
HUMAN NTRITION

DOI: <https://www.doi.org/10.23649/jae.2023.31.3.003>

Shamanskaya A.A.¹, Lyakh V.A.^{2*}, Situn N.V.³, Fedyanina L.N.⁴, Smertina E.S.⁵

¹ ORCID: 0009-0005-1676-0359;

² ORCID: 0000-0001-6999-2210;

³ ORCID: 0009-0003-7598-1368;

⁴ ORCID: 0000-0002-9849-8358;

⁵ ORCID: 0000-0002-2519-9170;

¹⁻⁵ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia

* Corresponding author (lyah.va[at]dvfu.ru)

Received: 10.03.2023; Accepted: 15.03.2023; Published: 20.03.2023

ON THE ISSUE OF THE SAFETY OF NEW INGREDIENTS BASED ON MARINE SEA ALGAE FOR THE MEAT INDUSTRY

Research article

Abstract

The article is dedicated to a review of new trends in the world market related to the possibility of using sea algae as substitutes for prescription components and enriching of food products. Sea algae is regarded as alternative sources of protein, dietary fibre, trace elements and bioactive compounds. The prospects and safety of using the sea green algae *Ulva lactuca* for food enrichment by conducting a study on a test culture of *Tetrahymena pyriformis Ciliata* class infusoria are presented. The authors found that the use of dry powder of the green algae *Ulva lactuca* for the production of boiled and semi-smoked sausage products makes it possible to obtain enriched foods with the necessary organoleptic characteristics, which in turn play an important role in ensuring food safety.

Keywords: seaweed, food enrichment, sausage technology, green algae *Ulva lactuca*, ciliate *Tetrahymena pyriformis*.

Шаманская А.А.¹, Лях В.А.^{2*}, Ситун Н.В.³, Федянина Л.Н.⁴, Смертина Е.С.⁵

¹ ORCID: 0009-0005-1676-0359;

² ORCID: 0000-0001-6999-2210;

³ ORCID: 0009-0003-7598-1368;

⁴ ORCID: 0000-0002-9849-8358;

⁵ ORCID: 0000-0002-2519-9170;

¹⁻⁵ Дальневосточный федеральный университет, Владивосток, Россия

* Корреспондирующий автор (lyah.va[at]dvfu.ru)

Получена: 10.03.2023; Доработана: 15.03.2023; Опубликована: 20.03.2023

К ВОПРОСУ О БЕЗОПАСНОСТИ НОВЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ НА ОСНОВЕ МОРСКИХ ЗЕЛЕННЫХ ВОДОРОСЛЕЙ ДЛЯ МЯСНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

Аннотация

Статья посвящена обзору новых трендов на мировом рынке, связанных с возможностью использования морских водорослей в качестве заменителей рецептурных компонентов и обогащения пищевых продуктов. Морские водоросли рассмотрены как альтернативные источники белка, пищевых волокон, микроэлементов и биоактивных соединений. Показана перспективность и безопасность использования морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* для обогащения продуктов питания путем проведения исследования на тест-культуре инфузории *Tetrahymena pyriformis* класса *Ciliata*. Авторами установлено, что применение сухого порошка морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* для производства вареных и полукопченых колбасных изделий, дает возможность получать обогащенные продукты питания, обладающие необходимыми органолептическими характеристиками, которые в свою очередь играют важную роль в обеспечении продовольственной и пищевой безопасности.

Ключевые слова: морские водоросли, обогащение пищевых продуктов, технология колбасных изделий, зеленая водоросль *Ulva lactuca*, ресничная инфузория *Tetrahymena pyriformis*.

1. Введение

Дальневосточный регион богат ресурсами морского происхождения, поэтому в настоящее время актуальной задачей является совершенствование технологии производства колбасных изделий с применением морских гидробионтов и изучение воздействия на органолептические, физико-химические показатели качества, а также увеличение пищевой и биологической ценности.

В мире создается множество наименований мясной продукции, но малополезной, поэтому перспективным направлением становится внесение добавок в рецептуры, оказывающих многофакторное положительное действие как на пищевую ценность, так и на функционально-технологические свойства изделий.

Нерыбные объекты водного промысла, в том числе водоросли, содержат уникальные биологически активные вещества (БАВ) полифункционального действия – полиненасыщенные жирные кислоты, производные хлорофилла, фукоиданы, пектины, альгиновую кислоту, лигнины, являющиеся ценным источником пищевых волокон, макро- и микроэлементы, витамины и др. Морские водоросли являются практически единственными поставщиками органического йода в организм человека [2]. Актуальным является введение в рацион йодированных продуктов питания, причем за счет добавок, в которых йод находится в биоорганической форме, например, морских водорослей [1].

Мясные продукты являются ценными продуктами питания, но можно еще повысить их питательную ценность путем комбинирования мясного сырья с морскими водорослями, которые по набору химических элементов и витаминов не имеют себе равных среди растений. Замена части мясного сырья на водоросли не только не ухудшает, но в некоторых случаях и улучшает ряд органолептических показателей готового продукта [1].

С целью повышения пищевой ценности и корректировки функционально-технологических свойств мясных пищевых систем рядом авторов применялись добавки на основе морских водорослей: для создания мясного продукта для диетического профилактического питания применялся альгинат натрия [7], он же, совместно с яблочным пектином, применялся для усиления прочностных свойств рецептурной композиции мясного продукта [8]; препараты ламинарии применялись в технологии мясных полуфабрикатов с целью придания так профилактического действия, так и для улучшения потребительских характеристик изделий [9], [10], а также в технологии вареных колбасных изделий [11]; продукты переработки красных водорослей, таких как, например, *Ahnfeltia tobuchiensis*, применялись в качестве источников полисахаридов (агар-агар, каррагинат) и микроэлементов (кальций, магний, йод) [12].

Внесение морских водорослей положительно влияет на мясные продукты. Наблюдается повышение пищевой ценности, происходит обогащение макро- и микроэлементами, улучшаются органолептические и физико-химические свойства.

