

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i3.s146>

Биологическая активация хлебопекарных дрожжей и возможность обогащения продукции хлебопечения пептидами

И. Ю. Резниченко¹, Г. С. Акопян², С. Л. Тихонов³,
Н. В. Тихонова³

¹ Кузбасская государственная
сельскохозяйственная академия,
Кемерово, Россия

² Курганская государственная
сельскохозяйственная академия
имени Т.С. Мальцева, Курган, Россия

³ Уральский государственный
экономический университет,
Екатеринбург, Россия

Корреспонденция:

Тихонов Сергей Леонидович,
ФГБОУ ВО «Уральский государственный
экономический университет,
620144, г. Екатеринбург 641300,
E-mail: tihonov75@bk.ru

Конфликт интересов:

авторы сообщают об отсутствии
конфликта интересов

Поступила: 22.08.2022

Принята: 28.09.2022

Опубликована: 30.09.2022

Copyright: © 2022 Авторы

АННОТАЦИЯ

Введение. Интенсификация бродильной активности хлебопекарных дрожжей в хлебопечении и придание дополнительной пищевой ценности продуктам питания массового потребления является актуальным направлением научных исследований.

Цель — оценка влияния на активацию дрожжей хлебопекарных *Saccharomyces cerevisiae* при замесе теста частичной замены раствора пищевой соли на ферментативный гидролизат молозива коров на и изучение возможности обогащения хлебобулочных изделий биологически активными пептидами.

Материалы и методы. Материалами для исследований служили модельные образцы теста, приготовленные без активации дрожжей и на активированных дрожжах с применением ферментативного гидролизата молозива коров. Наличие пептидов в образцах теста проводили на масс-спектрометре МАЛДИ-ТОФ, расшифровку — с помощью базы данных Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США) с использованием базы данных Protein NCBI.

Результаты. Установлено, что замена применяемого в рецептуре теста раствора поваренной соли на ферментативный гидролизат молозива коров положительно влияет на активацию метаболических процессов в дрожжевых клетках *Saccharomyces cerevisiae*. Полученные результаты свидетельствуют о том, что по сравнению с контролем подъемная сила дрожжей прессованных хлебопекарных с полной заменой раствора соли на ферментативный гидролизат молозива коров увеличилось на 26 %, для дрожжей сухих подъемная увеличилась по сравнению с контрольным образцом на 20 %. В модельных образцах теста идентифицирован биологически активный пептид, присутствующий в используемом ферментативном гидролизате молозива коров, определена последовательность аминокислот и молекулярная масса выделенного пептида.

Выводы. Применение ферментативного гидролизата молозива коров в технологии хлебобулочных изделий позволит ускорить производственный технологический процесс и обогатить хлеб биологически активными пептидами. Но вместе с тем необходимо проведение дополнительных исследований по влиянию активированных дрожжей на показатели качества и сохранности биологически активных пептидов в готовом хлебе.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

дрожжи хлебопекарные, активация, молозиво коров, пептиды, обогащение, ферментативный гидролизат



Для цитирования: Резниченко, И. Ю., Акопян, Г. С., Тихонов, С. Л., & Тихонова, Н. В. (2022). Биологическая активация хлебопекарных дрожжей и возможность обогащения продукции хлебопечения пептидами. *Health, Food & Biotechnology*, 4(3), 49–59. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i3.s146>.

<https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i3.s146>

Biological Activation of Baker's Yeast and the Possibility of Enriching Bakery Products with Peptides

Irina Yu. Reznichenko¹, Giorgi S. Hakobyan², Sergey L. Tikhonov³,
Natalia V. Tikhonova³

¹ Kuzbass State Agricultural Academy,
Kemerovo, Russia

² Kurgan State Agricultural Academy
named after T.S. Maltsev, Kurgan, Russia

³ Ural State University of Economics,
Yekaterinburg, Russia

Correspondence:

Sergey L. Tikhonov,
Ural State University of Economics,
620144, Yekaterinburg 64130, Russia
E-mail: tihonov75@bk.ru

Declaration of competing interest:
none declared.

Received: 22.08.2022

Accepted: 28.09.2022

Published: 30.09.2022

Copyright: © 2022 The Authors

ABSTRACT

Introduction. The stimulation of the fermentation activity of baker's yeast in baking and giving additional nutritional value to mass consumption food products is an important area of scientific research.

Purpose. The purpose of the study is to evaluate the effect of partial replacement of a salt solution with an enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum on the activation of baking yeast *Saccharomyces cerevisiae* when kneading the dough and to study the possibility of enriching bakery products with biologically active peptides.

Materials and Methods. The research materials were model dough samples prepared without yeast activation and on activated yeast using enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum. The presence of peptides in the dough samples was determined on a MALDI-TOF mass spectrometer, decryption was performed using the Mascot database, the Peptide Fingerprint option (Matrix Science, USA) using the Protein NCBI database.

Results. It has been established that the replacement of the sodium chloride solution used in the dough formulation with the enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum has a positive effect on the activation of metabolic processes in the yeast cells of *Saccharomyces cerevisiae*. The results obtained indicate that, compared with the control, the lifting force of pressed baker's yeast with a complete replacement of the salt solution with the enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum increased by 26 %, for dried yeast, the lifting force increased by 20 % compared to the control sample. In model dough samples, a biologically active peptide present in the used enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum was identified, the amino acid sequence and molecular weight of the isolated peptide were determined.

Conclusions. The use of enzymatic hydrolyzate of bovine colostrum in the technology of bakery products will speed up the production process and enrich the bread with biologically active peptides. But at the same time, it is necessary to conduct additional studies on the effect of activated yeast on the quality and shelf life of biologically active peptides in finished bread.

