



## МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MACTRA CHINENSIS*

Антон Вадимович Табакаев<sup>1, 2</sup>, Оксана Вацлавовна Табакаева<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия

<sup>2</sup> Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Научно-исследовательский институт эпидемиологии и микробиологии имени Г.П. Сомова" Федеральной службы по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, г. Владивосток, Россия

<sup>1, 2</sup> yankovskaya68@mail.ru

**Аннотация.** В настоящей работе приведены результаты исследований по обоснованию возможности использования фракции электроактивированной воды (анолита) в качестве гидролизующего агента для модификации белкового профиля мягких тканей двустворчатого моллюска Дальневосточного региона *Mactra chinensis*. Основными исследованными параметрами влияния определены pH среды, продолжительность процесса гидролиза и температура. Исследовано изменение содержания сухих веществ, общего и аминного азота в гидролизате и степень гидролиза в зависимости от условий процесса. Наиболее интенсивно процесс гидролиза идет в течение 7 часов, содержание сухих веществ в гидролизате увеличивается на 146 % (с 2 часов до 7 часов), за последующие 2 часа – всего на 4 %. Содержание общего и аминного азота также максимально увеличивается при продолжительности гидролиза 7 часов – 134 % и 206 % соответственно. Степень гидролиза возрастает с 36 % при 2 часах гидролиза до 75 % при 9 часах. Максимальный прирост накопления сухих веществ, общего и аминного азота в гидролизатах наблюдается при pH 3 и составляет 14–27 % для сухих веществ, 8–10 % для общего азота и 11–12 % для аминного азота. Возрастание степени гидролиза гораздо более существенное и составляет 18–77 %. Экспериментальным путем определено, что рациональными параметрами гидролиза, обеспечивающими достижение оптимального содержания аминного азота и максимальной степени гидролиза, являются pH 3, время 7 часов, температура процесса 70 °С. Результаты регрессионного анализа установленных зависимостей, в частности коэффициенты аппроксимации  $R^2$ , показали, что полученные квадратные уравнения достаточно адекватно описывают закономерности процесса модификации белкового профиля мягких тканей двустворчатого моллюска Дальневосточного региона *Mactra chinensis* в зависимости от pH, продолжительности и температуры процесса.

**Ключевые слова:** модификация, белковый профиль, гидролиз, анолит, гидролизат.

**Для цитирования:** Табакаев А. В., Табакаева О. В. Модификация белкового профиля двустворчатого моллюска *Mactra Chinensis* // Ползуновский вестник. 2023. № 1. С. 106–113. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.013. EDN: <https://elibrary.ru/RCHYKS>.

Original article

## MODIFICATION OF THE PROTEIN PROFILE OF THE BIVALVE MOLLUSK *MACTRA CHINENSIS*

Anton V. Tabakaev<sup>1,2</sup>, Oksana V. Tabakaeva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education "Far Eastern Federal University", Vladivostok, Russia

<sup>2</sup> Federal State Budgetary Scientific Institution "G.P. Somov Research Institute of Epidemiology and Microbiology" of the Federal Service for Supervision of Consumer Rights Protection and Human Well-Being, Vladivostok, Russia

<sup>1,2</sup> yankovskaya68@mail.ru

**Abstract.** This paper presents the results of studies to substantiate the possibility of using a fraction of electroactivated water (anolyte) as a hydrolyzing agent for modifying the protein profile of soft tissues of the bivalve mollusk of the Far Eastern region *Macrarchinensis*. The pH of the medium, the duration of the hydrolysis process and the temperature were determined by the main studied parameters of the influence. The changes in the content of dry substances, total and amine nitrogen in the hydrolysate and the degree of hydrolysis depending on the process conditions were investigated. The hydrolysis process is most intensive for 7 hours, the dry matter content in the hydrolyzate increases by 146 % (from 2 hours to 7 hours), over the next 2 hours – by only 4 %. The content of total and amine nitrogen also maximizes with the duration of hydrolysis of 7 hours -134 % and 206 %, respectively. The degree of hydrolysis increases from 36 % at 2 hours of hydrolysis to 75 % at 9 hours. The maximum increase in the accumulation of solids, total and amine nitrogen in hydrolysates is observed at pH 3 and amounts to 14-27 % for solids, 8-10 % for total nitrogen and 11-12 % for amine nitrogen. The increase in the degree of hydrolysis is much more significant and amounts to 18-77 %. Experimentally determined that the rational parameters of hydrolysis, ensuring the achievement of the optimal content of amine nitrogen and the maximum degree of hydrolysis are pH 3, time 7 hours, process temperature 70 °C. The results of regression analysis of the established dependencies, in particular the coefficients of approximation R<sup>2</sup>, showed that the obtained quadratic equations adequately describe the regularities of the process of modification of the protein profile of soft tissues of the bivalve mollusk of the Far Eastern region *Macrarchinensis* depending on the pH, duration and temperature of the process.