В качестве сырья для обогащения мясных продуктов витаминами, минеральными веществами и другими компонентами перспективным направлением является использование порошка зеленой водоросли *Ulva lactuca*.

Морские зеленые водоросли считаются потенциальным источником белка [15], [16], [17]. Изучен моносахаридный состав зеленых морских водорослей *Ulva lactuca*. Доказано, что более низкая концентрация нитратов и культивирование при повышенной температуре увеличивают содержание моносахаридов водоросли [18]. Большинство полисахаридов морских водорослей *Ulva lactuca* представляют собой высокосульфатированные полимеры [20]. Так, в *Ulva lactuca* определен полисахарид – Ульван – водорастворимый сульфатированный полисахарид (химический состав этого полисахарида включает рамнозу, ксилозу, глюкуроновую кислоту, идуроновую кислоту и сульфатные группы с небольшими составами сахаров, таких как глюкоза, ксилоза) [21], [22]. Ульван отличается относительно низким содержанием белка (2,56%) и высоким содержанием сульфата (17,2%). Реологические свойства ульвана выявили псевдопластические свойства разжижения [23]. Ульван является гелеобразующим сульфатированным полисахаридом с биологической активностью, включая иммуномодулирующую, противовирусную, антиоксидантную, антигиперлипидемическую и противораковую. Следовательно, данный полисахарид представляет значительный интерес как компонент для здоровья человека, сельского хозяйства и производства биоматериалов [25].

Хотя употребление в пищу зеленых водорослей в нативном виде людьми довольно распространено, потенциальная польза для здоровья пищевых добавок из водоросли *Ulva lactuca* недостаточно изучена.

Исходя из вышеизложенного, использование морских зеленых водорослей *Ulva lactuca* и продуктов их переработки в качестве инновационных пищевых ингредиентов в технологии продуктов питания, в частности мясных изделий, является перспективным направлением.

Так как особое значение для новых ингредиентов в составе пищевого продукта имеет их безопасность и способность повышать пищевую и биологическую ценность, целью научного исследования являлось определение целесообразности и безопасности применения нового ингредиента – порошка морских зеленых водорослей *Ulva lactuca* – в технологии мясных изделий (на примере вареных и полукопченых колбасных изделий) в эксперименте на тест-культуре простейших.

2. Объекты и методы исследования

Объектами исследования явились образцы порошка морской зеленой водоросли *Ulva lactuca*, полученные по авторской технологии, и опытные образцы вареных и полукопченых колбасных изделий, выработанные по унифицированной рецептуре колбасы «Молочная» и «Охотничьи колбаски» на базе мясоперерабатывающего предприятия ООО «Ратимир».

Определены химический состав и некоторые функциональные свойства высушенных водорослей *Ulva lactuca*. Результаты показали, что порошок водорослей характеризовался высоким содержанием волокон (54,0 %), минералов (19,6 %), белков (8,5 %) и липидов (7,9 %). Нейтральные волокна содержат гемицеллюлозу (20,6 %), целлюлозу (9,0 %) и лигнин (1,7 %). Анализ белковой фракции показал присутствие незаменимых аминокислот, которые составляют

42,0 % от общего количества аминокислот. В профиле жирных кислот преобладала пальмитиновая кислота, которая составляет около 60,0% от общего количества жирных кислот, за которой следует олеиновая кислота (16,0 %) [14].

В опытные образцы вносили порошок морской зеленой водоросли *Ulva lactuca* на этапе составления рецептуры. Массовая доля вносимого порошка составила 2 % от массы добавляемых по технологической рецептуре белка и эмульгатора-стабилизатора. Данная массовая доля была определена экспериментальным путем на основе оценки потребительских свойств мясных колбасных изделий.

Для определения безопасности и общей биологической ценности порошка морской водоросли *Ulva lactuca* наиболее достоверным является метод исследования на тест-культуре инфузории *Tetrahymena pyriformis* класса *Ciliata*. *Tetrahymena pyriformis*, как тест объект признана всемирным научным сообществом и востребована из-за своих уникальных характеристик, которые обуславливают ее абсолютную рациональность, как при использовании, так и при содержании, и что очень важно для высокой достоверности полученных результатов. Поэтому была проведена оценка безопасности сухого порошка зеленой водоросли *Ulva lactuca*, мясного колбасного изделия полукопченого с порошком морской зеленой водоросли (*Ulva lactuca* – 2 %) и мясного колбасного изделия вареного с порошком морской зеленой водоросли (*Ulva lactuca* – 2 %) на модели простейших *Tetrahymena pyriformis*. Преимущества данного метода заключается в быстроте, компактности и возможности постановки большого количества проб. Исследования проводили согласно требованиям документа «Инструкция по санитарно-микробиологическому контролю производства пищевой продукции из рыбы и морских беспозвоночных» [32].

3. Результаты и их обсуждение

На рисунке 1 представлена оценка роста и развития инфузории при разных концентрациях порошка морских зеленых водорослей *Ulva lactuca*. Как видно из данных, образцы порошка морских зеленых водорослей *Ulva lactuca* при разных концентрациях дают неплохой результат по приросту простейшей. С учетом того, что сравнение идет с казеином, полученные результаты по отклику *Tetrahymena pyriformis* на порошок *Ulva lactuca* являются прямым доказательством ростостимулирующих свойств данного продукта. Так же это является прямым доказательством рациональности (правильности) самой технологии получения этого порошка, при которой максимально были сохранены нутриенты, благотворно влияющие на рост и развитие простейшей.