KEYWORDS

baking yeast, activation, bovine colostrum, peptides, enrichment, enzymatic hydrolyzate



To cite: Reznichenko, I. Yu., Hakobyan, G. S., Tikhonov, S. L., & Tikhonova, N. V. (2022). Biological activation of baker's yeast and the possibility of enrichment of bakery products with peptides. *Health, Food & Biotechnology*, 4(3), 49–59. <https://doi.org/10.36107/hfb.2022.i3.s146>

ВВЕДЕНИЕ

Современная технология хлебопекарного производства объединяет научные достижения в области электротехнологии, технической микробиологии, биотехнологии, инновационных технологических решений в хлебопекарном производстве. В этой связи большое научно-практическое значение имеет изучение физиологического состояния микроорганизмов, участвующих в процессах хлебопечения и осуществляемого ими метаболизма. Оптимизация жизнедеятельности микроорганизмов, в частности повышение активности хлебопекарных дрожжей, способствующих повышению качества хлебобулочной продукции – актуальная задача (Лукина, 2013; Черных, 2020).

Основным сырьем, формирующим качество хлеба, является мука, вода, дрожжи и соль. Качество готового продукта в большей степени зависит от вида используемой муки, вида и активности дрожжей, применяемой технологии производства. Большое внимание в настоящее время уделяется процессу активации дрожжей, т.к. дрожжевые клетки вида *Saccharomyces cerevisiae* и их физиологическая активность влияют на ускорение процесса тестоведения и способствуют сокращению времени брожения теста, тем самым снижая временные затраты на весь технологический цикл производства. Известны способы активации хлебопекарных дрожжей путем ультразвуковой обработки водных суспензий. Установлено, что с повышением температурного режима ультразвуковая обработка приводит к агглютинации дрожжевых клеток, рекомендована необходимость выбора режимов ультразвуковой обработки для достижения нужного результата при производстве хлеба и хлебобулочных изделий. Показано, что обработка суспензии пекарских дрожжей ультразвуком с частотой 35 кГц, интенсивностью 1 Вт/см² и экспозицией в течение 3 мин. способствует разделению дрожжевых конгломератов на отдельные клетки, активирует ферментативную систему дрожжей и водную фазу закваски (Красникова, 2021).

Предложено использование бурых водорослей в качестве биостимуляторов активности дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и проведена оценка их влияния на технологические показатели хлебопекарных дрожжей. Доказано, что добавление биологически активной добавки «Фуколам-С-сырье» в нативном виде увеличивает прирост биомассы дрожжей на 23 %, а микроструктурированных полисахаридов на 38 % (Паймулина, 2020). Исследована возможность применения порошка томатов в качестве добавки для активации хлебопекарных дрожжей. Определены показатели качества полуфабрикатов и готовых изделий при замене от 1 до 7 % муки пшеничной первого сорта порошком томатов, установлены оптимальные дозировки (Русина, 2020).

Авторами (Nascimento, 2020) проведена оценка биотехнологического потенциала *Saccharomyces cerevisiae* FT858 с помощью параметров кинетического роста и влияния концентрации субстрата на синтез фермента инвертазы. Инвертазы обладают высоким биотехнологическим потенциалом, и на их производство дрожжами сильно влияют сахара в среде. *Saccharomyces cerevisiae* FT858 обладает отличным биотехнологическим потенциалом по сравнению с эталонными промышленными дрожжами *Saccharomyces cerevisiae* CAT-1. Доказано, что концентрация субстрата влияет на выработку инвертазы, и экспрессия фермента подвергалась сильной регуляции с помощью концентрации глюкозы в культуральной среде, а *S. Cerevisiae* CAT-1 проявляли конститутивное поведение для фермента инвертазы.

Следовательно, учеными рассматриваются различные технологические приемы интенсификации бродительной активности хлебопекарных дрожжей, что в условиях расширения сети минипекарен и малых предприятий особенно актуально.

Не менее важным является направление по приданию дополнительной пищевой ценности пищевой продукции массового потребления, что связано с использованием в рецептуре биологически активных веществ, разработкой продуктов специализированного назначения. Если рассматривать указанное направление применительно к хлебобулочным изделиям следует учитывать, что *Saccharomyces cerevisiae* могут являться источником продуцирования биологически активных веществ, в частности, S-аденозил-L-метионина (соединения с важными физиологическими функциями, SAM). Авторами (Weng, 2022) для увеличения продуцирования SAM штамм *Saccharomyces cerevisiae* ZY 1–5 подвергали воздействию ультрафиолета. Установлено, что титр SAM при ферментации во встряхивающей колбе достиг 1,31 г/л, что на 191 % выше, чем у штамма ZY 1–5. При оптимальных условиях титр SAM и биомасса дрожжей в 5-литровом биореакторе были выше на 142,86 % и 34,22 %, чем у контрольных образцов.

Saccharomyces cerevisiae способны продуцировать L-тирозин. Авторы (Li, 2020) провели серию генетических модификаций к штамму *Saccharomyces cerevisiae* дикого типа BY4741, чтобы устранить узкие места в пути L-тирозина. Ген тирозин-аммиачной лиазы (TAL) из *Rhodobacter capsulatus*, который может катализировать превращение L-тирозина в *p*-кумаровую кислоту, был сверхэкспрессирован для облегчения анализа L-тирозина и проверки способности штамма синтезировать гетерологичные производные. Авторы увеличили поступление предшественников путем сверхэкспрессии гена трансальдолазы TAL1, гена II ENO2 и гена пентафункционального фермента ARO1, что привело к увеличению производства *p*-кумаровой кислоты в 55 раз. Во-втор-

рых, ингибирование обратной связи 3-дезоксид-арабино-гептулозонат-7-фосфатсинтазы и хорисматмутаза было уменьшено за счет сверхэкспрессии мутантных устойчивых к обратной связи *ARO4^{K229}* и *ARO7^{G141S}*, и было получено 3,61-кратное улучшение продукции *p*-кумаровой кислоты. Образование побочных продуктов было уменьшено путем удаления гена пируватдекарбоксилазы *PDC5* и гена фенилпируватдекарбоксилазы *ARO10*, а производство *p*-кумаровой кислоты увеличилось в 2,52 раза. Лучший продуцент — когда *TAL1*, *ENO2*, *ARO1*, *ARO4^{K229L}*, *ARO7^{G141}* и *TAL* были сверхэкспрессированы, а *PDC5* и *ARO10* были удалены — увеличили выработку *p*-кумаровой кислоты в 14,08 раза (с 1,4 до 19,71 мг/л⁻¹).