**Keywords:** modification, protein profile, hydrolysis, anolyte, hydrolysate.

**For citation:** Tabakaev, A.V. & Tabakaeva, O.V. (2023). Modification of the protein profile of the bivalve mollusk *Mactra Chinensis*. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 106-113. (In Russ.). doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2023.01.013. EDN: <https://elibrary.ru/RCHYKS>.

### ВВЕДЕНИЕ

Ограниченность ресурсов, в том числе и биологических, ставит задачи по разработке комплексного и рационального их использования, а также переработке некондиционного сырья. Все это в полной мере касается и сырья морского происхождения, особенно нерыбных объектов промысла – головоногих, двустворчатых, брюхоногих моллюсков, иглокожих, членистоногих, водорослей. Технологии по ресурсоэффективному использованию биогенного и биотехнологического потенциала нерыбных объектов промысла, в частности двустворчатых моллюсков, позволяют получать новые белковые и аминокислотные системы с целью использования как в пищевой индустрии, так и индустрии БАД.

*M. chinensis* – двустворчатый моллюск, представитель семейства мактридов. В Приморье обитают два вида этих моллюсков: китайская и субтропическая венереформис, наиболее крупные особи достигают восьми сантиметров в длину. Большую часть времени эти моллюски проводят закопавшись в поверхность грунта. Мягкие пищевые ткани *M. chinensis* имеют сладковатый вкус из-за высокого содержания гликогена и являются популярным блюдом в странах Юго-Восточной Азии. Наибольшая длина раковины около 80 мм, масса – 71 г., промысловый размер составляет 45 мм. Мягкие ткани составляют 27–35 % от общей массы тела, а створки – 31–37 % [1–4].

При переработке двустворчатых моллюс-

ков образуются сухие отходы – раковины, и влажные отходы от разделки мышечной ткани. Обработке может подвергаться мышечная ткань некондиционных моллюсков, а также отходы, полученные при переработке – срезанные остатки мускулов-замыкателей, мантия или ее части, другие части мышечной ткани с механическими повреждениями при технологии [5]. Массовая доля отходов тканей для *M. chinensis* составляет около 11 % от массы ткани моллюска [6]. Квоты на вылов данного моллюска постепенно увеличиваются из года в год. Так, в 2020 г. мягких пищевых тканей *M. chinensis* согласно квоте было добыто 22 тонны, из них 2,5 тонны составляют отходы.

Наиболее приемлемыми способами конверсии белоксодержащего сырья являются различные типы гидролиза – химический (кислотный, щелочной) и ферментативный. Белковые гидролизаты характеризуются повышенной растворимостью белков, эмульгирующими и водосвязывающими свойствами, биологической активностью, что может быть использовано в технологии специализированных пищевых систем [7–9].

Щелочной гидролиз характеризуется как тип гидролиза, при котором расщепляются все типы пептидных связей между различными аминокислотными остатками с высокой степенью, однако в результате происходит рацемизация аминокислот, приводящая к изменению биологической ценности, полное разрушение триптофана и частичное оксиминокислот (серина и треонина), а также наблюдается дезаминирование амидных связей аспарагина и глутамина с образованием аммиачного азота, разрушение витаминов. С экономической точки необходимы значительные затраты тепловой энергии для обеспечения высокой температуры процесса [10].