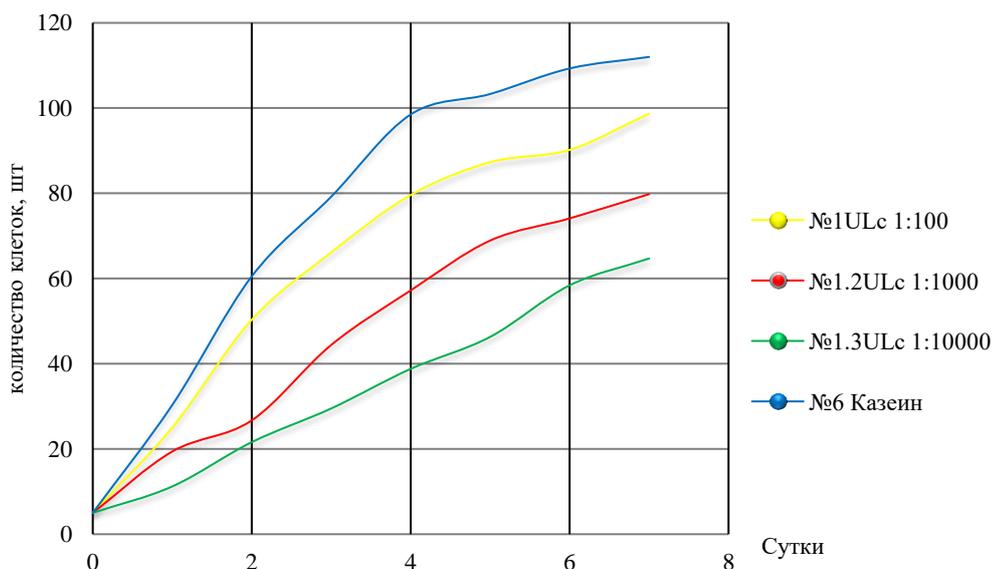


Рис. 1 – Оценка роста *Tetrahymena pyriformis* в исследуемых образцах разных концентрациях порошка морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca* в течение 7 суток экспозиции

Как видно из полученных данных, представленных в таблице 1 и рисунке 2, вареное колбасное изделие, обогащенное *Ulva Lactuca* 7-е сутки экспозиции, больше на 5,6 шт. по приросту *Tetrahymena pyriformis* по сравнению с казеином и превосходит на 21,3шт. идентичное изделие, не обогащенное морской водорослью.

Полученные данные напрямую свидетельствуют о рациональности выбранной технологии, предусматривающие обогащение мясных изделий *Ulva Lactuca*.

Таблица 1 – Оценка роста и развития инфузории в образцах с вареным мясным колбасным изделием с обогащением *Ulva Lactuca* по сравнению с контрольным образцом

Исследуемый продукт	Время генерации инфузории (сутки)								ОБЦ%
	0	1	2	3	4	5	6	7	
№2 контрольный образец	5	10,1	20,4	44,3	56,7	71,0	88,2	96,3	57,5
№3 вареное колбасное изделие обогащенное <i>Ulva lactuca</i>	5	26,5	45,3	65,7	81,4	95,9	105,2	117,6	82,6
№6 Казеин	5	30,3	60,5	79,2	98,5	103,4	109,3	112,0	100

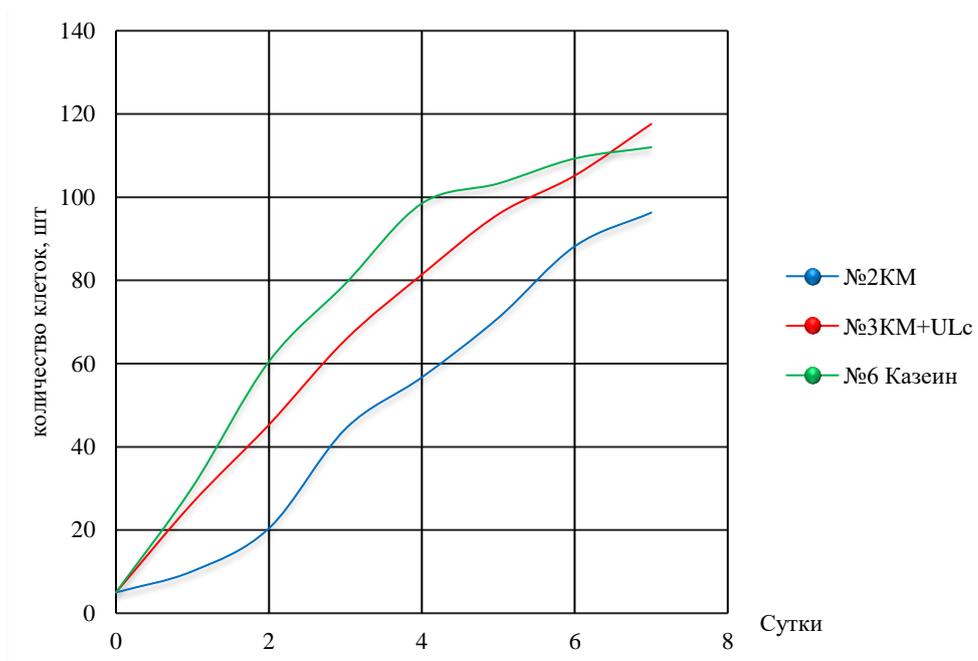


Рис. 2 – Оценка роста *Tetrahymena pyriformis* в исследуемых образцах вареного колбасного изделия с обогащением *Ulva lactuca* и без в течение 7 сут экспозиции

Примечание: №2КМ – Мясное колбасное изделие. Колбаса вареная «Молочная» категории Б, ГОСТ; №3КМ+ULc – Колбаса вареная «Молочная», обогащенная порошком морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca*; №6 – Казеин

Следует отметить, что по сравнению с откликом тест-культуры на 4е сутки экспозиции на вареное колбасное изделие полукопченое колбасное изделие немного уступают по приросту простейших, что обусловлено барьерными функциями свойственным коптильным компонентам. При этом следует отметить, что именно образец полукопченого колбасного изделия на 7е сутки экспозиции дал максимальный прирост *Tetrahymena pyriformis* превосходящий на 13шт. клеток образец с казеином №6 Казеин.

