

DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-101-111
УДК 664.959.2:594.1

ПОЛУЧЕНИЕ ФЕРМЕНТОЛИЗАТА ИЗ ПРЭСНОВОДНОГО МОЛЛЮСКА ДРЕЙССЕНЫ (*DREISSENA POLYMORPHA*)

С. Л. Чернявская, Л. М. Есина, О. Н. Кривонос, В. В. Богомолова

*Керченский отдел Азово-Черноморского филиала
Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии,
Керчь, Российская Федерация*

Трубопроводы, оборудование, гидротехнические сооружения в пресноводных водоемах подвергаются массовому воздействию организма-обрастателя – двустворчатого моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha*). Данные обрастания создают трудности в эксплуатации оборудования, усиливают коррозию конструкционных материалов, а качественная утилизация моллюсков требует финансовых затрат. Предложено использование дрейссены в качестве сырья для получения ферментолита. Представлены данные размерно-массового и химического состава сырья (мяса дрейссены). В ходе анализа модели 2-факторного эксперимента (факторами выбраны количество ферментного препарата и продолжительность ферментолита) установлено оптимальное количество ферментного препарата (нейтральной бактериальной протеазы протозим). Проведена сравнительная характеристика образца-контроля (без добавления ферментного препарата) и ферментолитов дрейссены: отмечено увеличение содержания белка в среднем с 3,7 до 17,8 %, сухих веществ с 7,0 до 22,7 %, аминного азота с 446,2 до 158,6 мг/100 г соответственно. Установлены периоды наиболее интенсивного увеличения значений степени гидролиза (в течение первых 2 ч ферментолита на 2,8 % и в течение 3–4 ч – на 1,2 %), а также периоды стабилизации значений (в течение 2–3 ч и после 4 ч ферментолита – увеличение в среднем на 0,6 %). Изучено изменение оптической плотности растворов ферментолитов и их ТХУ-фильтратов, что позволило в сравнении оценить степень деструкции белков. Представлена технологическая схема производства ферментолита из дрейссены со следующими параметрами ферментолита: температура 50 °С, гидромодуль 1:1, количество ферментного препарата протозим 0,1 % к массе бланшированной дрейссены со створками, продолжительность 3–4 ч.

Ключевые слова: моллюск дрейссена, ферментолит, протеаза протозим, аминный азот, степень гидролиза, кормовая добавка.

Для цитирования: Чернявская С. Л., Есина Л. М., Кривонос О. Н., Богомолова В. В. Получение ферментолита из пресноводного моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha*) // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Рыбное хозяйство. 2019. № 2. С. 101–111. DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-101-111.

Введение

Пресноводный моллюск дрейссена (*Dreissena polymorpha*) относится к организмам-обрастателям и образует в водоемах огромные скопления на трубопроводах, оборудовании, гидротехнических сооружениях, щитах гидроэлектростанций. Такие обрастания могут вызвать затруднения с подачей воды по трубопроводам, они разрушительно действуют на конструкционные материалы, усиливая их коррозию, создают трудности в эксплуатации оборудования. В результате этого снижается срок службы оборудования и сооружений, возникает необходимость дорогостоящих ремонтов, а также остановок для очистки поверхностей [1–3]. Периодическая очистка малоэффективна, т. к. дрейссена снова быстро размножается. К тому же в результате механической очистки водоемов в районе гидротехнических сооружений образуются значительные по объему отвалы моллюска. Вследствие разложения дрейссены создается угроза биологического загрязнения (выделение аммиака, сероводорода и пр., развитие патогенной микрофлоры, паразитофауны), способного вызвать вспышку инфекционных заболеваний [1]. В связи с этим исследования по переработке дрейссены являются актуальными.

Известны способы переработки дрейссены на кормовую продукцию. Одним из таких способов является получение гранулированных комбикормов на основе моллюска дрейссены для различных животных (птицы, рыбы, раков и др.). Преимущество данного способа – практически

безотходная технология, результатом которой является способный длительно храниться в обычных условиях кормовой продукт, не требующий для производства дорогостоящих ингредиентов. Содержание сырого протеина в образцах такого корма составляет в среднем 22,2 % от массы сухого вещества, что является хорошим показателем для гранулированных кормов [1]. Проведенные опыты по скармливанию минерально-белковой добавки из высушенной и измельченной дрейссены малькам карпа дали положительный эффект: средний суточный привес рыб (карпа) опытной группы, получавших добавку из дрейссены в количестве 10 % рациона, был на 43,5 % выше по сравнению с контролем [4].

При исследовании биссуса дрейссены идентифицированы уникальные пики, соответствующие его специфическим белкам (рекомбинантный белок биссуса дрейссены использовался в качестве антигена для производства поликлональных антител) [5–7].

Исследования по получению протеолитического комплекса ферментов из дрейссены проводились О. А. Литвиновой [8]. Из дрейссены выделен фермент 5-фосфодиэстераза, рекомендованный для применения в медицине в качестве лечебного препарата [9].