Кислотный гидролиз является достаточно простым и эффективным методом конверсии, при котором происходит расщепление всех типов пептидных связей между различными аминокислотными остатками. Традиционно кислотный гидролиз осуществляется с применением сильных неорганических кислот (соляной и серной). У данного метода гидролиза существует ряд недостатков и ограничений, основными из которых являются: частичное или полное разрушение отдельных аминокислот; по окончании процесса необходима нейтрализация гидролизата, при которой образуется большое количество солей (хлоридов и сульфатов), что негативно влияет на потребительские характеристики получаемого гидролизата и ограничивает применение в пищевых системах. Кроме того, с

экономической точки зрения данный тип гидролиза требует значительных затрат энергии, так как протекает при достаточно высоких температурах [11]. Существуют исследования по проведению кислотного гидролиза с использованием органических кислот, в частности лимонной, с образованием в гидролизате цитратов [12].

Щелочной и кислотный гидролиз проводятся в достаточно жестких условиях и приводят практически к полному разрушению белковых молекул с образованием смеси аминокислот и короткоцепочечных пептидов, что целесообразно при необходимости получения именно данных веществ.

Ферментативный гидролиз является более мягким, так как протекает при более низких температурах, традиционно 37–50 °С, что не приводит к изменениям аминокислот и снижению биологической ценности, энергозатраты являются достаточно низкими. Однако содержащиеся в сырье белки расщепляются частично, с образованием отдельных субъединиц белка, полипептидов и смеси аминокислот, степень гидролиза обычно существенно ниже, чем при щелочном и кислотном гидролизе [13–18]. Выбор типа гидролиза определяется необходимой степенью трансформации белковых молекул и целевым продуктом, который необходимо получить. Использование новых гидролизующих агентов является перспективным и актуальным направлением исследований, позволяющим снизить последствия недостатков определенных типов гидролиза. Интересной идеей является использование в качестве гидролизующего агента электроактивированной воды – анолита кислотного с рН менее 5,0 единиц. Электроактивированные водные растворы солей находят применение в сельском хозяйстве, пищевой промышленности, ветеринарии, медицине [19]. Электрохимическая активация воды и водных растворов осуществляется в диафрагменных электролизерах – активаторах диафрагменного типа под действием постоянного электрического тока. При этом обычно в катодной камере электролизера получают щелочной раствор (католит), в анодной – кислотный раствор (анолит). Католит и анолит обладают биологической активностью [19].

Целью настоящего исследования является модификация белкового профиля мягких тканей двустворчатого моллюска *M. chinensis* с использованием в качестве гидролизующего агента фракции электроактивированной воды (анолита) путем определения рациональных параметров процесса.

## МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MACTRA CHINENSIS*

### ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Объектами исследования являлись гидролизаты из мягких частей двустворчатого моллюска *M.chinensis*, полученные с использованием электроактивированной воды (анолита) при разных условиях.

Получение электроактивированной воды. Электрохимически активированный раствор анолита кислотного получали на установке «Аквамед» производства ЧНПУП «Акваприбор» (г. Гомель, Республика Беларусь) из водопроводной воды. Процесс осуществляли при силе тока 0,3–0,5 А, напряжении 40–41 В, температуре 20–24 °С в течение 20 мин.

Получение гидролизата. Мягкие ткани двустворчатого моллюска *M.chinensis* гомогенизировали (измельчали) до получения однородной массы, затем добавляли кислотный анолит в массовом соотношении 1:1. Смесь нагревали до определенной температуры, процесс гидролиза проводили при непрерывном перемешивании в течение заданного времени. Жидкую фракцию отделяли от плотного остатка центрифугированием и далее декантированием. После фильтрования с использованием бумажных фильтров гидролизат сушили в лиофильной сушилке (сублимационная сушка) при –40 °С под вакуумом.

Для характеристики получаемых гидролизатов целевыми функциями являлись содержание сухих веществ, общего и аминного азота, степень гидролиза как показатели эффективности гидролиза. Содержание сухих веществ (СВ) определялось стандартным методом высушивания.

Содержание аминного (формольно-титруемого азота (ФТА)) в протеиновой фракции определяли по [20]. Метод основан на связывании формалином концевых групп АК с последующим титрованием 0,1 н раствором гидроксида натрия освободившихся карбоксильных групп. Содержание общего азота – по Кельдалю.

Концентрации общего и аминного азота в пробе, г / л, рассчитывали соответственно по формулам:

$$\begin{aligned} C_{AA} &= N_{AA} \cdot 10\rho ; \\ C_{AA0} &= N_{AA0} \cdot 10\rho ; \\ C_{OA} &= N_{OA} \cdot 10\rho , \end{aligned}$$

где  $\rho$  – плотность гидролизата, г / л.