Таблица 2 – Оценка роста и развития инфузории в образцах с полукопченым мясным колбасным изделием с обогащением *Ulva Lactuca* по сравнению с контрольным образцом

Исследуемый продукт	Время генерации инфузории (сутки)								ОБЦ%
	0	1	2	3	4	5	6	7	
№4КОК	5	15,7	30,3	50,3	66,1	70,9	81,0	97,5	67,1
№5КОК+ULc	5	30,5	59,8	69,4	78,6	88,4	100,2	125,0	79,8
№6 Казеин	5	30,3	60,5	79,2	98,5	103,4	109,3	112,0	100

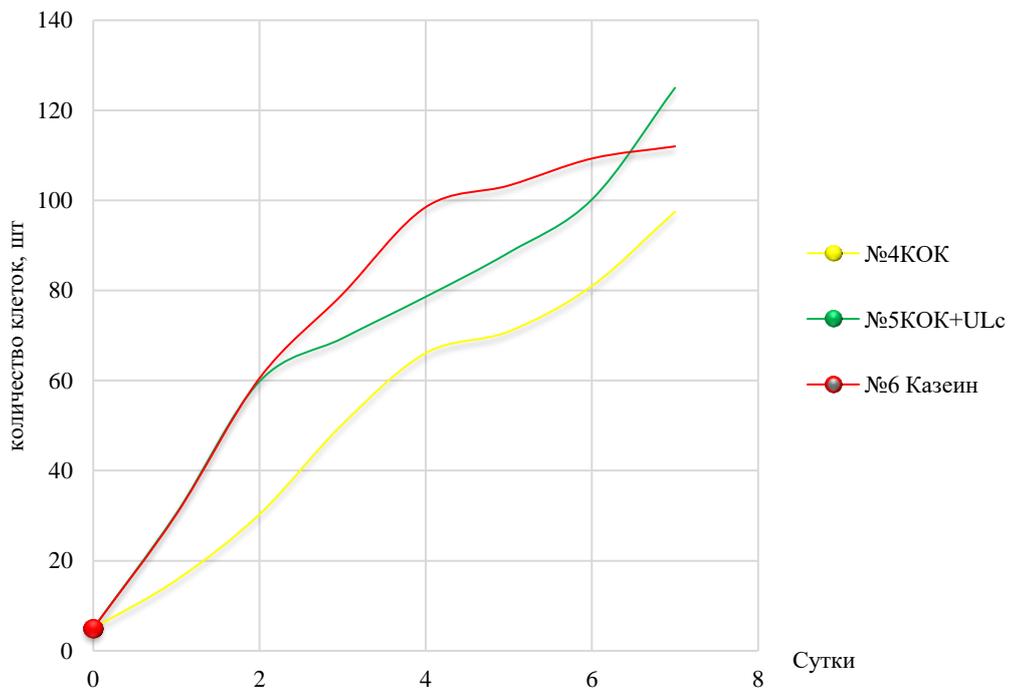


Рис. 3 – Оценка роста *Tetrahymena pyriformis* в исследуемых образцах полукопченых колбасных изделий, обогащенные порошком морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca* и без, в течение 7 сут экспозиции
 Примечание: №4КОК – Мясное колбасное изделие. Колбаски полукопченые «Охотничьи колбаски», категории В, ГОСТ; №5КОК+ULc – Мясное колбасное изделие. Колбаски полукопченые «Охотничьи колбаски», обогащенные порошком морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca*; №6 – Казеин

В ходе эксперимента отмечено, что для образцов мясных колбасных изделий, обогащенных морской зеленой водорослью свойственен более интенсивный рост и развитие живой клетки по сравнению с контрольными образцами, которые представлены колбасными изделиями, не обогащенными *Ulva lactuca*. Данный отклик тест-культуры на мясные колбасные изделия, обогащенные *Ulva lactuca*, стал возможен за счет сенегического эффекта между компонентами рецептуры позволяющие сделать продукт более удобоваримым для живой клетки.

