

Направленный ферментоллиз мякоти тыквы как инструмент формирования качества полуфабрикатов

Евгений Д. Рожнов	¹	red@bti.secna.ru	 0000-0002-3982-9700
Марина Н. Школьников	¹	shkolnikova.m.n@mail.ru	 0000-0002-9146-6951
Венера Н. Аббазова	¹	abbazova@usue.ru	 0000-0002-2009-8856
Елена В. Аверьянова	²	bt@bti.secna.ru	 0000-0003-2144-1238
Татьяна И. Романюк	³	tafursova@ya.ru	 0000-0001-8813-9901

- 1 Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620144, Россия
2 Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, ул. Героя Советского Союза 27, г. Бийск, 359305, Россия
3 Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия

Аннотация. Эффективная переработка сельскохозяйственной продукции методами биотехнологии является одной из мировых тенденций развития сельского хозяйства и пищевой промышленности. Использование мякоти тыквы в рецептурах продуктов питания увеличивает их биологическую ценность за счет содержащегося в ней микронутриента β -каротина, снижает себестоимость изделий и увеличивает срок годности. основной целью исследования был подбор ферментных препаратов и условий их применения для повышения качества полуфабриката из мякоти тыквы *Cucurbita* spp. В качестве объектов исследования использовали свежие плоды тыквы урожая 2020–2023 гг. потребительской степени зрелости. Установлено, что температура клейстеризации тыквенного крахмала лежит в диапазоне от 65 до 75 °C для всех изучаемых сортов тыквы. При повышении температуры нагрева свыше 75 °C начинается процесс разваривания крахмала, что сопровождается снижением вязкости тыквенного пюре. Показано, что наиболее подходящими ферментными препаратами для направленного ферментоллиза крахмалистой части тыквенного пюре являются препараты α -амилазы Termamyl SC и Амилизин в дозировке 25 ед. АС/г сырья, обеспечивающие полный гидролиз крахмала в течение 40–55 минут. Как показали результаты дегустационного анализа после ферментоллиза амилалитическими ферментными препаратами отмечаемый в нативном тыквенном пюре вкус сырых овощей и неприятный крахмальный привкус стали практически неощущаемыми, что доказывает эффективность предложенного метода направленного ферментоллиза для повышения качества полуфабриката из мякоти тыквы. Представленные результаты исследований позволяют создать предпосылки для промышленной технологии переработки тыквы в полуфабрикаты с высокой пищевой и биологической ценностью за счет низко температурного воздействия на нативное сырье, что позволит повысить органолептические свойства готового продукта, а также сохранить каротиноиды тыквы в процессе переработки

Ключевые слова: тыква, крахмал, температура клейстеризации, ферментоллиз, полуфабрикаты.

Targeted fermentolysis of pumpkin pulp as a tool for developing the quality of semi-finished products

Evgeny D. Rozhnov	¹	red@bti.secna.ru	 0000-0002-3982-9700
Marina N. Shkolnikova	¹	shkolnikova.m.n@mail.ru	 0000-0002-9146-6951
Venera N. Abbazova	¹	abbazova@usue.ru	 0000-0002-2009-8856
Elena V. Averyanova	²	bt@bti.secna.ru	 0000-0003-2144-1238
Tatiana I. Romanyuk	³	tafursova@ya.ru	 0000-0001-8813-9901

- 1 Ural State Economic University, st. 8 March/Narodnaya Volya, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia
2 Biysk Technological Institute (branch) of Altai State Technical University, st. Hero of the Soviet Union 27, Biysk, 359305, Russia
3 Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia

Abstract. Effective processing of agricultural products using biotechnology methods is one of the global trends in the development of agriculture and the food industry. The use of pumpkin pulp in food formulations increases their biological value due to the micronutrient β -carotene contained in it, reduces the cost of products and increases shelf life. The main goal of the study was the selection of enzyme preparations and conditions for their use to improve the quality of the semi-finished product from pumpkin pulp *Cucurbita* spp. Fresh pumpkin fruits from the 2020-2023 harvest were used as research objects. consumer maturity level. It has been established that the gelatinization temperature of pumpkin starch lies in the range from 65 to 75 °C for all studied pumpkin varieties. When the heating temperature rises above 75 °C, the process of starch boiling begins, which is accompanied by a decrease in the viscosity of pumpkin puree. It has been shown that the most suitable enzyme preparations for targeted enzymolysis of the starchy part of pumpkin puree are α -amylase preparations Termamyl SC and Amylorizin at a dosage of 25 units amylolytic activity/g of raw material, ensuring complete hydrolysis of starch within 40–55 minutes. As shown by the results of a tasting analysis, after enzymolysis with amylolytic enzyme preparations, the taste of raw vegetables and the unpleasant starchy taste noted in native pumpkin puree became practically imperceptible, which proves the effectiveness of the proposed method of directed enzymatic lysis for improving the quality of the semi-finished product from pumpkin pulp. The presented research results make it possible to create the prerequisites for the industrial technology of processing pumpkin into semi-finished products with high nutritional and biological value due to low temperature effects on native raw materials, which will improve the organoleptic properties of the finished product, as well as preserve pumpkin carotenoids during processing