Исследования аминокислотного состава белка дрейссены показали, что ее белок содержит все заменимые и незаменимые аминокислоты. В работе Нгуен Хай Иен дрейссена рассматривалась как сырье для производства гидролизатов, были проведены работы по получению ферментативных гидролизатов с использованием таких ферментов, как папаин, панкреатин, флавоэнзим и Corolase® L 10 [10].

Целью данной работы было получение ферментолитатов из дрейссены в створках под действием ферментного препарата протозим.

Материалы и методы

Объект исследования – пресноводный двустворчатый моллюск дрейссена *Dreissena polymorpha* (Pallas, 1771), добытый в Веселовском водохранилище Ростовской области в январе 2018 г. Дрейссена хранилась в замороженном виде при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ферментализ проводили под действием бактериальной протеазы протозим (протеаза В), содержащей неспецифическую высокоактивную эндопептидазу для гидролиза белковых веществ с получением полипептидов, пептидов и аминокислот, рН оптимум 6,5, температурный диапазон $30\text{--}55\text{ }^{\circ}\text{C}$, активность 50 000 ед./г (ТУ У 24.1-32813696-016:2008).

Ферментолитаты из дрейссены получали следующим образом: дрейссену мыли, сортировали от растительности и битых раковин, бланшировали на пару 3–5 мин. Бланшированную дрейссену со створками измельчали, ферментировали с протеазой протозим при гидромодуле 1:1 и температуре $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ при периодическом перемешивании. Инактивировали ферменты кипячением ферментолитата в течение 3–5 мин. Охлаждали ферментолитат и выдерживали его для настаивания в течение 15–17 ч при температуре $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$. Створки отделяли процеживанием. Плотный остаток отделяли центрифугированием в течение 5 мин при 4 000 об/мин. Ферментолитат упаривали не менее чем в 20 раз.

Химический состав дрейссены (содержание белка, воды, липидов, золы) определяли стандартными методами [11]. Пересчет белка на общий азот ($N_{\text{общ}}$) проводили с использованием коэффициента 6,25.

Эффективность протекания процесса ферментативного гидролиза характеризовали различными методами:

- аминный азот $N_{\text{ам}}$ (или формольно-титруемый азот) определяли методом Черногорцева [12];
- степень гидролиза (СГ), %, оценивали по количеству гидролизованного белка (отношение количества выделившегося аминного азота к общему азоту) [13, 14]:

$$\text{СГ} = \frac{N_{\text{ам}}}{N_{\text{общ}}} \cdot 100,$$

где $N_{\text{ам}}$ – содержание аминного азота в ферментолитате после ферментализации в течение некоторого периода времени, мг/100 г; $N_{\text{общ}}$ – общий азот, мг/100 г.

Изменение концентрации белковых продуктов в ферментолитатах определяли по изменению оптической плотности разбавленных в 500 раз растворов ферментолитатов в ультрафиолетовой

области спектра, предварительно осадив высокомолекулярные белковые соединения трихлоруксусной (ТХУ) кислотой. Для этого к раствору ферментолизата добавляли 20 % ТХУ кислоту, осадок фильтровали [15]. Спектральный анализ растворов ферментолизатов и ТХУ фильтратов проводили в кварцевых кюветах с длиной оптического пути 10 мм на спектрофотометре УФ-1200 относительно дистиллированной воды и приготовленного раствора ТХУ кислоты соответственно.

Планирование 2-факторного эксперимента осуществляли с помощью пакета Statgraphics Plus, используя в качестве параметра поверхности отклика design name – central composite blocked cube-star (табл. 1).

Таблица 1

План эксперимента с натуральными значениями факторов и функцией отклика

Режим ферментолиза	Факторы эксперимента		Функция отклика
	Количество ферментного препарата (X1), %, к массе бланшированного мяса дрейссены	Продолжительность ферментолиза (X2), мин	N _{ам} (Y), мг/100 мг
1	0,60	225	39,2
2	0,20	90	22,4
3	1,00	90	44,8
4	0,20	360	36,4
5	1,00	360	50,4
6	0,60	225	28,0
7	0,03	225	22,4
8	1,17	225	42,0
9	0,60	34	19,6
10	0,60	415	28,0

Наименьшие и наибольшие значения факторов, заданные при планировании эксперимента, представлены в табл. 2.

Таблица 2

Наименьшие и наибольшие значения факторов, заданные при планировании эксперимента

Фактор	Наименьшее значение	Наибольшее значение
X1, %	0,2	1,0
X2, мин	90,0	360,0

Статистическую обработку результатов исследований проводили общепринятыми методами при доверительной вероятности $p \leq 0,95$ [16].

Результаты и их обсуждение

Средняя длина дрейссены составляла 1,8 см, средняя масса – 0,65 г (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид пресноводного моллюска дрейссены

Из-за загрязненности дрейссены илом, травой, обрастаниями потери при мойке и сортировке дрейссены составили 44,1 %. Общие потери с учетом размораживания и мойки – 50,2 %.

Масса сырого тела моллюска составляла 14 % от массы моллюска. Средний выход бланшированного мяса – 11–17,5 % от массы бланшированной дрейссены.

Мясо дрейссены мороженое характеризуется низким содержанием липидов и белка, бланшированное мясо содержит значительное количество белка (табл. 3).

