



Научная статья  
4.3.3 – Пищевые системы (технические науки)  
УДК547.458.88:678.048  
doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.021



## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Зурет Нурбиевна Хатко <sup>1</sup>, Татьяна Анатольевна Белявцева <sup>2</sup>,  
Джулета Магомедовна Бегеретова <sup>3</sup>, Екатерина Михайловна Колодина <sup>4</sup>,  
Саида Каплановна Кудайнетова <sup>5</sup>, Надежда Николаевна Бугаева <sup>6</sup>

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Майкопский государственный технологический университет, г. Майкоп, Россия

<sup>1</sup> znkhatko@mail.ru, 0000-0001-7097-1345

<sup>2</sup> belyavceva.tanya@yandex.ru, 0009-0008-8224-9999

<sup>3</sup> dzhuliya\_bg@mail.ru

<sup>4</sup> goodwill\_katya@mail.ru

<sup>5</sup> saidakudainetova@yandex.ru, 0009-0006-1283-0740

<sup>6</sup> nadiabugaeva456@gmail.com, 0009-0005-5263-8246

**Аннотация.** Пектиновые вещества обладают широким спектром полезного действия на организм человека и обуславливают заданные технологические и функциональные свойства пищевым системам. Цель работы состоит в исследовании влияния видов (и типов) пектиновых веществ, и их комбинаций на антиоксидантную активность, комплексообразующую способность, для применения в пищевых системах. Установлено, что антиоксидантная активность исследуемых видов (и типов) пектиновых веществ и их комбинаций различна и варьирует: от 0,78 до 3,89 мг/см<sup>3</sup> (пектины); от 0.77 до 6.09 мг/см<sup>3</sup> (комбинации пектинов). Комбинации пектиновых веществ отличаются преимущественным антиоксидантным эффектом, превышающим базовый уровень в 2–3 раза при использовании пектинов различных производителей (без комбинирования). Эффекты антиоксидантной активности могут варьировать в зависимости от степени этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов). Показана взаимосвязь между антиоксидантной активностью пектинов и их технологическими свойствами. Так, высокими показателями антиоксидантной активности (5,14–6,09 мг/см<sup>3</sup>) обладают комбинации с «Унипектин ОВ 763» (образец № 3), который технологически отличается от других пектинов обработкой аммиаком, что приводит к изменению структуры полисахарида и, как следствие, к повышению его антиоксидантных свойств. Отмечается синергический эффект в проявлении антиоксидантной активности некоторых комбинаций пектинов. Установлено, что комплексообразующая способность комбинаций пектиновых веществ зависит от вида пектинов, их соотношений, степени этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов). Значения показателя варьируют от 207 до 39 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина. Отмечается синергический эффект в проявлении комплексообразующей способности комбинаций яблочного и цитрусового со свекловичным пектином за счет последнего. В комбинации яблочного и цитрусового пектинов значения комплексообразующей способности значительно ниже. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего исследования пектинов и их комбинаций с целью применения в пищевых системах, обеспечивающих высокий уровень антиоксидантной и детоксикационной защиты организма человека.

**Ключевые слова:** пектиновые вещества, комбинации пектинов, степень этерификации, антиоксидантная активность, комплексообразующая способность.

**Благодарности:** Исследование выполнялось за счет средств гранта ректора ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» (тема «Аутентичные пищевые продукты и кулинарные изделия Республики Адыгея как основа для здорового питания: традиции, технологии и их актуализация») и государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 1023122100005-9-2.9.1 Высокоэффективные технологии хранения и переработки сельскохозяйственной продукции, обеспечивающие экспортный потенциал: новые конкурентоспособные пищевые продукты, новые медицинские и косметические средства, инновационные технологии, продление сроков хранения продуктов).

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ  
НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ  
ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

**Для цитирования:** Исследование влияния видов пектиновых веществ и их комбинаций на антиоксидантную активность и комплексообразующую способность для применения в пищевых системах / З. Н. Хатко [и др.] // Ползуновский вестник. 2025. № 1, С. 168–177. doi: 10.25712/ASTU.2072-8921.2025.01.021. EDN: <https://elibrary.ru/EBELOP>.