Степень гидролиза СГ, %, полученного ферментативного белкового гидролизата определяли по формуле

$$СГ = \frac{N_{aa} - N_{aa0}}{N_{oa} - N_{aa0}} \times 100 \% ,$$

где СГ – степень гидролиза

$N_{oa}$  – содержание общего азота, %;

$N_{aa0}$  – содержание аминного азота в не-гидролизованном сырье, %

$N_{aa}$  – содержание аминного азота в гидролизате после гидролиза в течение некоторого периода времени, %.

Все исследования проводили в 3-х кратной повторности. Экспериментальные данные представлены в виде  $M \pm m$ . Статистическую обработку проводили с использованием пакетов прикладных статистических программ *Excel*, *Statistica 7.0*. Достоверность различий оценивали по критерию Стьюдента при 95 %-ном уровне значимости.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимость накопления сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от продолжительности процесса в кислотных гидролизатах мягких тканей двустворчатого моллюска *M.chinensis* представлена на рисунке 1.

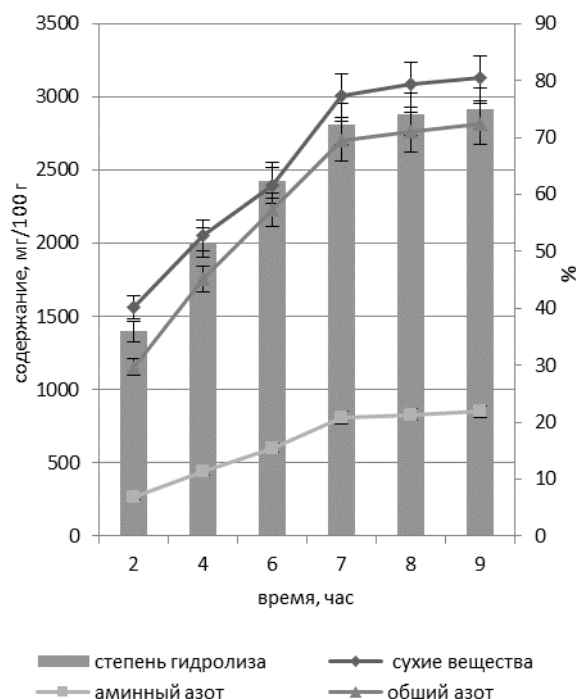


Рисунок 1 – Зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от продолжительности процесса в гидролизатах мягких тканей двустворчатого моллюска *M.chinensis*

Figure 1 - Dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the duration of the process in the soft tissue hydrolysates of the bivalve mollusk *M.chinensis*

Визуализация данных на рисунке 1 демонстрирует, что наиболее интенсивно процесс гидролиза идет в течение 7 часов, содержание сухих веществ в гидролизате уве-

личивается на 146 % (с 2 часов до 7 часов), за последующие 2 часа – всего на 4 %. Содержание общего и аминного азота также максимально увеличивается при продолжительности гидролиза 7 часов – 134 % и 206 % соответственно. Степень гидролиза возрастает с 36 % при 2 часах гидролиза до 75 % при 9 часах.

Статистическая обработка результатов и отсев незначимых коэффициентов позволили получить уравнения регрессии, описывающие взаимосвязь содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от продолжительности процесса в гидролизатах мягких тканей двустворчатого моллюска *M.chinensis*, представленные в таблице 1.

Таблица 1 – Уравнения регрессии, описывающие зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза в гидролизатах мягких тканей двустворчатого моллюска *M.chinensis* от продолжительности процесса

Table 1 - Regression equations describing the dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the duration of the process in the soft tissue hydrolysates of the bivalve mollusk *M.chinensis*

Показатель	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации, R <sup>2</sup>
Сухие вещества, мг/100г	$y = 740,62x - 58,804x^2 + 837,5$	0,9893
Общий азот, мг/100г	$y = 888,42x - 78,839x^2 + 321,1$	0,9973
Аминный азот, мг/100г	$y = 290,78x - 23,964x^2 - 21,6$	0,9915
Степень гидролиза, %	$y = 21,47x - 1,9554x^2 + 16,41$	0,9987

X (час) – продолжительность процесса

Полученные уравнения показывают, что они адекватно описывают зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от продолжительности процесса квадратичной зависимостью, о чем свидетельствуют высокие коэффициенты аппроксимации, близкие к 1.