Результаты исследований авторов (Sacerdote, 2013; Conte, 2013) указывают на возможность применения продуктов переработки молозива коров в качестве функционального рецептурного компонента в составе пищевой продукции специализированного назначения.

С учетом того, что для активации *Saccharomyces cerevisiae* для предотвращения снижения интенсивности размножения и бродильной активности дрожжей в сусло необходимо вносить недостающие питательные вещества, в частности, аминокислоты, минеральные вещества (Новоселова, 2015) нами рассмотрена возможность использования ферментативного гидролизата молозива коров для активации хлебопекарных дрожжей и обогащения теста биологически активными веществами.

Молозиво коров является одним из популярных нутрицевтиков, который включает множество биологически активных компонентов, в частности, иммуноглобулины, лактоферрин, биологически активные пептиды (БАП), минеральные вещества и др. (Mehra, 2022).

На потребительском рынке продуктов функционального и специализированного назначения Российской Федерации представлены зарубежные биологически активные добавки, содержащие продукты переработки молозива коров, в частности, «Молозиво TSN» (NutriCare International, США), «Колострум НСП» (Nature's Sunshine Products, США) и другие (Головач, 2014).

Особое внимание в составе молозива коров заслуживают БАП. По данным (Samtiya, 2022) БАП могут быть высвобождены путем ферментативного гидролиза (Menchetti, 2016; Tripoteau, 2015; Salampessy, 2015; Alvarez, 2017) и обладать противораковой, антимикробной, антиоксидантной, антигипертензивной, гиполипидемической и антидиабетической активностью (Chernukha, 2020; Pérez-Gregorio, 2020; Amigo, 2020; Apostolopoulos, 2021; Furukawa, 2021; Пинегин, 2019; Chernukha, 2017; Xu, 2019; Li, 2019; Meng, 2020; Vanzolini, 2022).

Цель работы — оценка влияния на активацию дрожжей хлебопекарных *Saccharomyces cerevisiae* при замесе теста частичной замены раствора пищевой соли на ферментативный гидролизат молозива коров на и изучение возможности обогащения хлебобулочных изделий биологически активными пептидами.

МЕТОДЫ

Материалы

Материалы исследования: мука пшеничная хлебопекарная высшего сорта, выработанная по ГОСТ 25574–2017 (производитель ООО «Привоз», Россия, г. Новосибирск, ул. Станционная, 38); дрожжи прессованные хлебопекарные «Люкс Экстра», выработанные по ТУ 10.89.13–038–48975583–2018, дрожжи сухие хлебопекарные активные «САФ-ЛЕВЮР», выработанные по ТУ 10.89.13–036–48975583–2018 (производитель ООО «САФ-НЕВА», Россия, г. Воронеж, ул. Дмитрова, 110), модельные образцы теста, приготовленные на активированных дрожжах с применением трипсина гидролизата молозива коров, имеющего в составе 7 пептидов от 4 до 9 аминокислотных остатков с молекулярной массой от 1,7 до 8 кДа. Количество белка в ферментативном гидролизате составляет 2,8 %, жира — 0,6 % и золы — 7,1 %, пептидов — 2,3 мг/мл.

Методы исследования

Определение влажности муки пшеничной хлебопекарной проводили по ГОСТ 9404–88 методом высушивания в сушильном шкафу (марка SNOL 20/30, производитель АВ UMEGA, Литва), цвет, запаха, вкус и хруст определили по ГОСТ 27558–87, количество и качество клейковины по ГОСТ 27839–2013. Для определения качества клейковины применяли прибор ИДК-3М, производитель АО «Промприбор», Россия. Дрожжи хлебопекарные прессованные анализировали по ГОСТ Р 54731–2011, массовую долю влаги дрожжей определяли ускоренным методом, для этого использовали прибор Чижовой (марка ПЧМЦ, производитель ООО «ОЛИС», Россия), подъемную силу дрожжей с имеющимися сроками хранения со дня выработки определяли ускоренным способом, использовали термостат марки ST1, Россия. Дрожжи сушеные анализировали по ГОСТ Р 54845–2011. Пробную лабораторную выпечку осуществляли по ГОСТ 27669–88. Наличие пептидов в образцах теста проводили на масс-спектрометре МАЛДИ-ТОФ, расшифровку — с помощью базы данных Mascot, опция Peptide Fingerprint («Matrix Science», США) с использованием базы данных Protein NCBI.

Для биологической активации метаболизма дрожжей применяли ферментативный гидролизат молозива ко-

ров, который представляет собой жидкую питательную смесь, которую вносили при замесе теста. В качестве контрольного образца служил образец без внесения ферментативного гидролизата молозива коров. Для исследования влияния ферментативного гидролизата молозива коров на биологическую активацию дрожжей анализировали модельные образцы, приготовленные по стандартной методике: 0,31 г дрожжей помещали в фарфоровую чашку, приливали 4,8 см³ приготовленного 2,5 % раствора поваренной соли, нагретого до 35 °С, и тщательно перемешивали шпателем. К полученному раствору добавляли 7 г муки, замешивали тесто и придали ему форму шарика. Шарик опускали в стакан с водой, нагретой до температуры 35 °С, и помещали в термостат с той же температурой для определения подъемной силы. Приготовление образцов с внесением ферментативного гидролизата молозива коров осуществляли аналогичным образом. Ферментативный гидролизат молозива коров вносили в количестве 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 см³, что соответствует образцам № 2–10, при этом уменьшая количества раствора соли. Образец № 1 является контрольным (замену раствора пищевой соли не проводили).