Original article

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF TYPES OF PECTIN  
SUBSTANCES AND THEIR COMBINATIONS ON ANTIOXIDANT  
ACTIVITY AND COMPLEXING ABILITY FOR USE IN FOOD SYSTEMS**

**Zuret N. Khatko<sup>1</sup>, Tatyana A. Belyavtseva<sup>2</sup>, Juleta M. Begeretova<sup>3</sup>,  
Ekaterina M. Kolodina<sup>4</sup>, Saida K. Kudainetova<sup>5</sup>, Nadezhda N. Bugaeva<sup>6</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4, 5, 6</sup> Maikop State Technological University, Maikop, Russia

<sup>1</sup> znkhatko@mail.ru, 0000-0001-7097-1345

<sup>2</sup> belyavceva.tanya@yandex.ru, 0009-0008-8224-9999

<sup>3</sup> dzhuliya\_bg@mail.ru

<sup>4</sup> goodwill\_katya@mail.ru

<sup>5</sup> saidakudainetova@yandex.ru, 0009-0006-1283-0740

<sup>6</sup> nadiabugaeva456@gmail.com, 0009-0005-5263-8246

**Abstract.** Pectin substances have a wide range of beneficial effects on the human body and determine the desired technological and functional properties of food systems. The aim of the work is to study the effect of types (and types) of pectin substances and their combinations on antioxidant activity, complexing ability, for use in food systems. It was found that the antioxidant activity of the studied types (and types) of pectin substances and their combinations is different and varies: from 0.78 to 3.89 mg/cm<sup>3</sup> (pectins); from 0.77 to 6.09 mg/cm<sup>3</sup> (combinations of pectins). Combinations of pectin substances have a predominant antioxidant effect, exceeding the baseline level by 2-3 times when using pectins from different manufacturers (without combining). The effects of antioxidant activity may vary depending on the degree of esterification (according to the specifications of the pectin manufacturers). The relationship between the antioxidant activity of pectins and their technological properties is shown. Thus, combinations with "Unipectin OV 763" (sample No. 3) have high rates of antioxidant activity (5.14-6.09 mg/cm<sup>3</sup>), which technologically differs from other pectins by ammonia treatment, which leads to a change in the structure of the polysaccharide and, as a result, to an increase in its antioxidant properties. There is a synergistic effect in the manifestation of antioxidant activity of some combinations of pectins. It has been established that the complexing ability of combinations of pectin substances depends on the type of pectins, their ratios, and the degree of esterification (according to the specifications of pectin manufacturers). The values of the indicator range from 207 to 39 mg Pb<sup>2+</sup> /g of pectin. There is a synergistic effect in the manifestation of the complexing ability of combinations of apple and citrus fruits with beet pectin due to the latter. In the combination of apple and citrus pectins, the values of the complexing ability are significantly lower. The results obtained are of interest for further research of pectins and their combinations for use in food systems that provide a high level of antioxidant and detoxification protection of the human body.

**Keywords:** pectin substances, combinations of pectins, degree of esterification, antioxidant activity, complexing ability.

**Acknowledgements:** The research was carried out at the expense of a grant from the rector of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Maikop State Technological University" (topic "Authentic food products and culinary products of the Republic of Adygea as a basis for healthy nutrition: traditions, technologies and their actualization") and the state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (topic No. 1023122100005-9-2.9.1 High-performance technologies storage and processing of agricultural products providing export potential: new competitive food products, new medical and cosmetic products, innovative technologies, prolongation of shelf life of products).

**For citation:** Khatko, Z. N., Belyavtseva, T. A., Begeretova, Ju. M., Kolodina, E. M., Kudainetova, S. K. & Bugaeva, N. N. (2025). Investigation of the effect of types of pectin substances and their combinations on antioxidant activity and complexing ability for use in food systems. *Polzunovskiy vestnik*, (1), 168-177. (In Russ). doi: 10/25712/ASTU.2072-8921.2025.01.021. EDN: <https://elibrary.ru/EBELOP>.