Влияние pH фракции электроактивированной воды (анолита) на целевые характеристики гидролизатов представлено графически на рисунке 2.

Данные рисунка 2 доказывают, что максимальный прирост накопления сухих веществ, общего и аминного азота в гидролизатах наблюдается при pH 3 в сравнении с pH 2 и 2,5 и составляет 14–27 % для сухих веществ, 8–10 % для общего азота и 11–12 % для аминного азота. Возрастание степени гидролиза гораздо более существенное и составляет 18–77 %. При более высоких значениях pH (от 3,5 до 5) прирост содержания является незначительным и составляет не более 1,5 % для аминного азота, 2,1 % для общего азота, 1,9 % для сухих веществ, 3,2 % для степени гидролиза.

Уравнения регрессии, описывающие зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от pH процесса, полученные путем применения статистических вычислений, представлены в таблице 2.

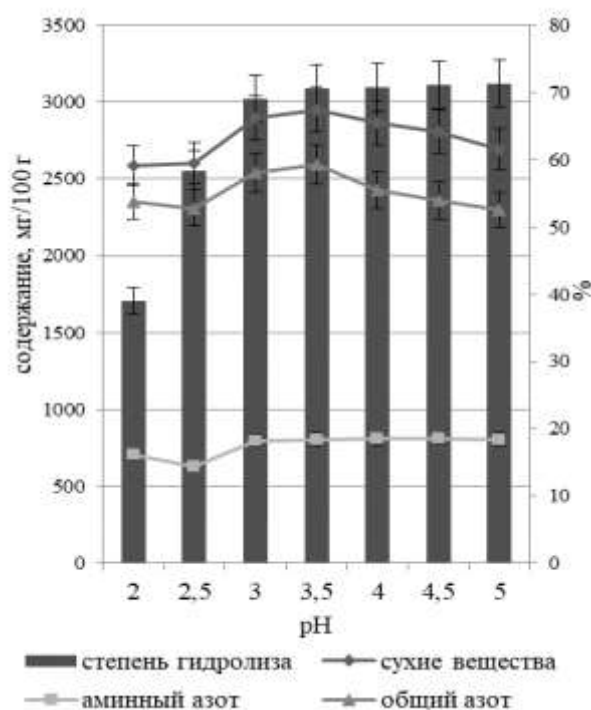


Рисунок 2 – Зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от pH процесса в гидролизатах мягких тканей двустворчатого моллюска *M.chinensis*

Figure 2 - Dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the pH of the process in the soft tissue hydrolysates of the bivalve mollusk *M.chinensis*

МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ДВУСТВОРЧАТОГО  
МОЛЛЮСКА *MACTRA CHINENSIS*

Таблица 2 – Уравнения регрессии, описывающие зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от pH процесса

Table 2 - Regression equations describing the dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the pH of the process

Показатель	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации, R <sup>2</sup>
Сухие вещества, мг/100г	$y = 279,2x - 31,798x^2 + 2290,9$	0,9033
Общий азот, мг/100г	$y = 184,45x - 23,833x^2 + 2151$	0,7878
Аминный азот, мг/100г	$y = 60,536x - 2,3929x^2 + 602,86$	0,9075
Степень гидролиза, %	$y = 18,35x - 1,6786x^2 + 25,386$	0,9723

X (час) – pH процесса

Представленные в таблице 2 уравнения регрессии демонстрируют, что они аналогично уравнениям регрессии зависимости от времени адекватно описывают накопление сухих веществ, общего и аминного азота и изменение степени гидролиза от pH процесса квадратичной зависимостью. Коэффициенты аппроксимации высокие: от 0,79 для зависимости содержания общего азота от pH, до 0,97 для зависимости степени гидролиза от pH.

Еще одним важным фактором, влияющим на процесс гидролиза, является температура процесса. Зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота в гидролизатах, степени гидролиза от температуры процесса представлена на рисунке 3.

Графическое представление зависимости содержания сухих веществ, общего и аминного азота в гидролизатах, степени гидролиза от температуры процесса позволяет утверждать, что оптимальной является температура 70 °С, позволяющая достигнуть заданных показателей. Дальнейшее увеличение температуры приводит к незначительному увеличению показателей – не более 5 % для степени гидролиза, 5,1 % – для аминного азота, 2,9 % – для общего азота, 3,8 % – для сухих веществ.