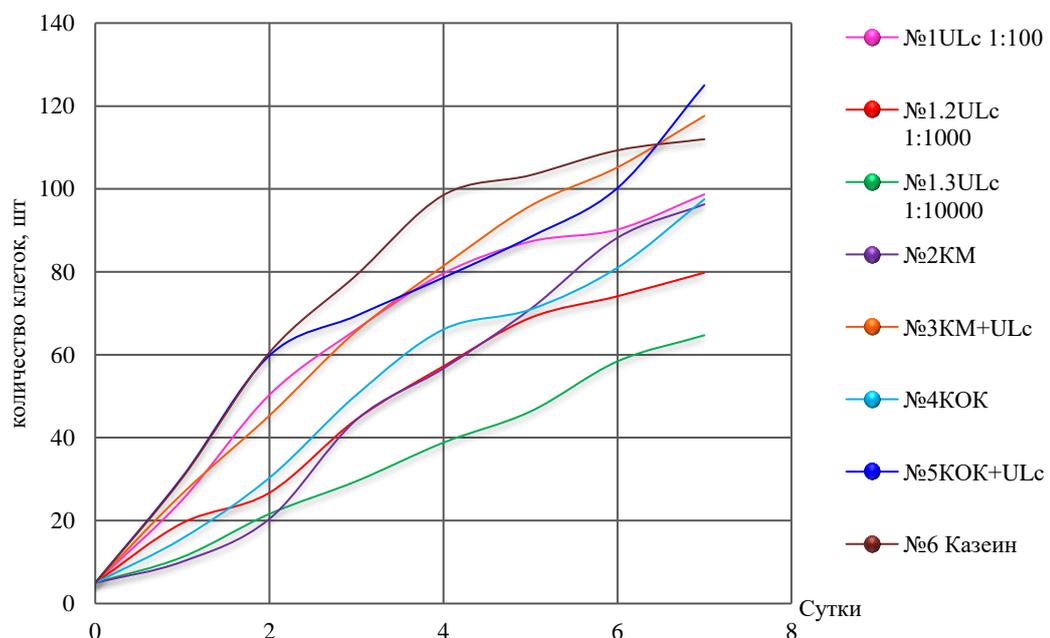


Рис. 4 – Оценка роста *Tetrahymena pyriformis* в исследуемых образцах
 Примечание: №1ULc – Сухой порошок морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca* (Концентрация 1:100); №2KM – Мясное колбасное изделие. Колбаса вареная «Молочная» категории Б, ГОСТ; №3KM+ULc – Колбаса вареная «Молочная», обогащенная порошком морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca*; №4КОК – Мясное колбасное изделие. Колбаски полукопченые «Охотничьи колбаски», категории В, ГОСТ; №5КОК+ULc – Мясное колбасное изделие. Колбаски полукопченые «Охотничьи колбаски», обогащенные порошком морских зеленых водорослей *Ulva Lactuca*; №6 – Казеин

Выявленная закономерность по отклику тест-культуры на обогащённые *Ulva Lactuca* колбасные изделия сохраняется на всем этапе проведения эксперимента. Максимальное ОБЦ свойственно для исследуемых образцов №1ULc (сухой порошок 1:100) – 80,8%, №3KM+ULc (вареное колбасное изделие, обогащенное морской водорослью) – 82,6% и №5KOK+ULc (полукопченое колбасное изделие, обогащенное морской водорослью) – 79,8%. Данный отклик можно объяснить рациональным сочетанием компонентов в мясных изделиях, что повлекло за собой более выраженный ростостимуляционный потенциал обогащенных *Ulva lactuca*.

Как видно из приведенных данных на рис. 4, колбасные изделия с добавлением порошка морской зеленой водоросли не только не оказывают негативного влияния на живую клетку тест объекта *Tetrahymena pyriformis*, а наоборот стимулирует ее рост, что напрямую указывает на положительное влияние водоросли *Ulva lactuca* на иммунные и генетические характеристики живой клетки.

В испытательном центре «Океан» проведены исследования на гигиенические требования, микробиологические показатели безопасности, минеральный состав, а также на содержание токсических элементов в сухом порошке водоросли *Ulva lactuca*. Проведя лабораторные исследования, было выявлено, что сухой порошок водоросли *Ulva lactuca* по гигиеническим показателям, содержанию токсичных элементов и микробиологическим нормам соответствует всем требованиям безопасности.

Доказано, что *Ulva lactuca* по минеральному составу богата кальцием. Также в морской зеленой водоросли содержится достаточное количество железа, цинка и фосфора.

4. Заключение

Проведены исследования влияния порошка *Ulva lactuca* на влагосвязывающую, влагоудерживающую и жирудерживающую способности фарша вареных колбасных изделий. В результате исследований показано, что внесение порошка морских зеленых водорослей *Ulva lactuca* в рецептуру вареной колбасы привело к повышению влагосвязывающей способности фарша и влаго- и жирудерживающей способностей по сравнению с контрольным вариантом.

Спрос на обогащенные продукты питания постоянно растет, и водоросли все чаще применяются для получения функциональных преимуществ, выходящих за рамки традиционных соображений, касающихся питания и здоровья.

Можно сделать вывод, что при употреблении вареных и полукопченых колбасных изделий, обогащенных порошком морской зеленой водоросли *Ulva lactuca*, в организм человека будут поступать полезные макро- и микроэлементы, необходимые для поддержания нормальной жизнедеятельности, отсюда следует, что направление развития технологии обогащенных колбасных изделий является перспективным.

Acknowledgment

The team of authors is grateful to the management of Ratimir Limited Liability Company for their assistance in developing prototypes of sausage products.

Благодарности

Коллектив авторов выражает благодарность руководству Общества с ограниченной ответственностью «Ратимир» за помощь в выработке опытных образцов колбасных изделий.

Funding

The work was supported by the Council for Grants of the President of the Russian Federation for State Support of Young Russian Scientists, grant number МК-3686.2021.4 (Scientific research topic “Rational use of processed products of non-fish objects of the water industry in the technology of safe and high-quality food products”).

Финансирование

Работа выполнена при поддержке Совет по грантам Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых, номер гранта МК-3686.2021.4 (Тема научного исследования «Рациональное использование продуктов переработки нерыбных объектов водного промысла в технологии безопасных и качественных продуктов питания»).

Conflict of Interest

None declared.

Конфликт интересов

Не указан.

References

1. Паска М.З. Сучасні тенденції формування функціональних продуктів / М.З. Паска, О.В. Лескович // Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького. — 2014. — Т. 16. — № 3-4 (60). — С. 137-147.
2. Лях В.А. Разработка рецептуры и оценка потребительских свойств хлеба с использованием продуктов переработки бурых водорослей: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.15 / Лях Владимир Алексеевич. — Владивосток, 2016. — 203 с.
3. Сафронова Т.М. Сырье и материалы рыбной промышленности: учебник / Т.М. Сафронова, В.М. Дацун, С.Н. Максимова. — 3-е изд. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — С. 130-131.
4. Ким И.Н. Пищевая безопасность водных биологических ресурсов и продуктов их переработки: учебное пособие / И.Н. Ким, А.А. Кушнирук, Г.Н. Ким. — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 752 с.
5. Desideri D. Essential and toxic elements in seaweeds for human consumption / D. Desideri, C. Cantaluppi, F. Ceccotto // Journal of Toxicology and Environmental Health. — 2016. — № 79 (3). — P. 112-122.