Анализ данных

Анализ данных выполнен в пакете статистических программ STATISTICA 6.0 (StatSoft, Inc. 2001). Данные представлены в виде среднего арифметического ($\bar{M}$) $\pm$ стандартная ошибка среднего (m). Для проверки гипотезы об однородности двух независимых выборок использовали непараметрический критерий Манна-Уитни (Mann-Whitney Utest). При проверке статистических гипотез использовали 5% уровень значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты по исследованию показателей качества муки пшеничной хлебопекарной высшего сорта приведены в Таблице 1. Показатели качества используемых дрожжей приведены в Таблицах 2, 3.

Из представленных данных в Таблица 1–3 следует, что сырье для производства хлеба соответствует требованиям всем нормативным документам.

Динамика подъемной силы дрожжей приведена на Рисунке 1.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что по сравнению с контролем (№ 1) подъемная сила дрожжей прессованных хлебопекарных (в минутах) образца № 10 с полной заменой раствора соли на ферментативный гидролизат молозива коров увеличилось

Таблица 1

Показатели качества муки пшеничной хлебопекарной

Наименование показателя	Норма по ГОСТ 25574–2017	Фактически
Вкус	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький	Свойственный пшеничной муке, без посторонних привкусов, не кислый, не горький
Запах	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый	Свойственный пшеничной муке, без посторонних запахов, не затхлый, не плесневый
Наличие минеральной примеси	При разжевывании муки не должно ощущаться хруста	При разжевывании муки не ощущается хруста
Цвет	Белый или белый с кремовым оттенком	Белый
Количество клейковины, %, не менее	28,0	31,5 + 0,3
Качество клейковины, ед. ИДК	45–90	52,5 + 0,5
Влажность, %, не более	15,0	11,4 + 0,3

Таблица 2

Показатели качества дрожжей хлебопекарных прессованных

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.89.13–038-48975583–2018	Фактически
Внешний вид	Плотная масса, легко ломается и не мажется	Плотная масса, легко ломается и не мажется
Цвет	Равномерный, без пятен, светлый, допускается сероватый, кремоватый или желтоватый оттенок	Равномерный, без пятен, с кремоватым оттенком
Запах	Свойственный дрожжам	Свойственный дрожжам
Вкус	Пресный, свойственный дрожжам, без постороннего привкуса	Пресный, свойственный дрожжам, без постороннего привкуса
Массовая доля сухого вещества, %, не менее	27	30,6 + 0,3
Подъемная сила, мин, не более	60	58,5 + 0,5

Таблица 3
Показатели качества дрожжей хлебопекарных сушеных

Наименование показателя	Норма по ТУ 10.89.13–036-48975583–2018	Фактически
Внешний вид	Форма вермишели, гранул, мелких зерен, кусочков, порошка или крупобразный	Форма мелких зерен
Цвет	Светло-желтый или светло-коричневый	Равномерный светло-желтый
Запах	Свойственный сушеным дрожжам, без посторонних запахов: гнилостного, плесени и др.	Свойственный дрожжам, без посторонних запахов
Вкус	Пресный, свойственный дрожжам, без постороннего привкуса	Пресный, свойственный дрожжам, без постороннего привкуса
Массовая доля влаги, %, не более	8,0	6,0 + 0,3
Подъемная сила, мин, не более	60,0	58,0 + 0,5

на 26 % (время подъема шарика теста сократилось с 58,5 до 43,0 мин.). Для дрожжей сушеных подъемная сила образца с полной заменой раствора соли на ферментативный гидролизат молозива коров увеличилась по сравнению с контрольным образцом на 20 % (время подъема шарика теста сократилось с 58,0 до 46,5 мин.). Полученные данные свидетельствуют о том, что включение ферментативного гидролизата молозива коров в рецептуру теста положительно влияет на физиологическую активность дрожжей, при этом прослеживается линейная зависимость, динамика снижения подъемной силы с увеличением количества гидролизата, что подтверждает повышение активности хлебопекарных дрожжей.

На Рисунке 2 в качестве примера представлен масс-спектр одного из выделенных биологически активных пептидов (ТТ1) в тесте, полученных путем гомогенизации теста с дистиллированной водой, осаждения белков сульфатом аммония, центрифугирования до образования белкового осадка с последующей очисткой от неорганических примесей и выделением пептидов методом препаративной хроматографии.

Выделенный пептид ранее был также обнаружен в ферментативном гидролизате молозива коров и имеет следующую аминокислотную последовательность EGKSPRQ CLK SR G RK GY с молекулярной массой 8,4 кДа, идентифицируется как известный пептид NCI_CGAP_

