was determined that ready-to-eat fish products from giant grenadier, in which pollock served as enricher, have the highest index of the relative biological value - 101.4%, which is confirmed by studying the protein content of the products. At the same time, gels from the muscular tissue of giant grenadier without protein enrichers possess high indices of bioavailability and effectiveness of the protein when compared with product samples that contain protein enricher. However, this phenomenon causes the rapid depletion of the nutrient medium after 48 hours and further death of the *T. pyriformis* population. Thus, biotesting using the simplest allows for a comparative assessment of ready-to-eat fish

product quality by simply counting the number of ciliates by experience in culture media. A graphical analysis of the data obtained throughout the life cycle of a *T. pyriformis* population allows to quickly and accurately assess the viability of ciliates, the degree of assimilation of the nutrient substrate, and draw conclusions about the biological value of the product.

Key words: biotesting, *Tetrahymena pyriformis*, protein gel, giant grenadier, biological value, heat treatment, protein enricher.

For citation: Karpenko Yu. V., Krashchenko V. V. Biotesting ready-to-eat fish products with *Tetrahymena pyriformis*. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;3:132-140. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-3-132-140.

REFERENCES

1. Prihod'ko E. A., Brajlovskaya I. V., Korotkov S. M., Mohova E. N. Osobennosti energetiki mitohondrij v zhivom odnokletochnom eukariote *Tetrahymena pyriformis*, modeli dlya izucheniya vnutrikletochnoj adaptacii u mlekopitayushchih [Features of mitochondrial energy in live unicellular eukaryote *Tetrahymena pyriformis*, models for studying intracellular adaptation in mammals]. *Biohimiya*, 2009, vol. 74, iss. 4, pp. 459-465.
2. Ruehle M. D., Orias E., Pearson Ch. G. *Tetrahymena* as a Unicellular Model Eukaryote: Genetic and Genomic Tools. *Genetics*, 2016, vol. 203 (2), pp. 649-665.
3. Dolgov V. A., Lavina S. A., Nikitchenko D. V. Ocenka i vzaimosvyaz' parametrov toksichnosti razlichnyh veshchestv dlya infuzorij tetrahimena piriformis i belyh kryss [Assessment and interrelation of toxicity parameters of various substances for ciliates *Tetrahimena pyriformis* and white rats]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Agronomiya i zhivotnovodstvo*, 2014, no. 2, pp. 58-65.
4. Cheremnyh E. G., Kuleshin A. V., Kuleshina O. N. Biotestirovanie pishchevyh dobavok na infuzorijah [Biotesting nutritional additives in infusoria]. *Vestnik Rossijskogo universiteta družby narodov. Seriya: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti*, 2011, no. 3, pp. 5-12.
5. Shul'gin R. Yu., Prihod'ko Yu. V., Shul'gin Yu. P. Tekhnologiya i pishchevaya cennost' konservirovannyh produktov na osnove myasa kenguru [Technology and nutritional value of canned products based on kangaroo meat]. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*, 2014, no. 4, pp. 81-86.
6. Dement'eva N. V., Bogdanov V. D., Saharova O. V. Ocenka pishchevoj i biologicheskoy cennosti skumbrii i terpuga [Evaluation of nutritional and biological value of mackerel and greenling]. *Nauchnye trudy Dal'rybvtuza*, 2018, no. 2, vol. 45, pp. 68-75.
7. Yudina T. P., Saharova T. G., Saharova O. V., Yuferova A. A., Cherevach E. I., Frolova G. M. Pishchevaya bezopasnost' saponinov kornej *Saponaria officinalis* l. [Food safety of saponins of roots of *Saponaria officinalis* l.]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 2010, no. 5-6, pp. 22-25.
8. Shemarova I. V. *Sensornye sistemy infuzorij Tetrahymena pyriformis v biotestirovanii ekotoksikantov i biologicheskii aktivnykh veshchestv. Dissertaciya ...d-ra biol. nauk* [Tetrahymena pyriformis ciliate sensory systems in biotesting of ecotoxicants and biologically active substances. Diss. ... Doct. Biol. Sci.]. Samara, 2012. 251 p.
9. Bogdan A. S., Bondaruk A. M., Cygankov V. G. Metodicheskie podhody k ocenke na *Tetrahymena pyriformis* biologicheskoy cennosti i bezvrednosti pishchevoj produkcii [Methodical approaches to evaluating biological value and safety of food products using *Tetrahymena pyriformis*]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2013, no. 22, pp. 247-252.
10. Shul'gin Yu. P., Shul'gina L. V., Petrov V. A. *Uskorennaya biotis ocenka kachestva i bezopasnosti syr'ya i produktov iz vodnykh bioresursov* [Rapid biotis assessment of quality and safety of raw materials and products from aquatic bioresources]. Vladivostok, Izd-vo TGEU, 2006. 124 p.
11. Bogdan A. S., Bondaruk A. M., Zhurihina L. N. Biologicheskaya cennost' prodovol'stvennogo zerna pshenicy, rzhi i yachmenya po rezul'tatam ocenki *Tetrahymena pyriformis* [Biological value of wheat, rye and barley grains according to results of evaluation of *Tetrahymena pyriformis*]. *Zdorov'e i okruzhayushchaya sreda*, 2010, no. 16, pp. 3-9.
12. Lazhenceva L. Yu., Shul'gina L. V., Zagorodnaya G. I., Zimina O. V. Biotestirovanie rybnih produktov s pishchevymi dobavkami [Biotesting fish products with food additives]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 2009, no. 1, pp. 108-110.
13. Nechaev A. P. *Pishchevaya himiya* [Food chemistry]. Saint-Petersburg, Giord Publ., 2007. 640 p.
14. Karpenko Yu. V. *Modelirovanie sostava rybnih studnej po biologicheskoy cennosti* [Modeling composition of fish jelly by biological value]. Innovacionnye i sovremennye tekhnologii pishchevyh proizvodstv: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii. Vladivostok, Izd-vo Dal'rybvtuz, 2013. Pp. 75-79.

The article submitted to the editors 04.06.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Karpenko Yuliya Valerievna – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Assistant of the Department of Food Biotechnology; bozhuk@mail.ru.

Krashchenko Victoriia Vladimirovna – Russia, 690087, Vladivostok; Far Eastern State Technical Fisheries University; Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor; Head of the Department of Food Biotechnology; victoriy_vl@mail.ru.