6. Kim S.K. Physical, chemical, and biological properties of wonder kelp – *Laminaria* / S.K. Kim, I. Bhatnagar // *Advances in Food and Nutrition Research*. — 2011. — № 64. — P. 85- 96.
7. Пат. 2228118 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/317, А 23 L 1/314, А 23 L 1/0532, А 23 L 1/308. Мясной рубленый полуфабрикат и способ его производства / Лисицын А.Б., Литвинова Е.В., Коченкова И.И. [и др.]; Заявитель и патентообладатель Государственное научное учреждение «Всероссийский научно-исследовательский институт мясной промышленности им. В.М. Горбатова РАСХН»; заявл. 13.08.2002; опубл. 10.05.2004.
8. Пат. 2518294 Российская Федерация, МПК А 23 L 1/317. Рецептурная композиция рубленого полуфабриката с белково-жировой эмульсией / Л.И. Барыбина, В.А. Дацко, Н.П. Оботурова [и др.]; Заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью научно-производственная организация «Стратегия»; заявл. 22.01.2013; опубл. 10.06.2014. Бюл. № 16.
9. Туктагулова Н.Ш. Наука молодых — инновационному развитию АПК / Н.Ш. Туктагулова // *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых*. — Уфа: Башкирский государственный аграрный университет. — 2016. — С. 352-355.
10. Ахмедова Т.П. Использование сырья водного происхождения в мясном производстве. Товароведение и технология питания / Т.П. Ахмедова // *Вестник: Орел ГИЭТ*. — 2013. — №4 (16). — С. 154-158.
11. Ахметова В.Ш. Разработка технологии колбасных изделий профилактического назначения с использованием ламинарии / В.Ш. Ахметова, А.Т. Догдырбаева // *Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум»*. — URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005918> (дата обращения: 01.03.2023).
12. Мезенова О.Я. Биотехнология рационального использования гидробионтов: учебник / под ред. О. Я. Мезеновой. — СПб.: Издательство «Лань», 2013. — С. 38-40.
13. Фоменко С. Е. Липидный состав и мембранопротекторное действие экстракта из морской водоросли *Ulva lactuca* (L.) / С. Е. Фоменко, Н.Ф. Кушнерова, В.Г. Спрыгин [и др.] // *Химия растительного сырья*. — 2019. — №3. — С. 41-51.
14. Yaich H. Chemical composition and functional properties of *Ulva lactuca* seaweed collected in Tunisia / H. Yaich, H. Garna, S. Besbes [et al.] // *Food Chem*. — 2011. — №128. — P. 895-901.
15. Wijesekara I. Different extraction procedures and analysis of protein from *Ulva* sp. in Brittany, France / I. Wijesekara, M. Lang, C. Marty // *J Appl Phycol*. — 2017. — №29. — P. 2503—2511.
16. Angell A.R. A comparison of protocols for isolating and concentrating protein from the green seaweed *Ulva ohnoi* / A.R. Angell, N.A. Paul, R. de Nys // *J Appl Phycol*. — 2017. — № 29. — P. 1011-1026.
17. Harrysson H. Production of protein extracts from Swedish red, green, and brown seaweeds, *Porphyra umbilicalis* Kützinger, *Ulva lactuca* Linnaeus, and *Saccharina latissima* (Linnaeus) J. V. Lamouroux using three different methods / H. Harrysson, M. Hayes, F. Eimer // *J Appl Phycol*. — 2018. — №30. — P. 3565-3580.
18. Olsson J. Cultivation conditions affect the monosaccharide composition in *Ulva fenestrata* / J. Olsson, G.B. Toth, A. Oerbekke // *J Appl Phycol*. — 2020.
19. Wahlström N. Cellulose from the green macroalgae *Ulva lactuca*: isolation, characterization, optotracing, and production of cellulose nanofibrils / N. Wahlström, U. Edlund, H. Pavia // *Cellulose*. — 2020. — №27. — P. 3707-3725.
20. Cosenza V.A. Seaweed Polysaccharides: Structure and Applications. *Industrial Applications of Renewable Biomass Products* / V.A. Cosenza, D.A. Navarro, N.M.A. Ponce [et al.] // Springer, Cham. — 2017.
21. Tran T.T.V. Structure analysis of sulfated polysaccharides extracted from green seaweed *Ulva lactuca*: experimental and density functional theory studies / T.T.V. Tran, B.T. Huy, H.B. Truong // *Monatsh Chem*. — 2018. — №149. — P. 197-205.
22. Olatunji O. *Ulvans*. In: *Aquatic Biopolymers*. Springer Series on Polymer and Composite Materials / O. Olatunji // Springer Nature. — 2020. — №1. — P. 169-189.
23. Sari-Chmayssem N. Extracted ulvans from green algae *Ulva linza* of Lebanese origin and amphiphilic derivatives: evaluation of their physico-chemical and rheological properties / N. Sari-Chmayssem, S. Taha, H. Mawlawi // *J. Appl Phycol*. — 2019. — №31. — P. 1931-1946.
24. Thanh T.T.T. Structure and cytotoxic activity of ulvan extracted from green seaweed *Ulva lactuca* / T.T.T. Thanh, T.M.T. Quach, T.N. Nguyen [et al.] // *Int J Biol Macromol*. — 2016. — №93. — P. 695-702.
25. Kidgell J.T. Ulvan: a systematic review of extraction, composition and function / J.T. Kidgell, M. Magnusson, R. de Nys [et al.] // *Algal Research*. — 2019. — № 39(101422). — P. 1-20.
26. Bang T.H. Nanogels of acetylated ulvan enhance the solubility of hydrophobic drug curcumin / T.H. Bang, T.T.T. Van, L.X. Hung // *Bull Mater Sci*. — 2019. — №42(1).
27. Jannat-Alipour H. Edible green seaweed, *Ulva intestinalis* as an ingredient in surimi-based product: chemical composition and physicochemical properties / H. Jannat-Alipour, M. Rezaei, B. Shabanpour // *J Appl Phycol*. — 2019. — №31. — P. 2529-2539.
28. Anh H.T.L. Production of pyruvate from *Ulva reticulata* using the alkaliphilic, halophilic bacterium *Halomonas* sp. BL6 / H.T.L. Anh, Y. Kawata, L.T. Tam // *J Appl Phycol*. — 2020.
29. Wu Z. Application of ensilage as a green approach for simultaneous preservation and pretreatment of macroalgae *Ulva lactuca* for fermentable sugar production / Z. Wu, D. Li, Y. Cheng // *Clean Techn Environ Policy*. — 2018. — №20. — P. 2057-2065.
30. Barzkar N. An overview on marine cellulolytic enzymes and their potential applications / N. Barzkar, M. Sohail // *Appl Microbiol Biotechnol*. — 2020. — №104. — P. 6873-6892.
31. Trivedi N. An alkali-halotolerant cellulase from *Bacillus flexus* isolated from green seaweed *Ulva lactuca* / N. Trivedi, V. Gupta, M. Kumar [et al.] // *Carbohydr Polym*. — 2011. — №83(2). — P. 891-897.
32. Игнатъев А.Д. Модификация метода биологической оценки пищевых продуктов с помощью ресничной инфузории тетрахимена пириформис / А.Д. Игнатъев, М.К. Исаев, В.А. Долгов [др.] // *Вопросы питания*. — 1980. — №1. — С. 70-71.