Таблица 3

Химические показатели мяса дрейссены

Сырье	Химические показатели							
	Белок, %	N _{общ} , мг/100 г	Вода, %	Сухие вещества, %	Липиды, %	Зола, %	N _{ам} , мг/100 г	pH
Мясо дрейссены мороженое (без створок)	5,6	896,0	91,6	8,4	0,4	1,1	11,2	6,8
Мясо дрейссены бланшированное (без створок)	17,3	2 768,0	72,7	27,3	0,4	8,0	67,1	7,0

Вследствие нейтрального значения pH фарша из мяса дрейссены и использования протеазы, проявляющей наибольшую активность в диапазоне нейтральных pH, необходимости понижать или повышать pH не было. Ферментализ проводили при естественных значениях pH сырья.

В результате проведения исследований согласно плану эксперимента (см. табл. 1) получена математическая модель, которая (с точностью R-squared = 98,3 %) описывает исследуемую зависимость:

$$Y = 7,78134 + 14,3498 \cdot X_1 + 0,108654 \cdot X_2 + 12,031 \cdot X_1^2 - 0,0388889 \cdot X_1 \cdot X_2 - 0,000124828 \cdot X_2^2.$$

Поверхность отклика N_{ам} от заданных факторов эксперимента представлена на рис. 2.

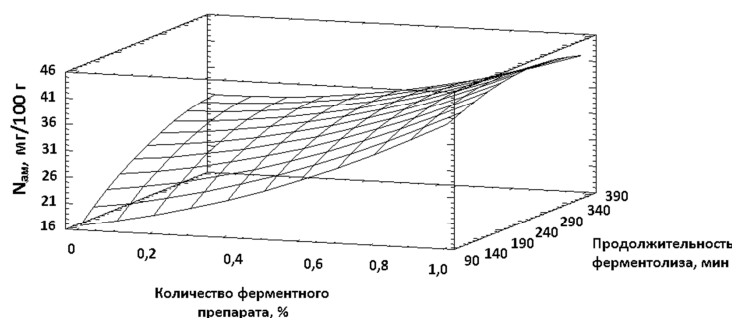


Рис. 2. Поверхность отклика (зависимость значений аминного азота ферментализата дрейссены от количества ферментного препарата и продолжительности ферментализа)

Программой определено решение – параметры ферментализа, при которых достигается максимум значения функции отклика (N_{ам}):

- количество ферментного препарата – 1,1 % к массе бланшированного мяса дрейссены;
- продолжительность ферментализа – 253 мин (4,2 ч).

Учитывая, что средний выход бланшированного мяса из размороженной дрейссены составил 12 %, для удобства расчета полученное количество ферментного препарата было пересчитано относительно бланшированной дрейссены со створками, оно составило 0,1 %.

С целью уточнения продолжительности ферментализа, при которой происходит замедление процесса накопления аминного азота, изучены характеристики ферментализатов в течение 2–5 ч ферментализа в сравнении с образцом-контролем (без добавления ферментного препарата)

(параметры ферментализации: температура 50 °С, гидромодуль 1:1, количество ферментного препарата – 0,1 % к массе бланшированной дрейссены со створками). Результаты исследований представлены на рис. 3 и в табл. 4.

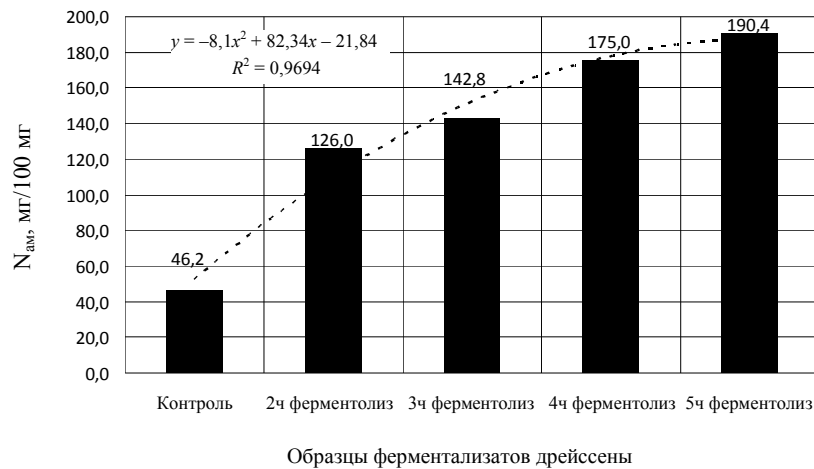


Рис. 3. Зависимость накопления аминного азота от продолжительности ферментализации дрейссены

Таблица 4

Химические показатели ферментализатов дрейссены и образца-контроля

Образцы ферментализатов	Показатели			
	Белок, %	$N_{общ}$ мг/100 мг	Вода, %	Сухие вещества, %
Контроль	3,7	584,0	93,0	7,0
2 ч ферментализ	17,7	2 824,0	77,7	22,3
3 ч ферментализ	17,8	2 840,0	77,7	22,4
4 ч ферментализ	18,1	2 896,0	76,9	23,1
5 ч ферментализ	17,4	2 776,0	77,3	22,8

С увеличением продолжительности ферментализации происходит постепенное накопление аминного азота в ферментализатах. В исследуемых образцах в течение 2–3 ч ферментализации содержание аминного азота увеличивается в 3 раза, за 4–5 ч – в 4 раза по сравнению с контролем.