## ВВЕДЕНИЕ

Создавшаяся ситуация по заболеваемости, смертности, обеспеченности нутриентами в России подтверждает необходимость принятых действенных решений на государственном уровне. Так, принят ряд программных документов:

- Федеральная программа России, направленная на увеличение продолжительности и качества жизни населения, а также повышение качества пищевых продуктов и расширение их ассортимента, что отражено в различных документах;

- Доктрина продовольственной безопасности РФ, отражающая определяющую роль сельского и рыбного хозяйства и пищевой промышленности в обеспечении безопасности;

- Стратегия развития агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года, призванная обеспечить долгосрочное и перспективное развитие отраслей, импортозамещение критически важных видов продукции, усиление продовольственной безопасности, развития новых направлений экспорта и др. [3];

- Федеральный проект «Здоровое питание», направленный на улучшение качества жизни и здоровья граждан за счет обеспечения безопасными и качественными продуктами, а также внедрения норм здорового питания и здорового образа жизни в каждую семью.

Одним из инновационных направлений здорового питания [1] является разработка продуктов питания общеукрепляющего, профилактического, адаптогенного и специального назначения, ассортимент которых нуждается в постоянном расширении и обновлении, особенно отечественного производства.

В настоящее время в явном достижении науки о питании следует отнести роль биологически активных добавок для создания продуктов питания, корректирующих состояние здоровья человека. К числу ингредиентов, представляющих научно-практический интерес в решении данной проблемы, относятся пектины – сложные полисахариды, состоящие в основном из трёх основных структурных доменов: гомогалактуронана (HG), рамногалактуронана-I (RG-I) и рамногалактуронана-II (RG-II).

Недостаточно научной информации о влиянии видов пектиновых веществ и их комбинаций на различные свойства, проявляемые в пищевых системах и организме человека, что снижает эффективность работы при конструировании новых пектиносодержащих пищевых продуктов.

В последнее время большое внимание уделяется проблеме сниженного иммунитета, основной причиной возникновения которого является оксидативный стресс, вызывающий изменения в клеточной структуре человеческого организма.

Поступление антиоксидантов из пищи, лекарств с антиоксидантным эффектом, а также биологически активных добавок может миними-

зировать оксидативный стресс и значительно снизить его проявления, которые возникают вследствие негативного воздействия свободных радикалов [4, 5].

Исследованию функциональных свойств (антиоксидантной активности, комплексообразующей способности и др.) пектиновых веществ в зависимости от разных факторов (извлечения из сырья, модификации и др.) посвящены работы многих зарубежных ученых, что подтверждает актуальность данного направления.

Shikai Zhang, Geoffrey I.N. и др. установили, что фракции пектинов обладают заданными реологическими, термическими, эмульгирующими, стабилизирующими эмульсию, водопоглощающими, маслосвязывающими, холестеринсвязывающими и антиоксидантными свойствами [14].

Chunhong Xiang, Hui Teng, Zhili Sheng, Chao Zhao и др. [10] с помощью ферментативного расщепления из сахарной свеклы выделен SBP-3A – новый ферулоилсодержащий полисахаридный фрагмент, получено подтверждение потенциального его применения в качестве функционального продукта питания для лечения заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

Rui-xue Deng, Yi-ying Zheng, Dong-jie Liu и др. [13] показано, что мощность ультразвука оказывает значительное влияние на антиоксидантную активность пектина из мороженых плодов инжира: ультразвуковая энергия разной мощности и структурные изменения по-разному влияют на пространственную структуру и свойства, а также биологическую активность пектина из мороженых плодов инжира.

Установлено, что пектины, извлечённые из кожуры фейхоа с помощью воды и щелочи (в отличие от кислоты), обладают более высокой антиоксидантной и гипогликемической активностью, причем состав моносахаридов, соотношение сахаров и степень ацетилирования – основные, по мнению авторов, факторы, влияющие на функциональные свойства, антиоксидантную и гипогликемическую активность.