Статистическая обработка полученных результатов позволила вывести уравнения регрессии, описывающие зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от температуры процесса, представленные в таблице 3.

Уравнения регрессии таблицы 3 аналогичны уравнениям регрессии зависимости от времени и pH и адекватно описывают содержание сухих веществ, общего и аминного азота, степень гидролиза в зависимости от pH процесса, коэффициенты аппроксимации: 0,98 – для зависимости содержания сухих веществ от температуры, 0,99 – для зависимости содержания общего и аминного азота, степени гидролиза от температуры.

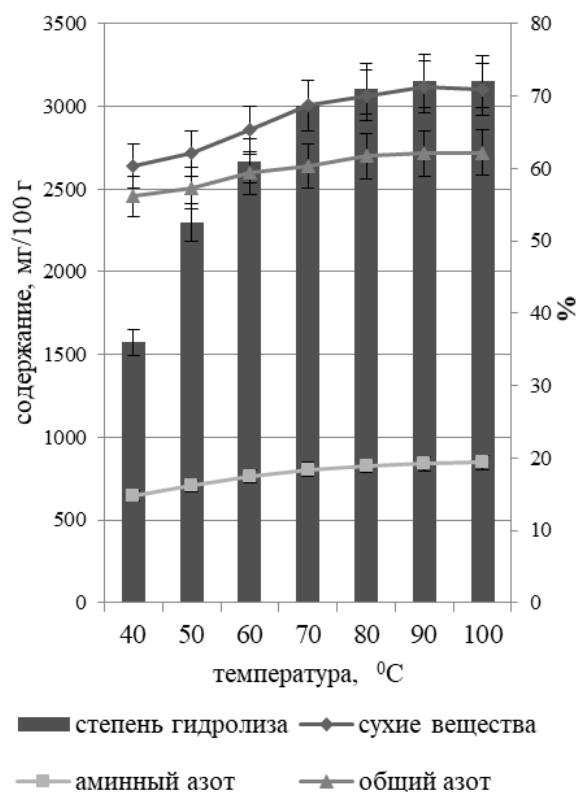


Рисунок 3 – Зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от температуры процесса в кислотных гидролизатах мягких тканей двусторчатого моллюска *M.chinensis*

Figure 3 - Dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the temperature of the process in acid hydrolysates of soft tissues of the bivalve mollusk *M.chinensis*

Таблица 3 – Уравнения регрессии, описывающие зависимость содержания сухих веществ, общего и аминного азота, степени гидролиза от температуры процесса

Table 3 - Regression equations describing the dependence of the dry matter content, total and amine nitrogen, the degree of hydrolysis on the temperature of the process

Показатель	Уравнение регрессии	Коэффициент аппроксимации, R <sup>2</sup>
Сухие вещества, мг/100г	$y = 179,25x - 6,8929x^2 + 2423,4$	0,9829
Общий азот, мг/100г	$y = 80,679x - 2,6786x^2 + 2371,4$	0,9975
Аминный азот, мг/100г	$y = 87,381x - 5,3333x^2 + 556,86$	0,9915
Степень гидролиза, %	$y = 18,071x - 1,5571x^2 + 20,757$	0,9959

X (час) – температура процесса

### ВЫВОДЫ

Таким образом, результатами проведенных исследований экспериментально подтверждена возможность использования в качестве гидролизующего агента для мягких тканей двустворчатого моллюска Дальневосточного региона *M.chinensis* кислотного анолита. Основными параметрами влияния являются pH среды, продолжительность процесса и температура. Рациональными параметрами гидролиза, обеспечивающими достижение оптимального содержания аминного азота и максимальной степени гидролиза, установлены: pH – 3, время – 9 часов, температура процесса – 70 °С.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арзамасцев И.С., Яковлев Ю.М., Евсеев Г.А. Атлас промысловых беспозвоночных и водорослей морей Дальнего Востока России. Владивосток, Аванте, 2001. 192 с.
2. Ресурсы и структура поселений прибрежных беспозвоночных Приморского края / Е.Э. Борисовец [и др.] // Отчёт о научно-исследовательской работе. Владивосток, ФГУП ТИНРО-Центр, 2004. 260 с.
3. Скарлато О.А. Двустворчатые моллюски умеренных широт северо-западной части Тихого океана. Л. : Наука, 1981. 480 с.
4. Явнов С.В. Распространение и состояние ресурсов мактры китайской (*Macra chinensis*) в прибрежных водах Приморья Японского моря // Известия ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 123–135.
5. Купина Н.М. Основные результаты исследования двустворчатых моллюсков прибрежной зоны Японского моря // Известия ТИНРО. 2015. Т. 181. С. 249–257.
6. Акулин В.Н., Ерухимович В.Б., Поздняков С.Е. Проблемы освоения биоресурсов и развития марикультуры в прибрежных районах Дальнего Востока / В.Н. Акулин, // Известия ТИНРО. 2009. Т. 159. С. 401–414.
7. Зорин С.Н. Ферментативные гидролизаты пищевых белков для специализированных пищевых продуктов диетического (лечебного и профилактиче-