Keywords: pumpkin, starch, gelatinization temperature, fermentolysis, semi-finished products.

Для цитирования

Рожнов Е.Д., Школьников М.Н., Аббазова В.Н., Аверьянова Е.В., Романюк Т.И. Направленный ферментоллиз мякоти тыквы как инструмент формирования качества полуфабрикатов // Вестник ВГУИТ. 2024. Т. 86. № 2. С. 248–254. doi:10.20914/2310-1202-2024-2-248-254

For citation

Rozhnov E.D., Shkolnikova M.N., Abbazova V.N., Averyanova E.V., Romanyuk T.I. Targeted fermentolysis of pumpkin pulp as a tool for developing the quality of semi-finished products. Vestnik VGUIT [Proceedings of VSUET]. 2024. vol. 86. no. 2. pp. 248–254. (in Russian). doi:10.20914/2310-1202-2024-2-248-254

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution 4.0 International License

Введение

Эффективная переработка сельскохозяйственной продукции методами биотехнологии является одной из мировых тенденций развития сельского хозяйства и пищевой промышленности. В Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации до 2035 г. выделены основные направления переработки сельскохозяйственного сырья и производства продуктов питания: сохранение и расширение сырьевой базы; повышение конкурентоспособности пищевой продукции на внутреннем и внешнем рынках с использованием традиционных видов сырья.

Тыква *Cucurbita* spp., как сырье для производства продуктов питания, обладает рядом неоспоримых преимуществ и высоким технологическим потенциалом. На территории России тыква выращивается практически повсеместно, что обусловлено ее хорошей приспособляемостью к различным агроклиматическим условиям. выращивают порядка 70 продовольственных культурных сортов тыквы крупноплодной *Cucurbita maxima* Duch и твердокорой *Cucurbita pepo* L., в регионах с более теплым климатом – около 20 сортов мускатной *Cucurbita moschata* Duch, различающихся по составу и содержанию основных БАВ, в частности каротиноидов; плоды обладают хорошей лежкостью и способностью к длительному хранению и круглогодичной переработке [1, 2].

Использование мякоти тыквы в рецептурах продуктов питания увеличивает их биологическую ценность за счет содержащегося в ней микронутриента β-каротина, снижает себестоимость изделий и увеличивает срок годности [3].

Исследованиями показано, что мякоть тыквы обладает высоким биологическим потенциалом, особенно антигипертензивной и антиоксидантной активностью, а пектин тыквы ингибирует активность белка семейства лектинов галектин-3, являющегося маркером развития опухолей: известны содержащие мякоть тыквы фармацевтические композиции для профилактики и лечения фиброза, возникающего в результате коронавирусной инфекции, и способ лечения галектин-3-зависимых расстройств [4, 5].

Мякоть тыквы зачастую является отходом при извлечении семян, поэтому ее использование в технологии пищевых продуктов и напитков в качестве основного или дополнительного сырья имеет как экологические, так и экономические преимущества.

Расширение ассортимента сокосодержащих напитков с использованием овощей, в частности тыквы, в качестве основного сырья

является актуальной задачей для пищевой промышленности. Несмотря на широкий ассортимент имеющихся на рынке продуктов из тыквы – пюре, соки, нектары, цукаты, чипсы, мармелад и т. д. и внедренных научных разработок [6–10], объем производимой продукции недостаточно велик.

Традиционная технология производства тыквенного пюре состоит в подготовке сырья (мойка, измельчение на сегменты, удаление семян, дробление), обработки дробленой массы тыквы в шпарителях до размягченного состояния, перетирания до однородной массы с размером частиц не более 0,4 мм [11, 12]. К отрицательным моментам данной технологии можно отнести сравнительно жесткие условия термической обработки тыквенной массы – выдержка при 100–105 °С в течение 10–25 минут, что неминуемо приводит к деградации каротиноидов и снижению биологической ценности получаемого тыквенного пюре [13–15].