Hui Li, Jiajia Rao, Bingcan Chen и др. [11] показано, что модифицированный тирозином пектин обладает повышенной растворимостью, амфифильностью и антиоксидантной активностью.

Na Liu, Wenna Yang, Xia Li и др. [12] исследовано 10 видов пектинов из кожуры цитрусовых и установлено, что два из них обладают превосходной антиоксидантной биологической активностью, два – отличными функциональными свойствами (термостабильностью и вязкостью), один имеет большой потенциал для применения в продуктах питания, подвергающихся воздействию высоких температур, один может использоваться в качестве загустителя или стабилизатора в пищевой промышленности

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

и т.д.

К наиболее распространенному в нашей стране пектинсодержащему сырью относятся яблочные выжимки, плоды цитрусовых, свекловичный жом и корзинки подсолнечника, на переработке которых основана пищевая промышленность [1, 5]. В настоящее время отечественного производства пектинов нет, поэтому в пищевой промышленности используются импортная продукция [2].

В связи с вышеизложенным, исследование антиоксидантной активности и комплексообразующей способности пектиновых веществ, оптимизация подбора их видов или комбинаций

для разработки пищевых систем с использованием растительного сырья и продуктов его переработки, богатых биологически активными веществами, повышающими физиологические показатели организма, в том числе иммунитет, является актуальной и перспективной задачей.

**Цель работы** состоит в исследовании влияния видов (и типов) пектиновых веществ и их комбинаций на антиоксидантную активность и комплексообразующую способность для применения в пищевых системах.

Объекты исследования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика пектиновых веществ / Table 1 – Characteristics of pectin substances

Наименование	Торговая марка, производитель	Степень этерификации, %	Спецификация
<b>Определение антиоксидантной активности</b>			
1. Яблочный пектин 1 (Я <sub>1</sub> )	«Айдиго», Китай	45-49	[17]
2. Яблочный пектин 2 (Я <sub>2</sub> )	«VALDE», Германия	более 50	[22]
3. Яблочный пектин «Унипектин ОВ 763» (Я <sub>3</sub> ) (низкометоксилированный амидированный), поставщик – ООО «Евро-Ойл», г. Уфа	«Cargill», Франция	32–38	[16]
4. NH пектин цитрусовый термообратимый (Ц <sub>1</sub> )	«VALDE», Германия	27–32	[20]
5. Цитрусовый пектин (Ц <sub>2</sub> )	«VALDE», Германия	более 50	[21]
6. Цитрусовый пектин «APC 105» (Ц <sub>3</sub> )	AndrePectin, Китай	менее 62	[19]
7. Яблочный пектин «APA 104» (Я <sub>4</sub> )	AndrePectin, Китай	62–66	[18]
Комбинации пектинов: 1:7, 1:6, 1:5, 1:4, 1:3, 1:2, 2:3, 2:4, 2:5, 2:6, 2:7, 3:4, 3:5, 3:6, 3:7, 4:5, 4:6, 4:7, 5:6, 5:7, 6:7			
<b>Определение комплексообразующей способности</b>			
1. Яблочный пектин 1 (Я <sub>1</sub> )	«Айдиго», Китай	45–49	[17]
2. Цитрусовый пектин (Ц <sub>2</sub> )	«VALDE», Германия	более 50	[21]
3. Свекловичный пектин (С <sub>лаб.</sub> )	Лабораторный	37,1	–
Соотношение компонентов в комбинации, %: 20:80, 40:60, 50:50, 60:40, 80:20			

Свекловичный пектин лабораторный (С<sub>лаб.</sub>) получен в условиях кафедры технологии пищевых производств и организации питания ФГБОУ ВО «МГТУ» из свекловичного жома по типовой схеме: гидромодуль – 1:5; температура – 74...75 °; продолжительность – 2 ч.; концентрация HCl в гидролизующем агенте – 1,3 %.