ского) питания // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 3. С. 23–31. doi: 10.24411/0042-8833-2019-10026.

8. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 1. Технология производства и технические характеристики гидролизатов / Ю.Я. Свириденко [и др.] // Пищевая промышленность. 2017. № 5. С. 48–51.

9. Научно-методические подходы к развитию технологии белковых гидролизатов для специального питания. Часть 2. Функциональные свойства белковых гидролизатов, зависящие от специфичности протеолитических процессов / Ю.Я. Свириденко [и др.] // Пищевая промышленность. 2017. № 6. С. 50–53.

10. Биотехнология морепродуктов : учебник / Мезенова [и др.]. М. : Мир. 2006. 560 с.

11. Телишевская Л.Я. Белковые гидролизаты. Получение, состав, применение // М. : Аграрная наука. 2000. 296 с.

12. Табакаева, О.В. Новые направления использования двустворчатых моллюсков Дальневосточного региона / О.В. Табакаева, А.В. Табакаев, В.Г. Лукошко // Пищевая промышленность. 2016. № 4. С. 19–23.

13. Максимюк Н.Н., Марьяновская Ю.В. О преимуществах ферментативного способа получения белковых гидролизатов // Фундаментальные исследования. 2009. № 1. С. 34–35.

14. Изучение гидролиза коллагенсодержащего сырья протеолитическими ферментами / Э.Ш. Юнусов [и др.] // Вестник технологического университета. 2016. Т. 19. № 24. С. 168–170.

15. Clemente A. Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition // Trends in Food Science & Technology. 2000. № 11. P. 254–262.

16. Thomson R.L. Protein hydrolysates and tissue repair // Nutrition Research Reviews. 2011. № 24. P. 191–197.

17. Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry / R.K.C. Jeewanthi [и др.] // Korean J. Food Sci. An. 2015. № 35 (3). P. 350–359.

18. Rutherford-Markwick K., Moughan P. Bioactive peptides derived from food // Journal of AOAC International. 2005. № 88 (3). P. 955–966.

19. Бахир В.М. Электрохимическая активация: изобретения, техника, технология. М. 2014. 511 с.

20. Байдалинова Л.С. Биохимия гидробионтов: лабораторный практикум. М. : МОРКНИГА. 2017. 335 с.

## МОДИФИКАЦИЯ БЕЛКОВОГО ПРОФИЛЯ ДВУСТВОРЧАТОГО МОЛЛЮСКА *MACTRA CHINENSIS*

### **Информация об авторах**

**А. В. Табакаев** – кандидат технических наук, доцент Департамента пищевых наук и технологий Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет».

**О. В. Табакаева** – доктор технических наук, доцент, профессор Департамента пищевых наук и технологий Передовой инженерной школы «Институт биотехнологий, биоинженерии и пищевых систем» ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет».