Значения белка (общего азота) образцов 2–5 ч ферментализации в среднем в 5 раз больше, чем в контроле, что указывает на протекание процессов расщепления белков, полипептидов под действием ферментного препарата и на переход азотистых соединений в ферментализат. Существенных различий в содержании белка (общего азота) в образцах с различной продолжительностью ферментализации не выявлено.

Выход ферментализата во всех образцах был примерно одинаковым и в среднем составил 3,5 % от массы бланшированной дрейссены со створками. Плотный остаток в образцах с ферментным препаратом составил 5,8 % от массы бланшированной дрейссены со створками, в контрольном образце – лишь 1,9 %. Такое различие, вероятно, можно объяснить тем, что в образце-контроле непрогидролизованное мясо моллюска было отделено вместе со створками при процеживании и в плотный остаток не попало.

Содержание белка в плотном остатке в среднем составляет 7,2 % при массовой доле воды 70,8 %, поэтому плотный остаток в виде влажной пасты, высушенной крупки, порошка или гранул может быть использован в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птиц, а также в качестве компонента различных комбикормов.

Степень гидролиза ферментализатов находится в пределах 4,4–6,7 % (рис. 4).

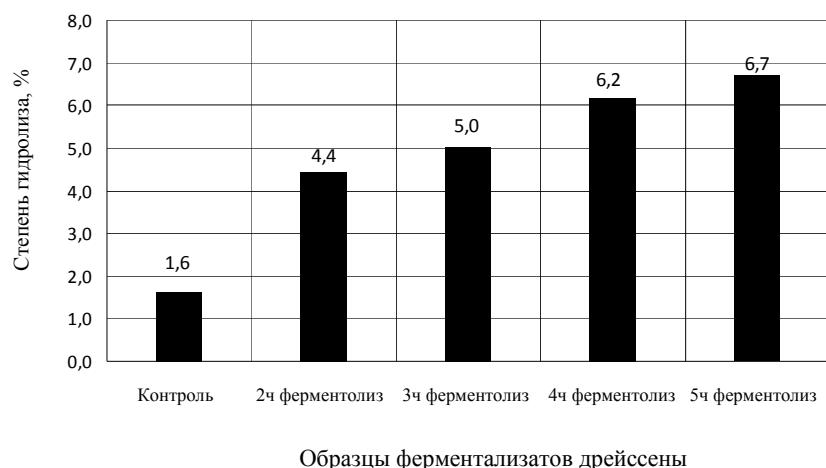


Рис. 4. Степень гидролиза в образце-контроле и 2–5 ч ферментализатах дрейссены

Поскольку степень гидролиза наиболее интенсивно увеличивается в течение первых 2 ч (на 2,8 %) и 3–4 ч (на 1,2 %) ферментализа, а в течение 2–3 ч и после 4 ч ферментализа отмечается стабилизация значений степени гидролиза (увеличение на 0,6 и 0,5 % соответственно), ферментализ целесообразно проводить продолжительностью от 2 до 4 ч.

Одним из способов оценки степени деструкции белков в ферментализатах считается изменение оптической плотности растворов за счет ТХУ неосаждаемых низкомолекулярных пептидов (белковые соединения с молекулярной массой более 2 кДа под действием раствора ТХУ кислоты выпадают в осадок) [14]. Результаты исследований оценки эффективности ферментализа спектральным методом представлены на рис. 5.