Фактически, длительность тепловой обработки мякоти тыквы находится в прямой зависимости от содержания в ней крахмала, поскольку, являясь полимером он в полной мере участвует в формировании межклеточного каркаса. Кроме этого, достаточно высокое содержание крахмала (до 4,5 %) [16, 17] придает свежей мякоти неприятный привкус «сырого крахмала», а также специфические ощущения при разжевывании. Поэтому биотехнологические методы предобработки сырья могут в значительной степени улучшить потребительские свойства пюре из мякоти тыквы, удалив неприятный вкус крахмала.

Таким образом, основной целью исследования был подбор ферментных препаратов и условий их применения для повышения качества полуфабриката из мякоти тыквы *Cucurbita* spp.

Материалы и методы

В качестве объектов исследования использовали свежие плоды тыквы урожая 2020–2023 гг. потребительской степени зрелости (без повреждений и признаков порчи) шести среднеспелых сортов:

сорта крупноплодной тыквы «Грибовская зимняя», «Зимняя сладкая», «Россиянка», «Улыбка», «Оранжевая кустовая»;

сорт твердокорой тыквы «Алтайская кустовая».

Образцы пюре получали с использованием гомогенизатора Viteg HG-15D при частоте вращения ротора 4000 об/мин.

При подборе условий проведения ферментализации нативного тыквенного пюре использованы амилолитические ферментные препараты, характеристика которых дана в таблице 1.

Для определения температуры клейстеризации тыквенного крахмала и последующей разработки технологии ферментализации пюре использовали экспресс-анализатор консистенции ЭАК-2М (ООО «Изобретатель», Россия). Особенностью работы с прибором является отсутствие

градуировки в стандартных физических единицах измерения вязкости, однако его использование позволяет оперативно получать оценку обобщенной вязкостной характеристики объекта исследования в собственных единицах прибора по отношению к эталону.

Таблица 1.

Характеристика использованных в исследовании ферментных препаратов

Table 1.

Characteristics of enzyme preparations used in the study

Ферментный препарат Enzyme preparation	Т, °С		Оптимальное значение pH, ед. Optimal pH value, units	Амилолитическая активность, ед./мл Amylolytic activity, U/ml
	оптимальная optimal	рабочая working		
Termamyl® SC DS (Novozymes A/S, Дания)	80–85	30–100	5,0–9,0	1800
Альфалад БН (ООО Биопрепарат, Россия)	60–70	30–80	6,0–6,5	2000
Альфалад БТ (ООО Биопрепарат, Россия)	90–95	30–110	6,5–7,5	800
Амилоризин (ООО Биопрепарат, Россия)	30–75	30–75	5,0–6,0	2500 ед./г

Определение крахмала в нативном пюре тыквы и продуктах ферментализации проводили спектрофотометрически по [18], с использованием однолучевого сканирующего спектрофотометра Shimadzu UV1800 (Shimadzu, Япония).

Определение органолептических показателей нативного и ферментализованного тыквенного пюре проводили в условиях и в соответствии с рекомендациями, изложенными в ГОСТ 8756.1–2017 «Продукты переработки фруктов, овощей и грибов. Методы определения органолептических показателей, массовой доли составных частей, массы нетто или объема» (с поправкой).

Эффективность гидролиза крахмала мякоти тыквы оценивали по степени гидролиза крахмала (ЭГ, %), рассчитываемой по формуле:

$$\text{ЭГ} = \frac{C_{\text{ПГ}}}{C_{\text{НАТ}}} 100\%$$

где $C_{\text{ПГ}}$ – количество крахмала в мякоти тыквы после проведения ферментативного гидролиза, г/100 г; $C_{\text{НАТ}}$ – количество нативного крахмала в мякоти тыквы, г/100 г.

Результаты

Одним из факторов, влияющих на эффективность ферментативного гидролиза крахмала является температура его клейстеризации, при этом известно что для разных крахмалсодержащих культур температура клейстеризации крахмала различна [19, 20]. При анализе доступной научно-технической литературы не было найдено сведений о температуре клейстеризации тыквенного крахмала, поэтому в эксперименте необходимо установить не только дозировку фермента для гидролиза крахмала, но и подобрать минимальную температуру и продолжительность процесса.