### **REFERENCES**

1. Arzamashev, I.S., Yakovlev, Y.M. & Evseev, G.A. (2001). Atlas of commercial invertebrates and algae of the seas of the Russian Far East. Vladivostok, Avante (In Russ.).
2. Borisovets, E.E. et al. (2004). Resources and structure of settlements of coastal invertebrates of Primorsky Krai. Report on research work. Vladivostok, FSUE TINRO-Center. (In Russ.).
3. Scarlato, O.A. (1981). Bivalve mollusks of temperate latitudes of the northwestern Pacific Ocean. L. : Nauka. (In Russ.).
4. Yavnov, S.V. (2009). Distribution and state of resources of the Chinese *maetra* (*Maetrachinensis*) in the coastal waters of the Primorye of the Sea of Japan. *Izvestiya TINRO*. (159). 123-135. (In Russ.).
5. Kupina, N.M. (2015). The main results of the study of bivalve mollusks of the coastal zone of the Sea of Japan. *TINRO News*. (181). 249-257. (In Russ.).
6. Akulin, V.N., Yerukhimovich, V.B. & Pozdnyakov, S.E. (2009). Problems of the development of bioresources and the development of mariculture in the coastal regions of the Far East. *Izvestiya TINRO*. (159). 401-414. (In Russ.).
7. Zorin, S.N. (2019). Enzymatic hydrolysates of food proteins for specialized food products of dietary (therapeutic and preventive) nutrition. *Questions of nutrition*. 88(3). 23-31. (In Russ.). doi: 10.24411/0042-8833-2019-10026.
8. Sviridenko, Yu.Ya., Myagkonosov, D.S., Abramov, D.V. & Ovchinnikova, E.G. (2017). Scientific and methodological approaches to the development of protein hydrolysate technology for special nutrition. Part 1. Production technology and technical characteristics of hydrolysates. *Food industry*. (5). 48-51. (In Russ.).
9. Sviridenko, Yu.Ya., Myagkonosov, D.S., Abramov, D.V. & Ovchinnikova, E.G. (2017). Scientific and methodological approaches to the development of protein hydrolysate technology for special nutrition. Part 2. Functional properties of protein hydrolysates depending on the specificity of proteolytic processes. *Food industry*. (6). 50-53. (In Russ.).
10. Baidalinov, L.S., Lysova, A.S. & Mezenova, O.Ya. (2006). *Seafood biotechnology: textbook*. M. : Mir. (In Russ.).
11. Telishevskaya, L.Ya. (2000). Protein hydrolysates. Obtaining, composition, application. M. : Agrarian Science. (In Russ.).
12. Tabakaeva, O.V., Tabakaev, A.V. & Lukoshko, V.G. (2016). New directions of using bivalve mollusks of the Far Eastern region. *Food industry*. (4). 19-23. (In Russ.).
13. Maksimyuk, N.N. & Maryanovskaya, Yu.V. (2009). On the advantages of the enzymatic method for obtaining protein hydrolysates. *Fundamental research*. (1). 34-35. (In Russ.).
14. Yunusov, E.S., Ponomarev, V.Ya., Morozova, S.A. & Yezhkova, G.O. (2016). The study of hydrolysis of collagen-containing raw materials by proteolytic enzymes. *Bulletin of the Technological University*. 19(24). 168-170. (In Russ.).
15. Clemente, A. (2000). Enzymatic protein hydrolysates in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology*. № 11. 254-262.
16. Thomson, R.L. (2011). Protein hydrolysates and tissue repair. *Nutrition Research Reviews*. (24). 191-197.
17. Jeewanthi, R.K.C., Lee, N.K. & Paik, H.D. (2015). Improved Functional Characteristics of Whey Protein Hydrolysates in Food Industry. *Jeewanthi. Korean J. Food Sci. An*.35 (3). 350-359.
18. Rutherford-Markwick, K. & Moughan, P. (2005). Bioactive peptides derived from food. *Journal of AOAC International*. 88 (3). 955-966.
19. Bakhir, V.M. (2014). Electrochemical activation: inventions, technique, technology. M. (In Russ.).
20. Baidalinova, L.S. (2017). *Biochemistry of hydrobiota: laboratory practicum M. : MORKNIGA*. (In Russ.).

### **Information about the authors**

**A.V. Tabakaev** - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" of the Far Eastern Federal University.

**O.V. Tabakaeva** - Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Food Sciences and Technologies of the Advanced Engineering School "Institute of Biotechnology, Bioengineering and Food Systems" Far Eastern Federal University".

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

*The authors declare that there is no conflict of interest.*

*Статья поступила в редакцию 10.10.2022; одобрена после рецензирования 13.03.2023; принята к публикации 21.03.2023.*

*The article was received by the editorial board on 10 Oct 2022; approved after editing on 13 Mar 2023; accepted for publication on 21 Mar 2023.*