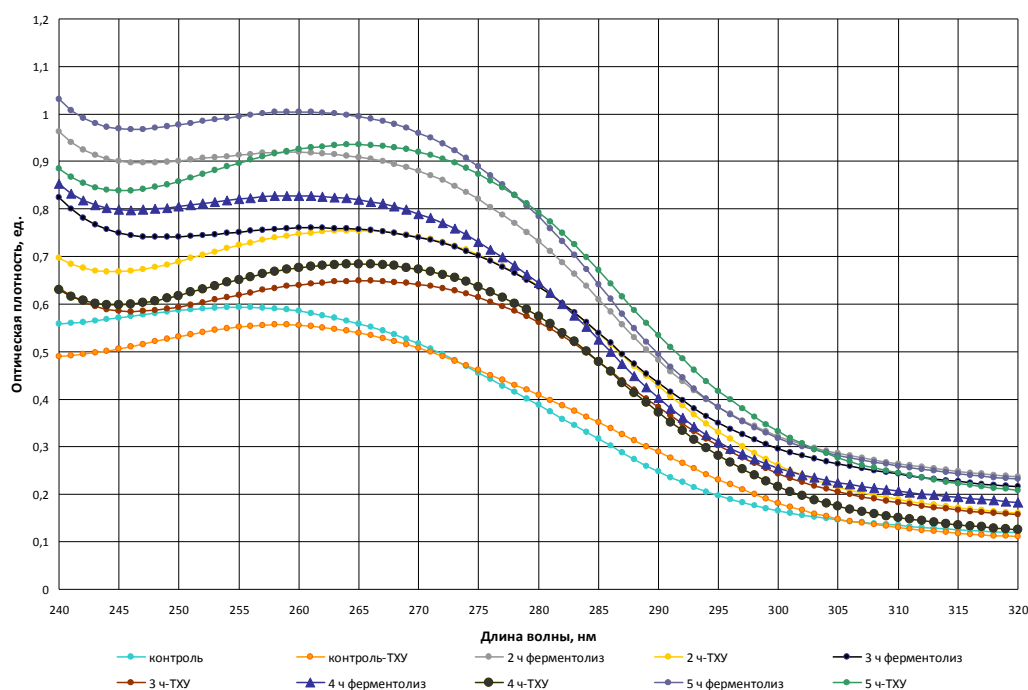


Рис. 5. Изменение оптической плотности ферментализатов и их ТХУ фильтратов в зависимости от продолжительности ферментализа

В образцах с ферментным препаратом спектры ТХУ фильтратов на графике располагаются ниже (меньше оптическая плотность), чем спектры этих же растворов ферментоллизатов. Спектры образца-контроля не имеют такой зависимости.

Технологическая схема производства ферментоллизата из дрейссены представлена на рис. 6.

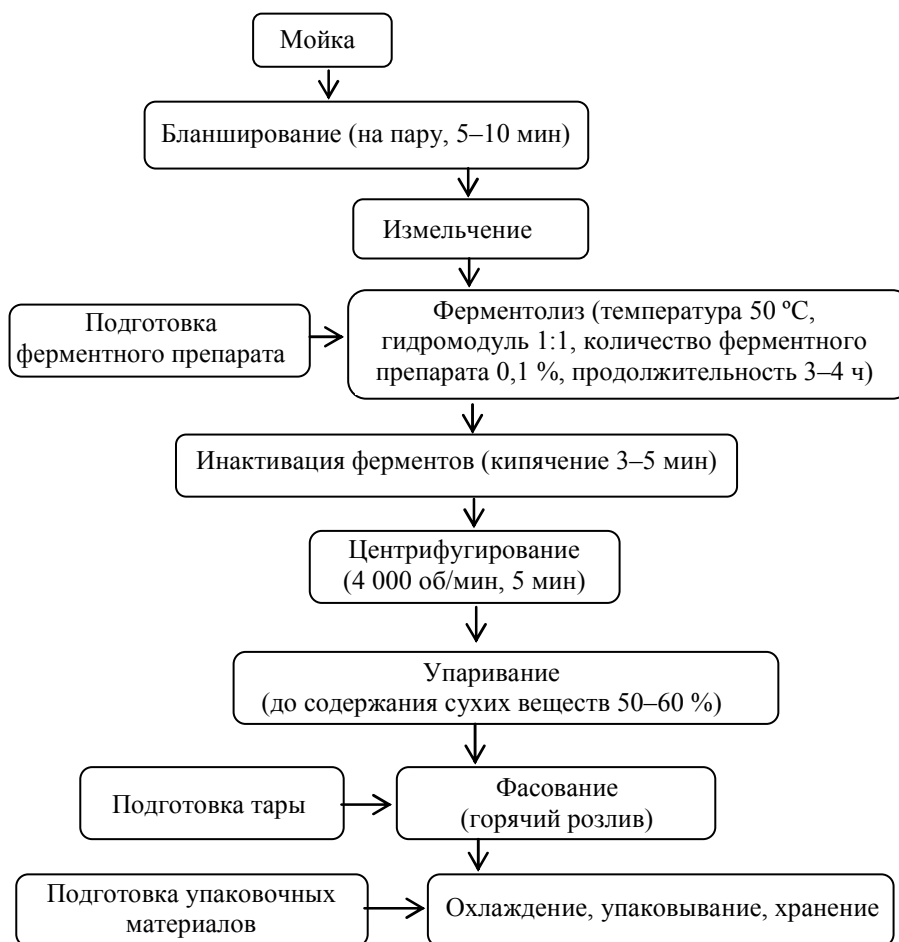


Рис. 6. Технологическая схема производства ферментоллизата из дрейссены

В зависимости от технических характеристик используемого оборудования режимы некоторых операций могут меняться (в частности, бланширования, центрифугирования, фасования).

Заключение

Пресноводный двустворчатый моллюск дрейссена *Dreissena polymorpha*, добытый в Веселовском водохранилище Ростовской области в январе 2018 г., характеризуется небольшими размерами (средняя длина составляет 1,8 см, масса – 0,65 г). Химический состав мороженого (содержание белка 5,6 %, воды 91,6 %, золы 1,1 %) и бланшированного (содержание белка 17,3 %, воды 72,7 %, золы 8,0 %) мяса дрейссены значительно отличается, кроме содержания липидов (0,4 %).

Анализом модели 2-факторного эксперимента (факторами выбраны количество ферментного препарата и продолжительность ферментализации) получено уравнение и поверхность отклика, описывающие исследуемую зависимость ($N_{ам}$ от заданных факторов). Установлено оптимальное количество ферментного препарата протозим, необходимого для проведения ферментализации – 0,1 % к массе бланшированной дрейссены со створками.