Образцы пектинов зарубежного производства (Германия, Китай, Франция) представлены в виде сыпучих порошков, цвет которых соответствует виду сырья – от светло-желтого до светло-коричневого, запах незначительный без посторонних нот, вкус почти нейтральный без постороннего привкуса.

Исследование антиоксидантной активности пектиновых веществ и их комбинаций осуществлялось амперометрическим методом с помощью анализатора антиоксидантной активности «ЦветЯуза-01-АА» по ТУ МЕКВ. 414538.001 в соответствии с инструкцией к прибору.

Определение содержания антиоксидантов заключается в измерении электрического тока [9], возникающего при окислении исследуемого вещества (или смеси веществ) на поверхности

рабочего электрода при определенном потенциале и сравнении полученного сигнала с сигналом стандарта (кверцетина – стандартное вещество), измеренного в тех же условиях.

Расчет антиоксидантной активности (СА, мг/см<sup>3</sup>) исследуемого образца проведен (в соответствии с прописью метода) по калибровочному графику кверцетина.

Исследование и расчет комплексообразующей способности пектиновых веществ по отношению к ионам свинца проводили трилонометрическим титрованием, по методике Решетникова В.И.

Массу свинца в анализируемом и контрольных опытах определяли по формуле:

$$m_{Pb} = \frac{(N_2 V_2 - N_1 V_1) * 103,6 * 250}{20 * 1000},$$

где N<sub>1</sub> и V<sub>1</sub> – нормальность и объем (мл) стандартного раствора сульфата цинка, пошедшего на титрование избытка трилона Б;

N<sub>2</sub> и V<sub>2</sub> – нормальность и объем (мл) трилона Б, добавленного к аликвотесвинцесодержащему раствору;

103,6 – молярная масса эквивалента свинца, г/моль;

250 – объем исходного раствора, мл;  
20 – объем аликвоты свинецсодержащего раствора;

1000 – коэффициент пересчета грамм в миллиграммы.

Комплексообразующую способность пектинов в мг ионов  $Pb^{2+}$  на грамм пектина (препарата) определяли по формуле:

$$КС = \frac{m_{pb}^k - m_{pb}^a}{m_n}$$

где  $m_{pb}^k$  и  $m_{pb}^a$  – масса свинца в контрольном и анализируемом растворах соответственно, мг;

$m_n$  – масса исходной навески исследуемого пектина (препарата), взятая для анализа, г.

Все опыты проводились не менее пяти раз с последующим усреднением результата. Предварительно пектиновые вещества растворяли в воде и готовили растворы концентрацией 1 %. В комбинациях пектины взяты в соотношении 1:1.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При определении антиоксидантной активности образцов в качестве промежуточного результата проведен расчет средней площади пиков водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ (рисунок 1).



Рисунок 1 – Средняя площадь пиков водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ, S, На.с.

Figure 1 – The average peak area of aqueous solutions of the studied samples of pectin substances, S, Na.s.

Как показывают данные рисунка 1, средняя площадь пиков водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ изменяется в зависимости от вида, степени этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов) и технологии производства, при-

чем максимальное значение – у образца № 3 (Яблочный пектин «Унипектин ОВ 763»).

В соответствии с прописью метода рассчитано содержание антиоксидантов в водных растворах исследуемых образцов пектиновых веществ (рисунок 2).

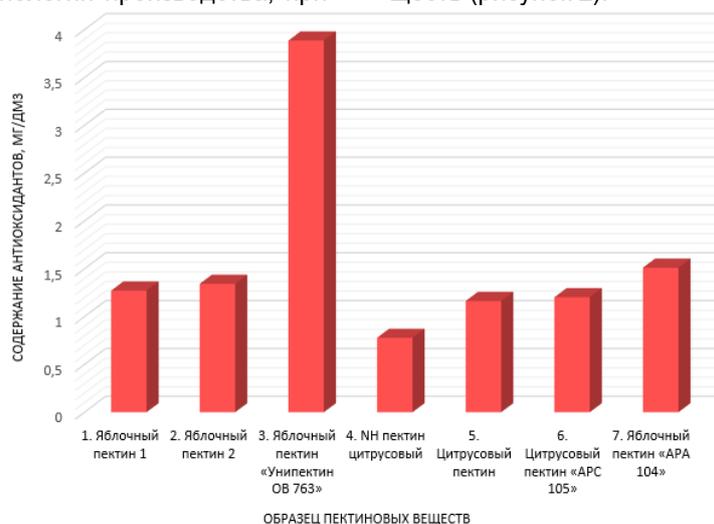


Рисунок 2 – Содержание антиоксидантов в водных растворах исследуемых образцов пектиновых веществ, мг/дм³