На рисунке 1 показано изменение консистенции тыквенного пюре в зависимости от температуры нагрева массы.

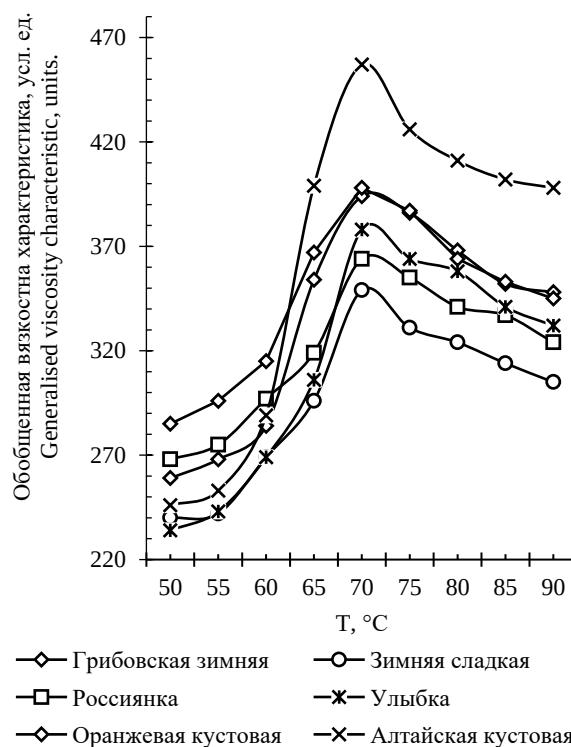


Рисунок 1. Кривые, демонстрирующие процесс клейстеризации крахмала тыквенного пюре

Figure 1. Curves showing the gelatinization process of pumpkin puree starch

Далее определяли минимальную дозировку ферментного препарата достаточную для полного гидролиза нативного крахмала тыквы в течение 60 минут при температуре 70 °С.

В опыте варьировали дозировку ферментных препаратов (на преобладающую α -амилазную активность) от 5 до 50 ед. АС/г сырья. Продолжительность ферментализации определяли по йодной пробе, проводимой при микроскопировании (400–600 крат).

Результаты экспериментов представлены на рисунках 2–5 (на примере тыквенного пюре из тыквы сорта «Грибовская зимняя»).

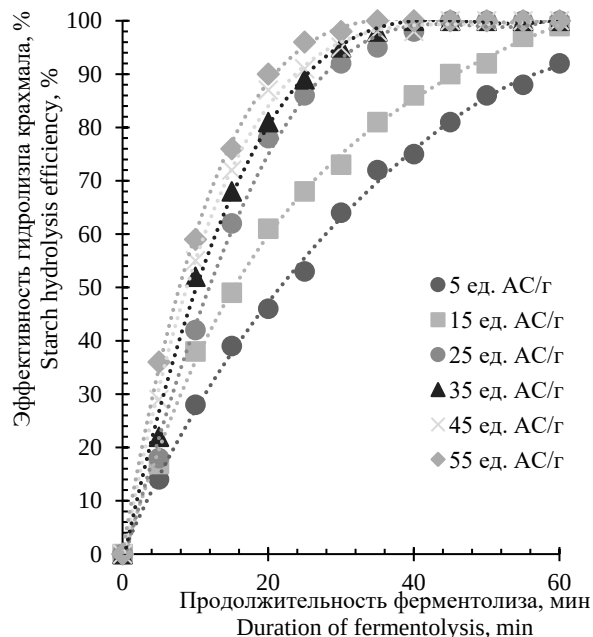


Рисунок 2. Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Termamyl SC

Figure 2. Efficiency of hydrolysis of pumpkin starch using the enzyme preparation Termamyl SC

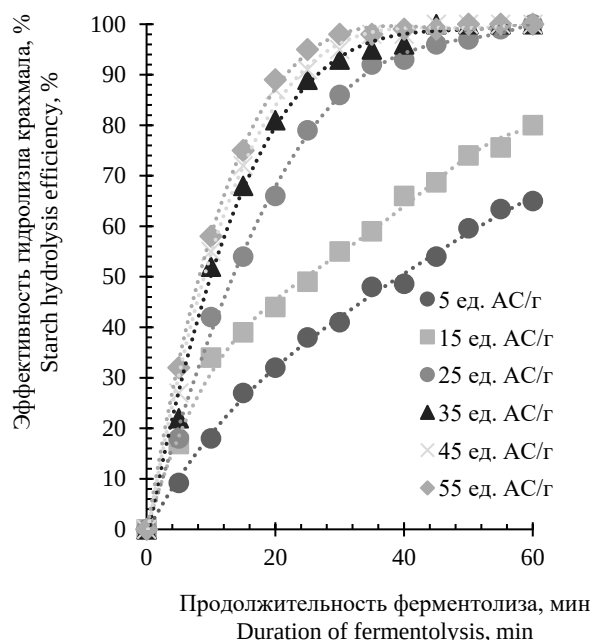


Рисунок 3. Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Амилоризин

Figure 3. Efficiency of hydrolysis of pumpkin starch using the enzyme preparation Amylorizin