Получены образцы ферментоллизатов дрейссены, которые характеризуются большим содержанием белка (в среднем 17,8 %), сухих веществ (22,7 %), аминного азота (158,6 мг/100 г), чем образец-контроль (3,7; 7,0 и 46,2 % соответственно).

Установлено наиболее интенсивное увеличение значений степени гидролиза в течение первых 2 ч (на 2,8 %) и 3–4 ч (на 1,2 %) ферментализации со стабилизацией значений в течение 2–3 ч и после 4 ч ферментализации (увеличение на 0,6 и 0,5 % соответственно).

Изучено изменение оптической плотности растворов ферментализатов и их ТХУ фильтратов, что позволяет в сравнении оценить степень деструкции белков.

Отмечена возможность использования плотного остатка ферментализатов дрейссены в виде влажной пасты, высушенной крупки, порошка или гранул в качестве кормовой добавки для сельскохозяйственных животных и птиц или компонента различных комбикормов (содержание белка составляет в среднем 7,2 % при массовой доле воды 70,8 %).

Составлена технологическая схема производства ферментализата из дрейссены с проведением ферментализации по следующему режиму: температура 50 °С, гидромодуль 1:1, количество ферментного препарата протозим 0,1 % к массе бланшированной дрейссены со створками, продолжительность 2–4 ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гамага В. В., Каблов В. Ф., Костин В. Е., Родионов С. Н., Соколова Н. А. Улучшение экологической ситуации в районах гидротехнических сооружений за счет сбора и утилизации моллюсков рода Дрейссена. URL: <https://cyberleninka.ru/article/uluchshenie-ekologicheskoy-situatsii-v-rayonah-gidrotehnicheskikh-sooruzheniy-za-schet-sbora-i-utilizatsii-mollyuskov-roda-dreysena> (дата обращения: 16.11.2018).
2. Пат. РФ № 2478114. Многослойное комбинированное противообрастающее покрытие, обеспечивающее репеллентно-хемобиоцидную защиту / Безносков В. Н., Суздалева А. Л., Митяева Ю. Д., Минин Д. В., Коткин К. С.; опубл. 27.03.2013.
3. Копица А. В. Влияние биообрастания дрейссеной на работу водозаборных сооружений // Экологические проблемы и здоровье населения: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Пенза, 21–22 июня 2017 г.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30248732> (дата обращения: 16.11.2018).
4. Ахметзянова Н. Ш., Егоров Ю. Е. Значение моллюска дрейссены как природного биофильтра и кормового объекта // Воспроизводство естественных популяций ценных видов рыб: тез. докл. Междунар. конф. (Санкт-Петербург, 20–22 апреля 2010 г.). СПб.: Изд-во ГосНИОРХ, 2010. С. 15–17.
5. Anderson K. E., Waite J. H. Immunolocalization of Dpfp1, a byssal protein of the zebra mussel *Dreissena polymorpha*. URL: <http://jeb.biologists.org/content/jebio/203/20/3065.full.pdf> (дата обращения: 16.11.2018).
6. Gilbert T., Sone E. The byssus of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*): spatial variations in protein composition. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20924840> (дата обращения: 21.11.2018).
7. Gantayet A., Ohana L., Sone E. Byssal proteins of the freshwater zebra mussel, *Dreissena polymorpha*. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23211030> (дата обращения: 16.11.2018).
8. Лутвинова О. А. Разработка технологии ферментного препарата из моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha* Pallas). URL: <http://tekhnosfera.com/razrabotka-tehnologii-fermentnogo-preparata-iz-mollyuska-dreysena-dreissena-polymorpha-pallas#ixzz5MB5fEU5M> (дата обращения: 02.12.2018).
9. Пат. СССР № 566589. Способ получения 5'-фосфодиэстеразы / Бердышев Г. Д., Югай Н. В., Луценко Н. А.; опубл. 1977, Бюл. № 28.
10. Нгуен Хай Иен. Разработка технологии ферментативных гидролизатов из пресноводного моллюска дрейссены (*Dreissena polymorpha* Pallas) и зеленой мидии (*Perna viridis*): автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2009. 25 с.
11. ГОСТ 7636. Рыба, морские млекопитающие, морские беспозвоночные и продукты их переработки. Методы анализа. М.: Изд-во стандартов, 1985. 125 с.
12. Черногорцев А. П. Переработка мелкой рыбы на основе ферментирования сырья. М.: Пищ. пром-сть, 1973. 90 с.
13. Разумовская Р. Г. Получение гидролизатов, белковой массы и концентратов из мелкой рыбы // Рыбное хозяйство. 1973. № 6. С. 66–69.
14. Мухин В. А., Новиков В. Ю. Ферментативные белковые гидролизаты тканей морских гидробионтов: получение, свойства и практическое использование. Мурманск: ПИНРО, 2001. 97 с.
15. Головин А. Н. Контроль производства рыбной продукции. М.: Пищ. пром-сть, 1992. Ч. 1. 348 с.
16. Орлов А. И. Математика случая: вероятность и статистика – основные факты. М.: МЗ-Пресс, 2004. 110 с.