Рисунок 1
Динамика подъемной силы дрожжей

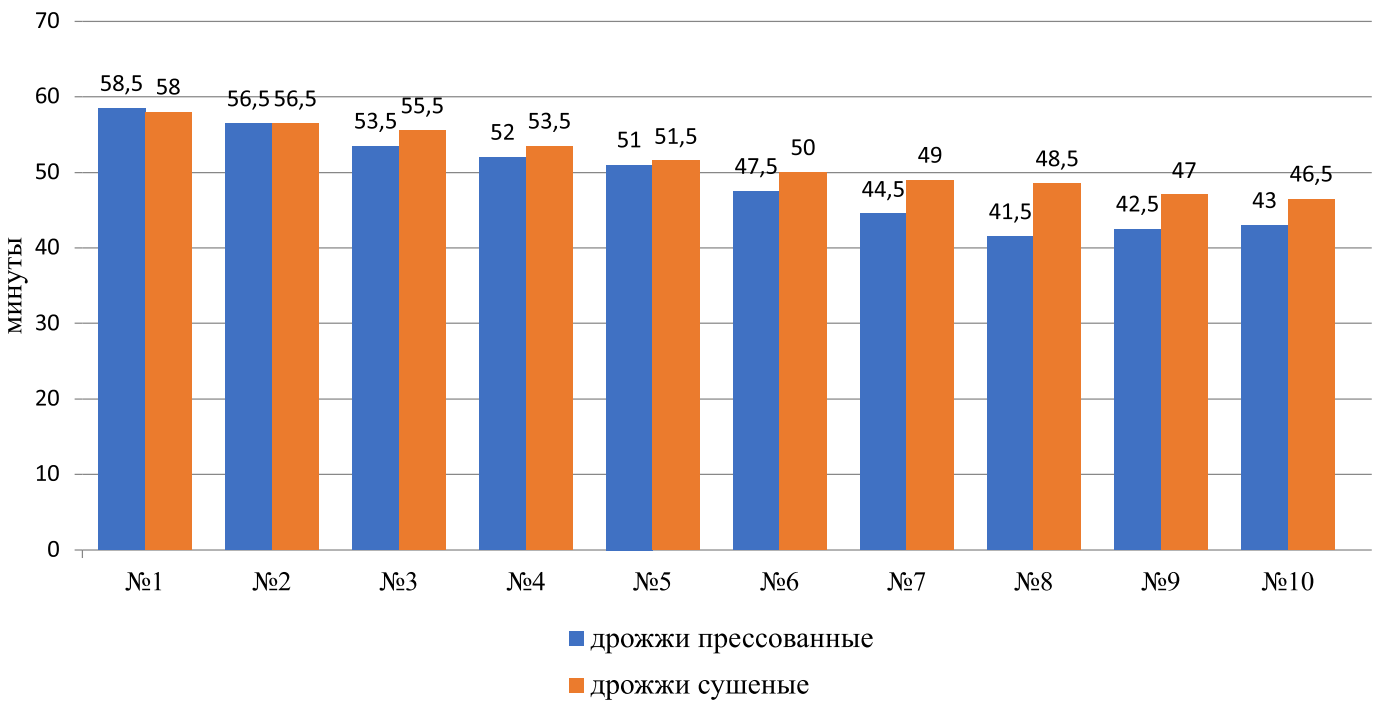
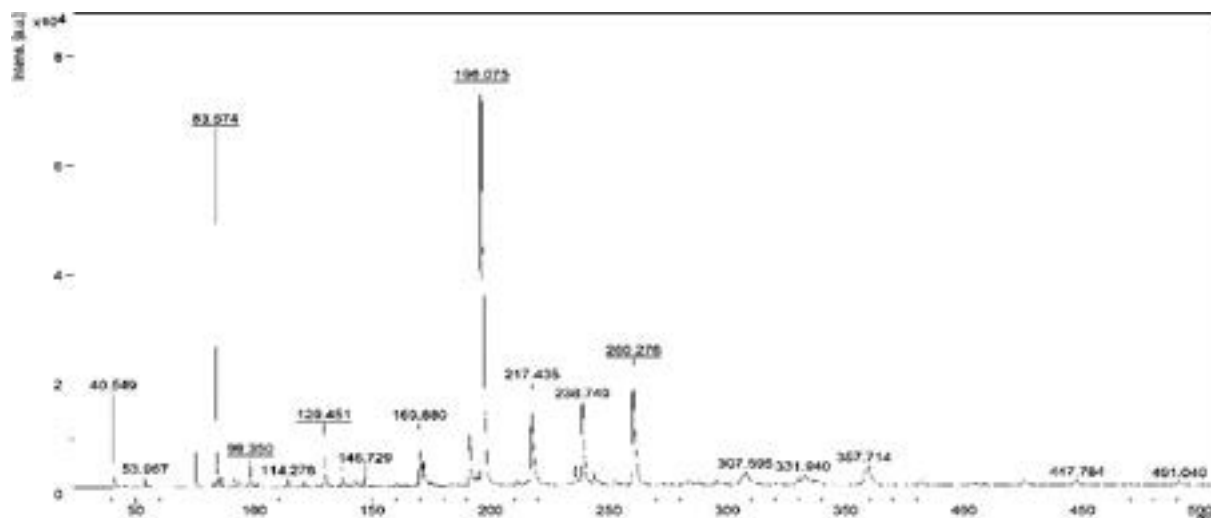


Рисунок 2

Масс-спектр выделенного пептида из теста с использованием ферментативного гидролизата молозива коров



Brn23 Клон кДНК Homo sapiens, похож на TR: O35085
O35085 ARX HOMEOPROTEIN.

Согласно данным (Poirier, 2004), пептид NCI_CGAP_Brn23 или Arx белок на ранних стадиях развития Arx экспрессируется в значительной доле нейронов в коре головного мозга, полосатом теле, ганглионарных возвышенностях, а также в спинном мозге. У взрослого человека экспрессия Arx все еще присутствует и ограничена областями, которые, как известно, содержат ГАМКергические нейроны, такими, как миндалины и обонятельные луковицы. Возможная роль Arx в этом типе нейронов дополнительно подтверждается экспрессией Arx в подмножестве ГАМКергических интернейронов в молодых и зрелых первичных культурах кортикальных нейрональных клеток, а также *in vivo*. Следовательно, выделенный пептид обладает важными свойствами, обеспечивающими нормальное функционирование нервной системы.

Также в тесте выделены пептиды и другие 6 пептидов, присутствующие в ферментативном гидролизате молозива коров, в частности, пептиды названные нами ТТ2 и ТТ3, Т1.1, Т1.2, mT и Т(1) Все выделенные пептиды имеют различную молекулярную массу Пептиды Т1.2 и Т(1) состоят из 28 аминокислот. Наибольшую молекулярную массу имеет короткий пептид ТТ3, которая составляет 8 кДа. Аналоги пептидов и пептиды n ТТ2 и ТТ3, Т1.1, mT и Т(1) не идентифицируются в известных протеомных базах данных и функции указанных пептидов не установлены. Т1.2 подобен белкам, которые способствуют сворачиванию и вставке белков наружной мембраны β -стола (OMP).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из проведенных исследований следует, что частичная замена раствора соли в рецептуре теста на ферментативный гидролизат молозива коров положительно влияет на активацию метаболических процессов в дрожжевых клетках *Saccharomyces cerevisiae*. Применение ферментативного гидролизата молозива коров в технологии хлебобулочных изделий позволит ускорить производственный технологический процесс и обогатить хлеб биологически активными пептидами, обеспечивающие нормальное функционирование нервной системы. Но вместе с тем необходимо проведение дополнительных исследований по влиянию активированных дрожжей на показатели качества и наличие биологически активных пептидов в готовом хлебе.