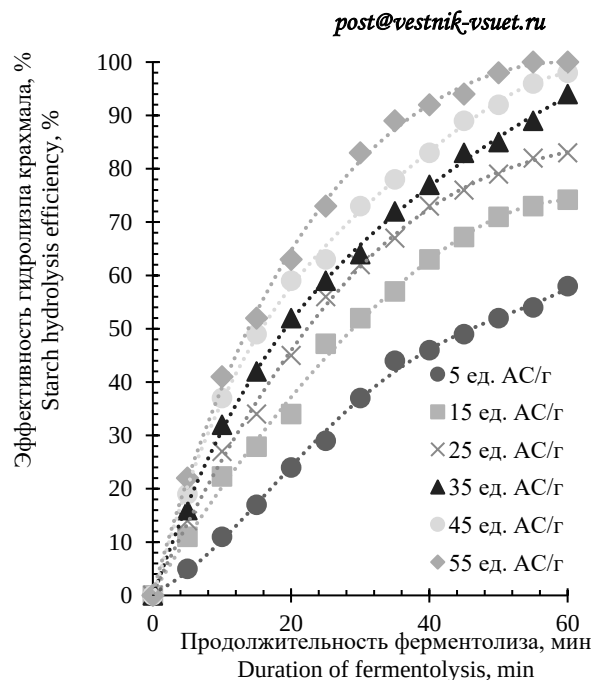


Рисунок 4. Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Альфалад БТ

Figure 4. Efficiency of hydrolysis of pumpkin starch using the enzyme preparation Alfalad BT

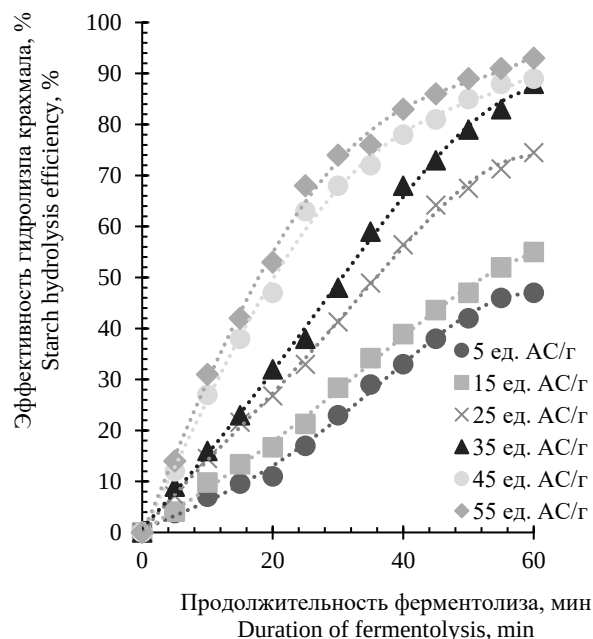


Рисунок 5. Эффективность гидролиза крахмала тыквы при использовании ферментного препарата Альфалад БН

Figure 5. Efficiency of hydrolysis of pumpkin starch using the enzyme preparation Alfalad BN

Образцы тыквенного пюре после ферментализации охлаждали и проводили органолептическую оценку. Как показали результаты дегустационного анализа после ферментализации амилолитическими

ферментными препаратами отмечаемый в нативном тыквенном пюре вкус сырых овощей и неприятный крахмальный привкус стали практически неощущаемыми, что доказывает эффективность предложенного метода направленного ферментолита для повышения качества полуфабриката из мякоти тыквы.

Обсуждение

Как показывают результаты, представленные на рисунке 1 температура клейстеризации тыквенного крахмала лежит в диапазоне от 65 до 75 °C для всех изучаемых сортов тыквы. При повышении температуры нагрева свыше 75 °C начинается процесс разваривания крахмала, что сопровождается снижением вязкости тыквенного пюре. Таким образом, этот температурный диапазон должен быть положен в основу при разработке промышленной технологии ферментолита тыквенного пюре при выработке полуфабрикатов для использования на предприятиях общественного питания.