Figure 2 – Antioxidant content of aqueous solutions of the studied samples of pectin substances, mg/dm³

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Данные рисунка 2 показывают аналогичный (рисунку 1) характер изменения содержания антиоксидантов водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ.

Результаты расчетов антиоксидантной активности водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Антиоксидантная активность водных растворов исследуемых образцов пектиновых веществ, мг/см³

Figure 3 – Antioxidant activity of aqueous solutions of the studied samples of pectin substances, mg/cm³

Как показывают данные рисунка 3, антиоксидантная активность образцов пектинов изменяется от 0,78 до 3,89 мг/см³, среднее значение составляет 1,59 мг/см³. Наибольшей антиоксидантной активностью обладает водный раствор яблочного пектина «Унипектин OB 763» – 3,89 мг/см³.

Учитывая научную информацию о том, что биополимеры в комбинациях между собой и с другими веществами могут проявлять синергические

эффекты действия, нами исследованы антиоксидантные свойства комбинаций разных видов (и типов) пектинов [6, 7, 8].

Результаты определения средней площади пиков, содержания антиоксидантов и антиоксидантной активности водных растворов исследуемых образцов комбинаций пектиновых веществ представлены на рисунках 4–6.

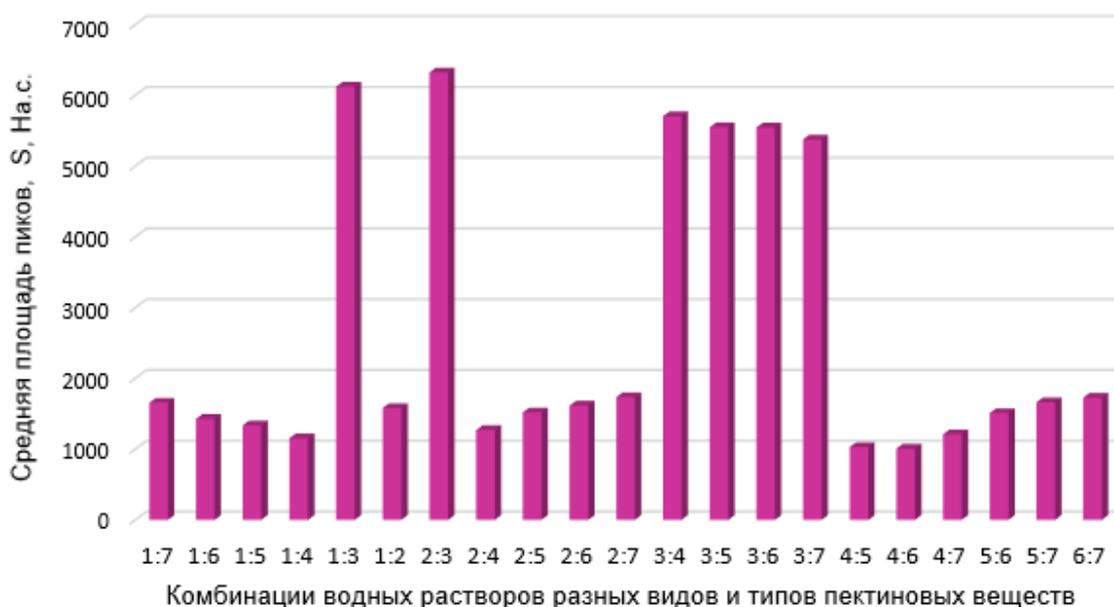


Рисунок 4 – Средняя площадь пиков комбинации водных растворов разных видов и типов пектиновых веществ, S, Na.c.