References in English

1. Paska M.Z. Suchasni tendencii formuvannya funkcional'nih produktiv [Modern Trends in the Formation of Functional Products] / M.Z. Paska O.V. Leskovich // Naukoviy visnik LNUVMBT imeni S.Z. Izhic'kogo [Scientific Bulletin of LNUVMBT named after S.Z. Hzytskyi]. — 2014. — Vol. 16. — № 3-4 (60). — P. 137-147. [in Ukrainian]
2. Lyakh V.A. Razrabotka receptury i ozenka potrebitel'skih svojstv hleba s ispol'zovaniem produktov pererabotki buryh vodoroslej [Formulation Development and Evaluation of Consumer Properties of Bread Using Brown Algae Processing Products: dis. ... PhD in Technical Sciences: 05.18.15 / Lyakh Vladimir Alekseevich. — Vladivostok, 2016. — 203 p. [in Russian]
3. Safronova T.M. Syr'e i materialy rybnoj promyshlennosti [Raw Materials and Materials of the Fishing Industry]: Textbook / T.M. Safronova, V.M. Datsun, S.N. Maksimova. — 3rd ed. — St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2013. — P. 130-131. [in Russian]
4. Kim I.N. Pishchevaya bezopasnost' vodnyh biologicheskikh resursov i produktov ih pererabotki [Food Safety of Aquatic Biological Resources and Products of Their Processing]: Textbook / I.N. Kim, A.A. Kushniruk, G.N. Kim. — St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2017. — 752 p. [in Russian]
5. Desideri D. Essential and Toxic Elements in Seaweeds for Human Consumption / D. Desideri, C. Cantaluppi, F. Ceccotto // Journal of Toxicology and Environmental Health. — 2016. — № 79 (3). — P. 112-122.
6. Kim S.K. Physical, Chemical, and Biological Properties of Wonder Kelp – Laminaria / S.K. Kim, I. Bhatnagar // Advances in Food and Nutrition Research. — 2011. — № 64. — P. 85-96.
7. Pat. 2228118 Russian Federation, IPC A 23 L 1/317, A 23 L 1/314, A 23 L 1/0532, A 23 L 1/308. Myasnoj rublenyj polufabrikat i sposob ego proizvodstva [Minced Meat Semi-finished Product and Method of Its Production] / Lisitsyn A.B., Litvinova E.V., Kochenkova I.I. [et al.]; Applicant and patent holder State Scientific Institution "All-Russian Scientific Research Institute of Meat Industry named after V.M. Gorbato RASKHN"; application 13.08.2002; publ. 10.05.2004. [in Russian]
8. Pat. 2518294 Russian Federation, IPC A 23 L 1/317. Recepturnaya kompoziciya rublenogo polufabrikata s belkovo-zhirovoj emul'siej [Recipe Composition of Chopped Semi-Finished Product with Protein-fat Emulsion] / L.I. Barybina, V.A. Datsko, N.P. Oboturova [et al.]; Applicant and patent holder Limited Liability Company scientific and production organization "Strategy"; application. 22.01.2013; publ. 10.06.2014. Byul. No. 16. [in Russian]
9. Tuktagulova N.Sh. Nauka molodyh – innovacionnomu razvitiyu APK [Science of the Young – Innovative Development of Agricultural Complex] / N.Sh. Tuktagulova // Materialy IX Vserossijskoj nauchno-prakticheskoy konferencii molodyh uchenyh [Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference of Young Scientists]. — Ufa: Bashkir State Agrarian University. — 2016. — P. 352-355. [in Russian]
10. Akhmedova T.P. Ispol'zovanie syr'ya vodnogo proiskhozhdeniya v myasnom proizvodstve. Tovarovedenie i tekhnologiya pitaniya [The Use of Raw Materials of Water Origin in Meat Production. Commodity Science and Food Technology] / T.P. Akhmedova // Vestnik: Orel GIET [Bulletin: Oryol GIET]. — 2013. — №4 (16). — P. 154-158. [in Russian]
11. Akhmetova V.Sh. Razrabotka tekhnologii kolbasnyh izdelij profilakticheskogo naznacheniya s ispol'zovaniem laminarii [Development of Technology of Sausage Products for Preventive Purposes Using Kelp] / V.Sh. Akhmetova, A.T. Dogdyrbayeva // Materialy X Mezhdunarodnoj studencheskoj nauchnoj konferencii «Studencheskij nauchnyj forum» [Materials of the X International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"]. — URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018005918> (accessed: 01.03.2023) [in Russian]
12. Mezenova O.Ya. Biotekhnologiya racional'nogo ispol'zovaniya gidrobiontov [Biotechnology of Rational Use of Hydrobionts]: Textbook / edited by O. Ya. Mezenova. — St. Petersburg: Publishing House "Lan", 2013. — P. 38-40. [in Russian]
13. Fomenko S. E. Lipidnyj sostav i membranoprotektojnoe dejstvie ekstrakta iz morskoy vodorosli Ulva Lactuca (L.) [Lipid Composition and Membrane-protective Effect of the Extract from the Seaweed Ulva Lactuca (L.)] / S. E. Fomenko, N.F. Kushnerova, V.G. Sprygin [et al.] // Himiya rastitel'nogo syr'ya [Chemistry of Vegetable Raw Materials]. — 2019. — No. 3. — P. 41-51. [in Russian]
14. Yaich H. Chemical Composition and Functional Properties of Ulva lactuca Seaweed Collected in Tunisia / H. Yaich, H. Garna, S. Besbes [et al.] // Food Chem. — 2011. — №128. — P. 895-901.
15. Wijesekara I. Different Extraction Procedures and Analysis of Protein from Ulva sp. in Brittany, France / I. Wijesekara, M. Lang, C. Marty // J Appl Phycol. — 2017. — №29. — P. 2503-2511.
16. Angell A.R. A Comparison of Protocols for Isolating and Concentrating Protein from the Green Seaweed Ulva ohnoi / A.R. Angell, N.A. Paul, R. de Nys // J Appl Phycol. — 2017. — № 29. — P. 1011-1026.
17. Harrysson H. Production of Protein Extracts from Swedish Red, Green, and Brown Seaweeds, Porphyra umbilicalis Kützing, Ulva lactuca Linnaeus, and Saccharina latissima (Linnaeus) J. V. Lamouroux Using Three Different Methods / H. Harrysson, M. Hayes, F. Eimer // J Appl Phycol. — 2018. — №30. — P. 3565-3580.
18. Olsson J. Cultivation Conditions Affect the Monosaccharide Composition in Ulva fenestrata / J. Olsson, G.B. Toth, A. Oerbekke // J Appl Phycol. — 2020.
19. Wahlström N. Cellulose from the Green macroalgae Ulva lactuca: Isolation, Characterization, Optotracing, and Production of Cellulose Nanofibrils / N. Wahlström, U. Edlund, H. Pavia // Cellulose. — 2020. — №27. — P. 3707-3725.
20. Cosenza V.A. Seaweed Polysaccharides: Structure and Applications. Industrial Applications of Renewable Biomass Products / V.A. Cosenza, D.A. Navarro, N.M.A. Ponce [et al.] // Springer, Cham. — 2017.
21. Tran T.T.V. Structure Analysis of Sulfated Polysaccharides Extracted from Green Seaweed Ulva lactuca: Experimental and Density Functional Theory Studies / T.T.V. Tran, B.T. Huy, H.B. Truong // Monatsh Chem. — 2018. — №149. — P. 197-205.
22. Olatunji O. Ulvans. In: Aquatic Biopolymers. Springer Series on Polymer and Composite Materials / O. Olatunji // Springer Nature. — 2020. — №1. — P. 169-189.