По результатам выполненного комплекса исследований (рисунки 2–5) было установлено, что для полного гидролиза крахмала тыквы ферментным препаратом Termamyl SC достаточно дозировки препарата 25 ед. АС/г сырья и продолжительности ферментолита 40–45 минут. Практически аналогичные результаты были достигнуты при использовании ферментного препарата Амилоризин – полный гидролиз крахмала также достигался при дозировке ферментного препарата 25 ед. АС/г сырья, однако для этого требовалось не менее 50–55 минут. Использование препаратов Альфапад БН и Альфапад БТ показало более худшие результаты. При использовании Альфапад БТ полный гидролиз

крахмала тыквы достигался при дозировке препарата 45–55 ед. АС/г сырья и длительности ферментолита 55–60 минут. Эксперимент с использованием ферментного препарата Альфапад БН показал, что максимальная степень гидролиза крахмала, равная 89–93 % достигается при дозировках 45–55 ед. АС/г сырья и длительности ферментолита 60 минут. Полный гидролиз крахмала ферментным препаратом Альфапад БН достигнут не был, поэтому при проведении дальнейших исследований применение данного препарата α -амилазы является нецелесообразным.

Заключение

По результатам выполненных исследований были сделаны следующие основные выводы:

температура клейстеризации тыквенного крахмала находится в пределах 65–75 °C, что необходимо учитывать при разработке биотехнологических методов переработки тыквы;

наиболее подходящими ферментными препаратами для направленного ферментолита крахмалистой части тыквенного пюре являются препараты α -амилазы Termamyl SC и Амилоризин в дозировке 25 ед. АС/г сырья, обеспечивающие полный гидролиз крахмала в течение 40–55 минут

Представленные результаты исследований позволяют создать предпосылки для промышленной технологии переработки тыквы в полуфабрикаты с высокой пищевой и биологической ценностью за счет низко температурного воздействия на нативное сырье, что позволит повысить органолептические свойства готового продукта, а также сохранить каротиноиды тыквы в процессе переработки.

Литература

- 1 Лящева Л.В. Оценка хозяйственных признаков сортов тыквы, выращенных в условиях лесостепи Северного Зауралья // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2019. № 1 (75). С. 59–62.
- 2 Школьников М.Н., Аббазова В.Н. Исследование химического состава мякоти тыквы как основы для безалкогольных напитков // Вестник Мурманского государственного технического университета. 2021. № 24 (4). С. 441–449.
- 3 Осмоловский П.Д., Пискунова Н.А., Воробьева Н.Н., Сычев Р.В. и др. Технологическая оценка современных сортов тыквы как сырья для производства варенья // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2019. № 7(2). С. 5–14.
- 4 Kleijn A.F. et al. Toxicological evaluation of a pumpkin-derived pectin preparation: in vitro genotoxicity studies and a 13-week oral toxicity study in Sprague-Dawley rats // Toxicology Research. 2024. V. 13. №. 1.
- 5 Abbas H.M.K. et al. Evaluation of metabolites and antioxidant activity in pumpkin species // Natural Product Communications. 2020. V. 15. №. 4. doi: 10.1177/1934578X209209
- 6 Ninčević Grassino A. et al. Carotenoid Content and Profiles of Pumpkin Products and By-Products // Molecules. 2023. V. 28. №. 2. P. 858.
- 7 Lemus-Mondaca R. et al. Pumpkin seeds (*Cucurbita maxima*): a review of functional attributes and by-products // Rev. chil. nutr. 2019. P. 783–791.
- 8 Kaur S. et al. Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review // Nutrition & Food Science. 2020. V. 50. №. 2. P. 384–401.
- 9 Kidoń M., Uwineza P.A. New Smoothie Products Based on Pumpkin, Banana, and Purple Carrot as a Source of Bioactive Compounds // Molecules. 2022. V. 27. №. 10. P. 3049.
- 10 Рожнов Е.Д. Подходы к разработке рецептур каротиноидосодержащих безалкогольных напитков // Индустрия питания // Food Industry. 2019. Т. 4. №. 4. С. 37–43.
- 11 Kampuse S. et al. The influence of processing and storage conditions on quality parameters of pumpkin puree // 13th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food, Nutrition, Well-being. 2019. P. 137–142.