Figure 4 – Average peak area of a combination of aqueous solutions of different types and types of pectin substances, S, Na.c.

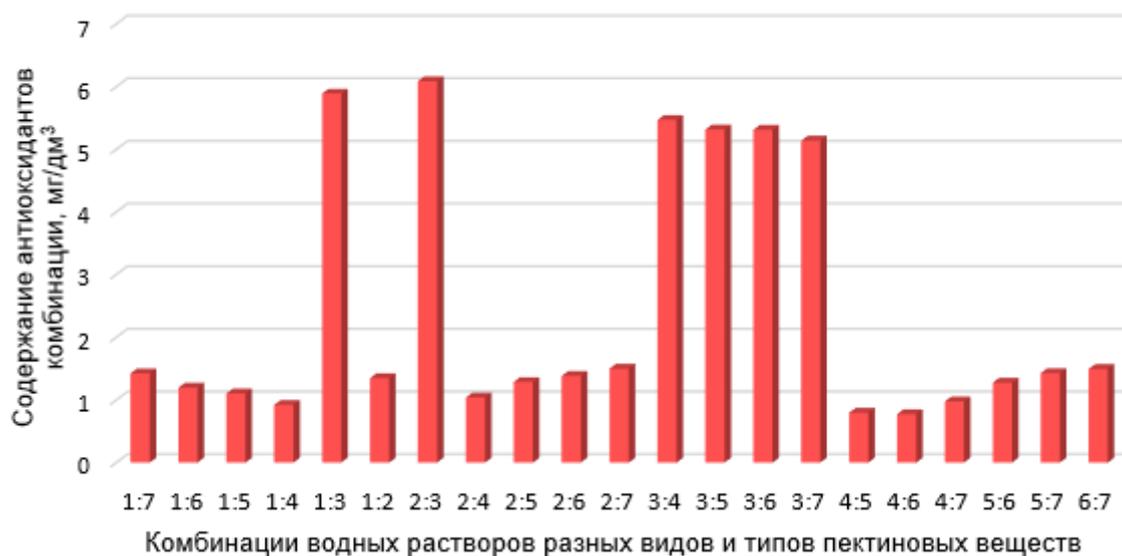


Рисунок 5 – Содержание антиоксидантов в комбинациях водных растворов разных видов и типов пектиновых веществ, мг/дм<sup>3</sup>

Figure 5 – The content of antioxidants in combinations of aqueous solutions of different types and types of pectin substances, mg/dm<sup>3</sup>

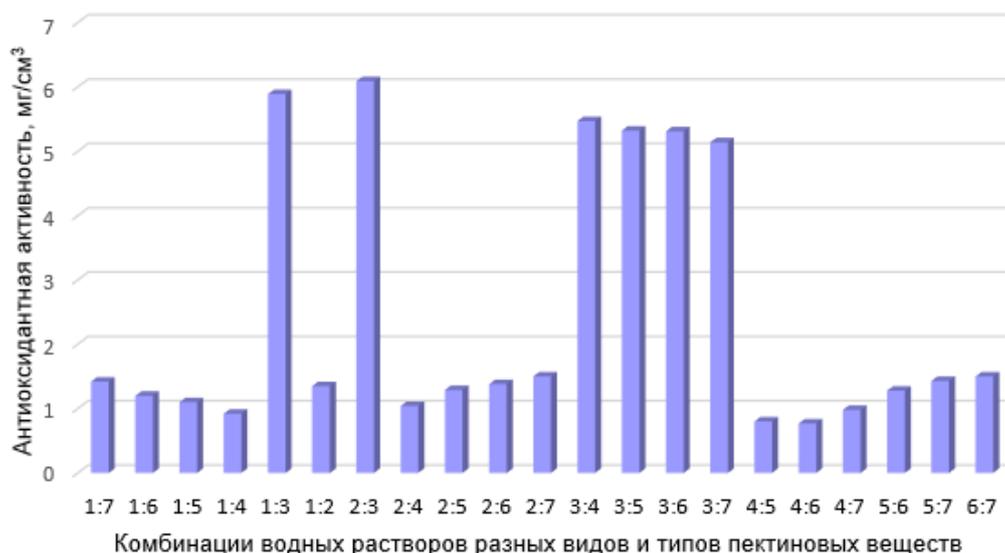


Рисунок 6 – Антиоксидантная активность комбинаций водных растворов разных видов и типов пектиновых веществ, мг/см<sup>3</sup>