ВКЛАД АВТОРОВ

Резниченко И. Ю. — провела исследования качественных показателей сырья, готовой продукции и лабораторную выпечку хлеба, осуществила написание текста рукописи, проверку конечной версии рукописи и перевод

Акопян Г. С. — сделал обзор публикаций

Тихонов С. Л. — определил наличие и идентифицировал пептиды в образцах теста.

Тихонова Н. В. — проверила конечную версию рукописи и сделала перевод.

ЛИТЕРАТУРА

- Головач, Т. Н., Козич, О. Г., Асафов, В. А., Таньков, Н. Л., Исакова, Е. Л., Мясенко, Д. М., Харитонов, Д. В. & Курченко В. П. (2014). Нативное и ферментированное коровье молозиво как компонент продуктов функционального назначения. *Труды БГУ*, 9(2), 224–235.
- Красникова, Е. С., Красников, А. В., Бабушкин, В. А., & Моргунова, Н. Л. (2021). Влияние низкочастотной ультразвуковой кавитации на активизацию пекарских дрожжей. *Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК — продукты здорового питания*, (3), 108–114.
- Лукина, О. В., & Лукина, Д. В. (2013). Анализ способов и технических средств, предназначенных для активации хлебопекарных дрожжей. *Вестник Курганской ГСХА*, 4(8), 82–84.
- Новоселова, А. А., Евдокимова, Е. В., Энцениколай, П. В. & Панова, Т. М. (2015). О возможности использования растительных биоорганических комплексов для активации пивных дрожжей *Saccharomyces C.* *Леса России и хозяйство в них*, 1(52), 50–52.
- Паймулина, А. В., Потороко, И. Ю., & Калинина, И. В. (2020). Влияние полисахаридов бурых водорослей на процессы жизнедеятельности дрожжей *Saccharomyces Cerevisiae*. *Вестник Южно-Уральского Государственного Университета. Серия: Пищевые и Биотехнологии*, 8(3), 90–98.
- Пинегин, Б. В., & Хаитов, Р. М. (2019). Современные принципы создания иммуностропных лекарственных препаратов. *Иммунология*, 40(6), 57–62.
- Русина, И. М., & Колесник, И. М. (2020). Порошок томатов как перспективная добавка для активации хлебопекарных дрожжей при производстве крекеров. *Вестник Гродненского Государственного Университета Имени Янки Купалы. Серия б. Техника*, 10(1), 66–70.
- Черных, В. Я., Колмакова, Т. П., Соболева, Е. В. & Сергачёва, Е. С. (2020). Современная оценка биотехнологических свойств хлебопекарных прессованных дрожжей. *Хлебопродукты*, (7), 28–33.
- Alvarez, J. C. (2017). Hair analysis does not allow to discriminate between acute and chronic administrations of a drug in young children. *International journal of legal medicine*, 132(1), 165–172. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1720-5>
- Amigo, L., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Current evidence on the bioavailability of food bioactive peptides. *Molecules*, 25(19), 4479. <https://doi.org/10.3390/molecules25194479>
- Apostolopoulos, V., Bojarska, J., Chai, T.-T., Elnagdy, S., Kaczmarek, K., Matsoukas, J., New, R., Parang, K., Lopez, O. P., Parhiz, H., Perera, C. O., Pickholz, M., Remko, M., Saviano, M., Skwarczynski, M., Tang, Y., Wolf, W. M., Yoshiya, T., Zabrocki, J., ... Toth, I. (2021). A Global Review on Short Peptides: Frontiers and Perspectives. *Molecules*, 26(2), 430. <https://doi.org/10.3390/molecules26020430>
- Chernukha, I.M., Nikonov, I.N., Mashentseva, N.G., Klabukova, D.L., Afanasev, D.A., Kovalyov, L.I., & Ilina, L. A. (2017). An influence of spontaneous microflora of fermented horse-meat products on the formation of biologically active peptides. *Theory and Practice of Meat Processing*, 2(4), 4–19. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-4-4-19>
- Chernukha, I. M., Mashentseva, N. G., Afanasev, D. A., & Vostrikova, N. L. (2020). Biologically active peptides of meat and meat product proteins: a review. Part 2. Functionality of meat bioactive peptides. *Theory and Practice of Meat Processing*, 5(2), 12–19. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2020-5-2-12-19>
- Conte, F., & Scarantino, S. (2013). A study on the quality of bovine colostrum: physical, chemical and safety assessment. *International Food Research Journal*, 20(2), 925–931.
- Furukawa, N., & Popel, A. S. (2021). Peptides that immunomodulate the tumor microenvironment. *Biochimica et Biophysica Acta — Reviews on Cancer*, 1875(1), 188486. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2020.188486>
- Li, J., Li, T.-X., Ma, Y., Zhang, Y., Li, D.-Y., & Xu, H.-R. (2019). Bursopentin (BP5) induces G1 phase cell cycle arrest and endoplasmic reticulum stress/mitochondria-mediated caspase-dependent apoptosis in human colon cancer HCT116 cells. *Cancer Cell International*, 19(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12935-019-0849-3>
- Li, Y., Mao, J., & Song, X. (2020). Optimization of the l-tyrosine metabolic pathway in *Saccharomyces cerevisiae* by analyzing p-coumaric acid production. *3 Biotech*, 10, 258. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02223-3>
- Mehr, R., Kumar, S., & Singh, R. (2022). Biochemical, dielectric and surface characteristics of freeze-dried bovine colostrum whey powder. *Food Chemistry: X*, 15, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100364>
- Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. *Frontiers in bioscience (Scholar edition)*, 8(2), 331–351. <https://doi.org/10.2741/s467>
- Meng, Q., Wu, Y., Sui, X., Meng, J., Wang, T., Lin, Y., & Gao, Y. (2020). POTN: human leukocyte antigen-A2 immunogenic peptides screening model and its applications in tumor antigens prediction. *Frontiers in Immunology*, 11, 02193.
- Nascimento, V. M., Antonioli, G. T. U. & Leite, R. S. R. (2020). Effects of the carbon source on the physiology and invertase activity of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* FT858. *3 Biotech*, 10, 348. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02335-w>
- Pérez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., & de Freitas, V. (2020). Bioactive peptides and dietary polyphenols: Two