- 12 Piepiórka-Stepuk J. et al. The effect of heat treatment on bioactive compounds and color of selected pumpkin cultivars // LWT. 2023. V. 175. P. 114469.
- 13 Kim M.J. et al. Formation and reduction of furan in pumpkin puree by precursors, antioxidants, sterilization and reheating // Food Chemistry. 2023. V. 402. P. 134141.
- 14 Atencio S. et al. Impact of processing on the production of a carotenoid-rich Cucurbita maxima cv. Hokkaido pumpkin juice // Food Chemistry. 2022. V. 380. P. 132191.
- 15 Zhumaliyeva G. et al. Development of concentrate technology for puree // Journal of Hygienic Engineering & Design. 2023. V. 44. P. 173–177.
- 16 Yuan T. et al. Structural characteristics and physicochemical properties of starches from winter squash (Cucurbita maxima Duch.) and pumpkin (Cucurbita moschata Duch. ex Poir.) // Food Hydrocolloids. 2022. V. 122. P. 107115.
- 17 Przetaczek-Rożnowska I. Physicochemical properties of starches isolated from pumpkin compared with potato and corn starches // International Journal of Biological Macromolecules. 2017. V. 101. P. 536–542.
- 18 Рачкова В.П., Сураева Н.М., Глазков С.В., Самойлов А.В. Спектрофотометрическое определение крахмала в томатных продуктах с антроновым реактивом // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2018. № 6 (141). С. 187–193.
- 19 Chakraborty I. et al. An insight into the gelatinization properties influencing the modified starches used in food industry: A review // Food and Bioprocess Technology. 2022. V. 15. №. 6. P. 1195–1223.
- 20 Liu Y. et al. New insights into starch gelatinization by high pressure: Comparison with heat-gelatinization // Food chemistry. 2020. V. 318. P. 126493.

References

- 1 Lyashcheva L.V. Evaluation of economic traits of pumpkin varieties grown in the forest-steppe conditions of the Northern Trans-Urals. Bulletin of the Orenburg State Agrarian University. 2019. no. 1 (75). pp. 59–62. (in Russian).
- 2 Shkolnikova M.N., Abbazova V.N. Study of the chemical composition of pumpkin pulp as a basis for soft drinks. Bulletin of the Murmansk State Technical University. 2021. no. 24 (4). pp. 441–449. (in Russian).
- 3 Osmolovskiy P.D., Piskunova N.A., Vorobyova N.N., Sychev R.V. et al. Technological assessment of modern pumpkin varieties as raw materials for jam production. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2019. no. 7 (2). pp. 5–14. (in Russian).
- 4 Kleijn A.F. et al. Toxicological evaluation of a pumpkin-derived pectin preparation: in vitro genotoxicity studies and a 13 week oral toxicity study in Sprague-Dawley rats. Toxicology Research. 2024. vol. 13. no. 1.
- 5 Abbas H.M.K. et al. Evaluation of metabolites and antioxidant activity in pumpkin species. Natural Product Communications. 2020. vol. 15. no. 4. doi: 10.1177/1934578X209209
- 6 Ninčević Grassino A. et al. Carotenoid Content and Profiles of Pumpkin Products and By-Products. Molecules. 2023. vol. 28. no. 2. pp. 858.
- 7 Lemus-Mondaca R. et al. Pumpkin seeds (Cucurbita maxima): a review of functional attributes and by-products. Rev. chil. nutr. 2019. pp. 783–791.
- 8 Kaur S. et al. Functional and nutraceutical properties of pumpkin—a review. Nutrition & Food Science. 2020. vol. 50. no. 2. pp. 384–401.
- 9 Kidoń M., Uwineza P.A. New Smoothie Products Based on Pumpkin, Banana, and Purple Carrot as a Source of Bioactive Compounds. Molecules. 2022. vol. 27. no. 10. pp. 3049.
- 10 Rozhnov E.D. Approaches to the development of recipes for carotenoid-containing soft drinks. Food Industry. 2019. vol. 4. no. 4. pp. 37–43. (in Russian).
- 11 Kampuse S. et al. The influence of processing and storage conditions on quality parameters of pumpkin puree. 13th Baltic Conference on Food Science and Technology “Food. Nutrition. Well-being. 2019. pp. 137–142.
- 12 Piepiórka-Stepuk J. et al. The effect of heat treatment on bioactive compounds and color of selected pumpkin cultivars. LWT. 2023. vol. 175. p. 114469.
- 13 Kim M.J. et al. Formation and reduction of furan in pumpkin puree by precursors, antioxidants, sterilization and reheating. Food Chemistry. 2023. vol. 402. pp. 134141.
- 14 Atencio S. et al. Impact of processing on the production of a carotenoid-rich Cucurbita maxima cv. Hokkaido pumpkin juice. Food Chemistry. 2022. vol. 380. pp. 132191.
- 15 Zhumaliyeva G. et al. Development of concentrate technology for puree. Journal of Hygienic Engineering & Design. 2023. vol. 44. pp. 173–177.
- 16 Yuan T. et al. Structural characteristics and physicochemical properties of starches from winter squash (Cucurbita maxima Duch.) and pumpkin (Cucurbita moschata Duch. ex Poir.). Food Hydrocolloids. 2022. vol. 122. pp. 107115.
- 17 Przetaczek-Rożnowska I. Physicochemical properties of starches isolated from pumpkin compared with potato and corn starches. International Journal of Biological Macromolecules. 2017. vol. 101. pp. 536–542.
- 18 Rachkova V.P., Surava N.M., Glazkov S.V., Samoilov A.V. Spectrophotometric determination of starch in tomato products with anthrone reagent. Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University. 2018. no. 6 (141). pp. 187–193. (in Russian).
- 19 Chakraborty I. et al. An insight into the gelatinization properties influencing the modified starches used in food industry: A review. Food and Bioprocess Technology. 2022. vol. 15. no. 6. pp. 1195–1223.
- 20 Liu Y. et al. New insights into starch gelatinization by high pressure: Comparison with heat-gelatinization. Food chemistry. 2020. vol. 318. pp. 126493.