Статья поступила в редакцию 21.12.2018

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Чернявская Светлана Леонидовна – Россия, 298300, Керчь; Керченский отдел Азово-Черноморского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; канд. техн. наук; старший научный сотрудник лаборатории технологий переработки водных биоресурсов; sveta.kerch@mail.ru.

Есина Любовь Михайловна – Россия, 298300, Керчь; Керченский отдел Азово-Черноморского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; зав. лабораторией технологий переработки водных биоресурсов; esina_l_m@azniirkh.ru.

Кривonos Ольга Николаевна – Россия, 298300, Керчь; Керченский отдел Азово-Черноморского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; инженер I категории лаборатории технологий переработки водных биоресурсов; krivonos.olga@mail.ru.

Богомолова Валерия Викторовна – Россия, 298300, Керчь; Керченский отдел Азово-Черноморского филиала Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт рыбного хозяйства и океанографии»; канд. техн. наук; старший научный сотрудник лаборатории технологий переработки водных биоресурсов; bogomolovavalery@yandex.ru.



PRODUCING ENZYMATIC HYDROLYZATE FROM FRESHWATER MOLLUSC *DREISSENA POLYMORPHA*

S. L. Chernyavskaya, L. M. Esina, O. N. Krivonos, V. V. Bogomolova

*Azov-Black Sea Branch of the of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography,
Kerch Department,
Kerch, Russian Federation*

Abstract. Pipelines, mechanisms and hydraulic structures laid on the bottom of freshwater bodies are exposed to massive exposure of fouling organisms – mollusks *Dreissena polymorpha*. Such fouling hinders the equipment operation and increases the corrosion of materials, besides, utilization of mollusks (*Dreissena polymorpha*) requires financial expenditure. Therefore, to solve the problem, dreissena was suggested to be used as a raw material for producing enzymatic hydrolyzate. The data of the mass-size and chemical composition of the raw materials (dreissena flesh) are presented. During the analysis of the model of a 2-factor experiment (the amount of enzyme preparation and the duration of fermentolysis were taken as factors) there was defined the optimal amount of enzyme (bacterial protease – protozyme). The comparative analysis of a control sample (without adding the enzyme) and enzymatic hydrolyzates of dreissena was carried out. There was stated the increase in protein content (3.7-17.8%), in dry matter (7.0-22.7%), amine nitrogen (446.2-158.6 mg/100 g). The periods of the most intensive increase in the degree of hydrolysis (during the first 2 hours of enzymatic hydrolysis by 2.8% and further 3-4 hours by 1.2%), as well as periods of values stabilization (during 2-3 hours and after 4 hours of enzymatic hydrolysis an increase by 0.6% on average). The change in the optical density of hydrolyzate solutions and their TCA-filtrates has been studied, which helped to compare the degree of protein destruction. There has been presented the technological chart of producing enzymatic hydrolyzates from dreissena with following conditions for fermentolysis: temperature 50 °C, water ratio 1:1, quantity of enzyme protozyme 0.1% to the mass of blanched dreissena with valves, duration 3-4 hours.

Key words: mollusk, dreissena, fermentolysis, protease protozyme, amine nitrogen, degree of hydrolysis, food additive.

For citation: Chernyavskaya S. L., Esina L. M., Krivonos O. N., Bogomolova V. V. Producing enzymatic hydrolyzate from freshwater mollusk *Dreissena polymorpha*. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry*. 2019;2:101-111. (In Russ.) DOI: 10.24143/2073-5529-2019-2-101-111.