23. Sari-Chmayssem N. Extracted ulvans from Green Algae *Ulva linza* of Lebanese Origin and Amphiphilic Derivatives: Evaluation of Their Physico-chemical and Rheological Properties / N. Sari-Chmayssem, S. Taha, H. Mawlawi // *J Appl Phycol.* — 2019. — №31. — P. 1931-1946.
24. Thanh T.T.T. Structure and Cytotoxic Activity of Ulvan Extracted from Green Seaweed *Ulva lactuca* / T.T.T. Thanh, T.M.T. Quach, T.N. Nguyen [et al.] // *Int J Biol Macromol.* — 2016. — №93. — P. 695-702.
25. Kidgell J.T. Ulvan: a Systematic Review of Extraction, Composition and Function / J.T. Kidgell, M. Magnusson, R. de Nys [et al.] // *Algal Research.* — 2019. — № 39(101422). — P. 1-20.
26. Bang T.H. Nanogels of Acetylated Ulvan Enhance the Solubility of Hydrophobic Drug Curcumin / T.H. Bang, T.T.T. Van, L.X. Hung // *Bull Mater Sci.* — 2019. — №42(1).
27. Jannat-Alipour H. Edible Green Seaweed, *Ulva Intestinalis* as an Ingredient in Surimi-based Product: Chemical Composition and Physicochemical Properties / H. Jannat-Alipour, M. Rezaei, B. Shabanpour // *J Appl Phycol.* — 2019. — №31. — P. 2529-2539.
28. Anh H.T.L. Production of Pyruvate from *Ulva reticulata* Using the Alkaliphilic, Halophilic Bacterium *Halomonas* sp. BL6 / H.T.L. Anh, Y. Kawata, L.T. Tam // *J Appl Phycol.* — 2020.
29. Wu Z. Application of Ensilage as a Green Approach for Simultaneous Preservation and Pretreatment of Macroalgae *Ulva lactuca* for Fermentable Sugar Production / Z. Wu, D. Li, Y. Cheng // *Clean Techn Environ Policy.* — 2018. — №20. — P. 2057-2065.
30. Barzkar N. An Overview on Marine Cellulolytic Enzymes and Their Potential Applications / N. Barzkar, M. Sohail // *Appl Microbiol Biotechnol.* — 2020. — №104. — P. 6873-6892.
31. Trivedi N. An Alkali-halotolerant Cellulase from *Bacillus flexus* Isolated from Green Seaweed *Ulva lactuca* / N. Trivedi, V. Gupta, M. Kumar [et al.] // *Carbohydr Polym.* — 2011. — №83(2). — P. 891-897.
32. Ignatiev A.D. Modifikaciya metoda biologicheskoy ocenki pishchevyh produktov s pomoshch'yu resnichnoj infuzorii *tetrahimena piriformis* [Modification of the Method of Biological Evaluation of Food Products Using the Ciliated Infusoria *Tetrachymena Piriformis*] / A.D. Ignatiev, M.K. Isaev, V.A. Dolgov [et al.] // *Voprosy pitaniya* [Nutrition Issues]. — 1980. — No. 1. — P. 70-71. [in Russian]