Сведения об авторах

Евгений Д. Рожнов д.т.н., профессор, кафедра пищевой инженерии, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, г. Екатеринбург, 620144, Россия, red@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3982-9700>

Марина Н. Школьников д.т.н., профессор, кафедра технологии питания, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620144, Россия, shkolnikova.m.n@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>

Венера Н. Аббазова старший преподаватель, кафедра управления качеством и экспертизы товаров и услуг, Уральский государственный экономический университет, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45, Екатеринбург, 620144, Россия, abbazova@usue.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2009-8856>

Елена В. Аверьянова д.т.н., доцент, кафедра биотехнологии, Бийский технологический институт (филиал) Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, ул. Героя Советского Союза Трофимова, 27, Бийск, 659305, Россия, bt@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2144-1238>

Татьяна И. Романюк к.т.н., доцент, кафедра технологии броидильных и сахаристых производств, Воронежский государственный университет инженерных технологий, пр-т Революции, 19, г. Воронеж, 394036, Россия, tafursova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

Вклад авторов

Все авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут ответственность за плагиат

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Information about authors

Evgeny D. Rozhnov Dr. Sci. (Engin.), professor, food engineering department, Ural State Economic University, st. 8 March/Narodnaya Volya, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, red@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-3982-9700>

Marina N. Shkolnikova Dr. Sci. (Engin.), professor, food technology department, Ural State Economic University, st. 8 March/Narodnaya Volya, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, shkolnikova.m.n@mail.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-9146-6951>

Venera N. Abbazova senior lecturer, quality management and expertise of goods and services department, Ural State Economic University, st. 8 March/Narodnaya Volya, 62/45, Ekaterinburg, 620144, Russia, abbazova@usue.ru

 <https://orcid.org/0000-0002-2009-8856>

Elena V. Averyanova Dr. Sci. (Engin.), associate professor, biotechnology department, Biysk Technological Institute (branch) of Altai State Technical University, st. Hero of the Soviet Union Trofimova, 27, Biysk, 659305, Russia, bt@bti.secna.ru

 <https://orcid.org/0000-0003-2144-1238>

Tatiana I. Romanyuk Cand. Sci. (Engin.), associate professor, fermentation and sugar production technology department, Voronezh State University of Engineering Technologies, Revolution Av., 19 Voronezh, 394036, Russia, tafursova@ya.ru

 <https://orcid.org/0000-0001-8813-9901>

Contribution

All authors are equally involved in the writing of the manuscript and are responsible for plagiarism

Conflict of interest

The authors declare no conflict of interest.

Поступила 11/04/2024	После редакции 30/04/2024	Принята в печать 24/05/2024
Received 11/04/2024	Accepted in revised 30/04/2024	Accepted 24/05/2024