- sides of the same coin. *Molecules*, 25(15), 3443. <https://doi.org/10.3390/molecules25153443>
- Poirier, K. (2004). Neuroanatomical distribution of ARX in brain and its localisation in GABAergic neurons. *Molecular Brain Research*, 122(1). <https://doi.org/10.1016/j.molbrainres.2003.11.021>
- Salampessy, J., Reddy, N., Kailasapathy, K., & Phillips, M. (2015). Functional and potential therapeutic ACE-inhibitory peptides derived from bromelain hydrolysis of trevally proteins. *Journal of Functional Foods*, 14, 716–725. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.037>
- Samtiya, M., Samtiya, S., Badgujar, P. C., Puniya, A. K., Dhewa, T., & Aluko, R. E. (2022). Health-Promoting and Therapeutic Attributes of Milk-Derived Bioactive Peptides. *Nutrients*, 14(15), 3001. <https://doi.org/10.3390/nu14153001>
- Sacerdote, P. (2013). Biological components in a standardized derivative of bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1745–1754. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5928>
- Tripteau, L., Bedoux, G., Gagnon, J., & Bourgougnon, N. (2015). In vitro antiviral activities of enzymatic hydrolysates extracted from byproducts of the Atlantic holothurian *Cucumaria frondosa*. *Process Biochemistry*, 50(5), 867–875. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2015.02.012>
- Vanzolini, T., Bruschi, M., Rinaldi, A. C., Magnani, M., & Fraternale, A. (2022). Multitalented synthetic antimicrobial peptides and their antibacterial, antifungal and antiviral mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(1), 545. <https://doi.org/10.3390/ijms23010545>
- Weng, C., Mi, Z. & Li, M. (2022) Improvement of S-adenosyl-L-methionine production in *Saccharomyces cerevisiae* by atmospheric and room temperature plasma-ultraviolet compound mutagenesis and droplet microfluidic adaptive evolution. *3 Biotech*, 12, 223. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03297-x>
- Xu, Q., Hong, H., Wu, J., & Yan, X. (2019). Bioavailability of bioactive peptides derived from food proteins across the intestinal epithelial membrane: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 399–411. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.050>
- ## REFERENCES
- Golovach, T. N., Kozich, O. G., Asafov, V. A., Tankov, N. L., Iskakova, E. L., Myalenko, D. M., Kharitonov, D. V. & Kurchenko V. P. (2014). Native and fermented bovine colostrum as a component of functional products. *Trudy BGU [Proceedings of BSU]*, 9(2), 224–235.
- Krasnikova, E. S., Krasnikov, A. V., Babushkin, V. A., & Morgunova, N. L. (2021). The effect of low-frequency ultrasonic cavitation on the activation of baker's yeast. *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya [Agro Food and Processing Technologies – Healthy Foods]*, (3), 108–114.
- Lukina, O. V., & Lukina, D. V. (2013). Analysis of methods and technical means intended for the activation of baker's yeast. *Vestnik Kurganskoj GSKHA [Bulletin of the Kurgan State Agricultural Academy]*, 4(8), 82–84.
- Novoselova, A. A., Evdokimova, E. V., Enkenikolay, P. V. & Panova, T. M. (2015). On the possibility of using plant bioorganic complexes to activate the brewer's yeast *Saccharomyces C. Lesa Rossii i hozyajstvo v nih [Forests of Russia and the economy in them]*, 1(52), 50–52.
- Paimulina, A. V., Potoroko, I. Yu., & Kalinina, I. V. (2020). The effect of brown algae polysaccharides on the vital processes of the yeast *Saccharomyces Cerevisiae*. *Vestnik YUzhno-Ural'skogo Gosudarstvennogo Universiteta. Seriya: Pishchevye i Biotekhnologii [Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology]*, 8(3), 90–98.
- Pinegin, B. V., & Khaitov, R. M. (2019). Modern principles for the development of immunotropic drugs. *Immunologiya [Immunology]*, 40(6), 57–62.
- Rusina, I. M., & Kolesnik, I. M. (2020). Tomato powder as a promising additive for the activation of baker's yeast in the production of crackers. *Vestnik Grodnenskogo Gosudarstvennogo Universiteta Imeni YAnki Kupaly. Seriya 6. Tekhnika [Bulletin of Grodno State University named after Yanka Kupala. Series 6. Technique]*, 10(1), 66–70.
- Chernykh, V. Ya., Kolmakova, T. P., Soboleva, E. V. & Sergacheva, E. S. (2020). Modern assessment of the biotechnological properties of bakery pressed yeast. *Hleboprodukty [Bakery products]*, (7), 28–33.
- Alvarez, J. C. (2017). Hair analysis does not allow to discriminate between acute and chronic administrations of a drug in young children. *International journal of legal medicine*, 132(1), 165–172. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1720-5>
- Amigo, L., & Hernández-Ledesma, B. (2020). Current evidence on the bioavailability of food bioactive peptides. *Molecules*, 25(19), 4479. <https://doi.org/10.3390/molecules25194479>
- Apostolopoulos, V., Bojarska, J., Chai, T.-T., Elnagdy, S., Kaczmarek, K., Matsoukas, J., New, R., Parang, K., Lopez, O. P., Parhiz, H., Perera, C. O., Pickholz, M., Remko, M., Saviano, M., Skwarczynski, M., Tang, Y., Wolf, W. M., Yoshiya, T., Zabrocki, J., ... Toth, I. (2021). A Global Review on Short Peptides: Frontiers and Perspectives. *Molecules*, 26(2), 430. <https://doi.org/10.3390/molecules26020430>
- Chernukha, I. M., Nikonov, I. N., Mashentseva, N. G., Klabukova, D. L., Afanasev, D. A., Kovalyov, L. I., & Ilina, L. A. (2017). An influence of spontaneous microflora of fermented horsemeat products on the formation of bio-