REFERENCES

1. Gamaga V. V., Kablov V. F., Kostin V. E., Rodionov S. N., Sokolova N. A. *Uluchshenie ekologicheskoi situatsii v raionakh gidrotekhnicheskikh sooruzhenii za schet sbora i utilizatsii molliuskov roda Dreissena* [Improving ecological conditions in the regions with hydrotechnical constructions due to gathering and utilization of Dreissena mollusks]. Available at: <https://cyberleninka.ru/article//uluchshenie-ekologicheskoy-situatsii-v-rayonah-gidrotekhnicheskikh-sooruzheniy-za-schet-sbora-i-utilizatsii-mollyuskov-roda-dreysena> (accessed: 16.11.2018).
2. Beznosov V. N., Suzdaleva A. L., Mitiyeva Iu. D., Minin D. V., Kotkin K. S. *Mnogosloinoe kombinirovannoe protivobrastaiushchee pokrytie, obespechivaiushchee repellentno-khemobiotsidnuiu zashchitu* [Multi-layer combined anti-foul cover providing repellent-chemobiocide protection]. Patent RF, no. 2478114, 27.03.2013.
3. Kopsha A. V. *Vliianie bioobrastaniia dreissenoi na rabotu vodozabornykh sooruzhenii* [Impact of Dreissena biofouling on water intake structures operation]. *Ekologicheskie problemy i zdorov'e naseleniia: materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (Penza, 21–22 iyunia 2017 g.)*. Available at: <https://elibrary.ru/item.asp?id=30248732> (accessed: 16.11.2018).
4. Akhmetzianova N. Sh., Egorov Iu. E. *Znachenie molliuska dreisseny kak prirodnoogo biofil'tra i kormovogo ob'ekta* [Importance of mollusk Dreissena as a natural biofilter and food object]. *Vosproizvodstvo estestvennykh populatsii tsennykh vidov ryb: tezisy dokladov Mezhdunarodnoi konferentsii (Sankt-Peterburg, 20–22 apreliia 2010 g.)*. Saint-Petersburg, Izd-vo GosNIORKh, 2010. Pp. 15-17.
5. Anderson K. E., Waite J. H. *Immunolocalization of Dpfp1, a byssal protein of the zebra mussel Dreissena polymorpha*. Available at: <http://jeb.biologists.org/content/jebbio/203/20/3065.full.pdf> (accessed: 16.11.2018).
6. Gilbert T., Sone E. *The byssus of the zebra mussel (Dreissena polymorpha): spatial variations in protein composition*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/20924840> (accessed: 21.11.2018).
7. Gantayet A., Ohana L., Sone E. *Byssal proteins of the freshwater zebra mussel, Dreissena polymorpha*. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23211030> (accessed: 16.11.2018).
8. Litvinova O. A. *Razrabotka tekhnologii fermentnogo preparata iz molliuska dreisseny (Dreissena polymorpha Pallas)* [Developing technologies of enzyme preparation from mollusk Dreissena (Dreissena polymorpha Pallas)]. Available at: <http://tekhnosfera.com/razrabotka-tehnologii-fermentnogo-preparata-iz-mollyuska-dreysena-dreissena-polymorpha-pallas#ixzz5MB5fEUsM> (accessed: 02.12.2018).
9. Berdyshev G. D., Iugai N. V., Lutsenko N. A. *Sposob polucheniia 5'-fosfodiesterazy* [The way of producing 5'-phosphodiesterase]. Patent SSSR, no. 566589, 1977.
10. Nguen Khai Ien. *Razrabotka tekhnologii fermentativnykh gidrolizatorov iz presnovodnogo molliuska dreisseny (Dreissenum polymorpha pallas) i zelenoi midii (Perna viridis)*. *Avtoreferat dis. ... kand. tekhn. nauk* [Developing technologies of enzyme hydrolyzates from freshwater mollusks Dreissenum polymorpha pallas and Perna viridis. Diss. Abstr. ... Cand. Tech. Sci.]. Moscow, 2009. 25 p.
11. GOST 7636. *Ryba, morskije mlekopitaiushchie, morskije bespozvonochnye i produkty ikh pererabotki. Metody analiza* [GOST 7636. Fish, sea mammals, sea invertebrates and their processed products]. Moscow, Izd-vo standartov, 1985. 125 p.
12. Chernogortsev A. P. *Pererabotka melkoi ryby na osnove fermentirovaniia syr'ia* [Processing small fish using fermentation of raw materials]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1973. 90 p.
13. Razumovskaia R. G. *Poluchenie gidrolizatorov, belkovoii massy i kontsentratorov iz melkoi ryby* [Producing hydrolyzates, protein mass and concentrates from small fish]. *Rybnoe khoziaistvo*, 1973, no. 6, pp. 66-69.
14. Mukhin V. A., Novikov V. Iu. *Fermentativnye belkovye gidrolizaty tkanei morskikh gidrobiontov: poluchenie, svoystva i prakticheskoe ispol'zovanie* [Enzyme protein hydrolyzates of sea hydrobiont tissues: processing, properties and practical use]. Murmansk, PINRO Publ., 2001. 97 p.
15. Golovin A. N. *Kontrol' proizvodstva rybnoi produktsii* [Control over fish product processing]. Moscow, Pishchevaia promyshlennost' Publ., 1992. Part 1. 348 p.
16. Orlov A. I. *Matematika sluchaia: veroiatnost' i statistika – osnovnye fakty* [Case mathematics: reliability and statistics as main factors]. Moscow, MZ-Press, 2004. 110 p.

The article submitted to the editors 21.12.2018

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Chernyavskaya Svetlana Leonidovna – Russia, 298300, Kerch; Azov-Black Sea Branch of the of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch Department; Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Processing Technologies of Aquatic Bioresources; sveta.kerch@mail.ru.

Esina Lyubov Mikhailovna – Russia, 298300, Kerch; Azov-Black Sea Branch of the of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch Department; Head of the Laboratory of Processing Technologies of Aquatic Bioresources; esina_l_m@azniirkh.ru.

Krivosos Olga Nikolaevna – Russia, 298300, Kerch; Azov-Black Sea Branch of the of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch Department; I category Engineer of the Laboratory of Processing Technologies of Aquatic Bioresources; kryvonos.olga@mail.ru.

Bogomolova Valeriia Victorovna – Russia, 298300, Kerch; Azov-Black Sea Branch of the of All-Russian Research Institute of Fisheries and Oceanography, Kerch Department; Candidate of Technical Sciences; Senior Researcher of the Laboratory of Processing Technologies of Aquatic Bioresources; bogomolovavalery@yandex.ru.