- logically active peptides. *Theory and Practice of Meat Processing*, 2(4), 4–19. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2017-2-4-4-19>
- Chernukha, I. M., Mashentseva, N. G., Afanasev, D. A., & Vostrikova, N. L. (2020). Biologically active peptides of meat and meat product proteins: a review. Part 2. Functionality of meat bioactive peptides. *Theory and Practice of Meat Processing*, 5(2), 12–19. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2020-5-2-12-19>
- Conte, F., & Scarantino, S. (2013). A study on the quality of bovine colostrum: physical, chemical and safety assessment. *International Food Research Journal*, 20(2), 925–931.
- Furukawa, N., & Popel, A. S. (2021). Peptides that immunoinactivate the tumor microenvironment. *Biochimica et Biophysica Acta – Reviews on Cancer*, 1875(1), 188486. <https://doi.org/10.1016/j.bbcan.2020.188486>
- Li, J., Li, T.-X., Ma, Y., Zhang, Y., Li, D.-Y., & Xu, H.-R. (2019). Bursopentin (BP5) induces G1 phase cell cycle arrest and endoplasmic reticulum stress/mitochondria-mediated caspase-dependent apoptosis in human colon cancer HCT116 cells. *Cancer Cell International*, 19(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12935-019-0849-3>
- Li, Y., Mao, J., & Song, X. (2020). Optimization of the l-tyrosine metabolic pathway in *Saccharomyces cerevisiae* by analyzing p-coumaric acid production. *3 Biotech*, 10, 258. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02223-3>
- Mehr, R., Kumar, S., & Singh, R. (2022). Biochemical, dielectric and surface characteristics of freeze-dried bovine colostrum whey powder. *Food Chemistry: X*, 15, 100364. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2022.100364>
- Menchetti, L., Traina, G., Tomasello, G., Casagrande-Proietti, P., Leonardi, L., Barbato, O., & Brecchia, G. (2016). Potential benefits of colostrum in gastrointestinal diseases. *Frontiers in bioscience (Scholar edition)*, 8(2), 331–351. <https://doi.org/10.2741/s467>
- Meng, Q., Wu, Y., Sui, X., Meng, J., Wang, T., Lin, Y., & Gao, Y. (2020). POTN: human leukocyte antigen-A2 immunogenic peptides screening model and its applications in tumor antigens prediction. *Frontiers in Immunology*, 11, 02193.
- Nascimento, V. M., Antonioli, G. T. U. & Leite, R. S. R. (2020). Effects of the carbon source on the physiology and invertase activity of the yeast *Saccharomyces cerevisiae* FT858. *3 Biotech*, 10, 348. <https://doi.org/10.1007/s13205-020-02335-w>
- Pérez-Gregorio, R., Soares, S., Mateus, N., & de Freitas, V. (2020). Bioactive peptides and dietary polyphenols: Two sides of the same coin. *Molecules*, 25(15), 3443. <https://doi.org/10.3390/molecules25153443>
- Poirier, K. (2004). Neuroanatomical distribution of ARX in brain and its localisation in GABAergic neurons. *Molecular Brain Research*, 122(1). <https://doi.org/10.1016/j.molbrainres.2003.11.021>
- Salampeasy, J., Reddy, N., Kailasapathy, K., & Phillips, M. (2015). Functional and potential therapeutic ACE-inhibitory peptides derived from bromelain hydrolysis of trevally proteins. *Journal of Functional Foods*, 14, 716–725. <https://doi.org/10.1016/j.jff.2015.02.037>
- Samtiya, M., Samtiya, S., Badgujar, P. C., Puniya, A. K., Dhewa, T., & Aluko, R. E. (2022). Health-Promoting and Therapeutic Attributes of Milk-Derived Bioactive Peptides. *Nutrients*, 14(15), 3001. <https://doi.org/10.3390/nu14153001>
- Sacerdote, P. (2013). Biological components in a standardized derivative of bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(3), 1745–1754. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5928>
- Tripoteau, L., Bedoux, G., Gagnon, J., & Bourgougnon, N. (2015). In vitro antiviral activities of enzymatic hydrolysates extracted from byproducts of the Atlantic holothurian *Cucumaria frondosa*. *Process Biochemistry*, 50(5), 867–875. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2015.02.012>
- Vanzolini, T., Bruschi, M., Rinaldi, A. C., Magnani, M., & Fraternali, A. (2022). Multitalented synthetic antimicrobial peptides and their antibacterial, antifungal and antiviral mechanisms. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(1), 545. <https://doi.org/10.3390/ijms23010545>
- Weng, C., Mi, Z. & Li, M. (2022) Improvement of S-adenosyl-L-methionine production in *Saccharomyces cerevisiae* by atmospheric and room temperature plasma-ultraviolet compound mutagenesis and droplet microfluidic adaptive evolution. *3 Biotech*, 12, 223. <https://doi.org/10.1007/s13205-022-03297-x>
- Xu, Q., Hong, H., Wu, J., & Yan, X. (2019). Bioavailability of bioactive peptides derived from food proteins across the intestinal epithelial membrane: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 86, 399–411. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.050>