Figure 6 – Antioxidant activity of combinations of aqueous solutions of different types and types of pectin substances, mg/cm<sup>3</sup>

Данные рисунков 4–6 показывают аналогичность (рост или снижение) в изменении показателей средней площади пиков, содержания антиоксидантов, антиоксидантной активности, проявляемых комбинациями водных растворов разных видов и типов пектиновых веществ. Установлено, что в некоторых комбинациях пектинов (1:3, 2:3, 3:4, 3:5, 3:6, 3:7), содержащих яблочный пектин «Унипектин ОВ 763» (образец № 3), значения, например антиоксидантной активности, значительно возрастают в сравнении

с пектинами (без комбинирования), что подтверждает синергический эффект их действия. По антиоксидантной активности (преимущественные значения) эти комбинации пектинов могут расположиться в убывающий ряд (начало) следующим образом:

2:3 – Я<sub>2</sub> Я<sub>3</sub> (6,09 мг/см<sup>3</sup>) > 1:3 – Я<sub>1</sub> Я<sub>3</sub> (5,89) > 3:4 – Я<sub>3</sub> Ц<sub>1</sub> (5,47) > 3:5 – Я<sub>3</sub> Ц<sub>2</sub> (5,32) > 3:6 – Я<sub>3</sub> Ц<sub>3</sub> (5,31) > 3:7 – Я<sub>3</sub> Я<sub>4</sub> (5,14) >.

Показано, что в остальных комбинациях пектинов, не содержащих яблочный пектин

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

«Унипектин ОВ 763», не наблюдается синергический эффект. По антиоксидантной активности они могут расположиться в убывающий ряд (окончание) следующим образом:

> 2:7 – Я<sub>2</sub> Я<sub>4</sub>(1,50), 6:7 – Ц<sub>3</sub> Я<sub>4</sub>(1,50) > 5:7 – Ц<sub>2</sub> Я<sub>4</sub>(1,43) > 1:7 – Я<sub>1</sub> Я<sub>4</sub>(1,42) > 2:6 – Я<sub>2</sub> Ц<sub>3</sub>(1,38) > 1:2 – Я<sub>1</sub> Я<sub>2</sub>(1,35) > 2:5 – Я<sub>2</sub> Ц<sub>2</sub>(1,29) > 5:6 – Ц<sub>2</sub> Ц<sub>3</sub>(1,28) > 1:6 – Я<sub>1</sub> Ц<sub>3</sub>(1,20) > 1:5 Я<sub>1</sub> Ц<sub>2</sub>(1,10) > 1:4 Я<sub>1</sub> Ц<sub>1</sub>(0,92) > 4:5 – Ц<sub>1</sub> Ц<sub>2</sub>(0,80) > 4:6 – Ц<sub>1</sub> Ц<sub>3</sub>(0,77).

Установлено, что антиоксидантная активность выше у пектинов и их комбинаций с низкой степенью этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов). В значительной степени большую антиоксидантную активность обеспечивает яблочный пектин «Унипектин ОВ 763» (низкометоксилированный, обработанный аммиаком), остальные (необработанные аммиаком) проявляют близкие между собой меньшие значения.

Ранее нами установлено, что комплексобразующая способность свекловичного пектина при значениях pH от 1,0 до 9,0 изменяется

от 474 до 493 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина, а чистого пектина при тех же значениях pH – выше в каждой точке и составляет 570...650 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина. Это подтверждает отрицательное влияние балластных веществ в пектине на этот показатель. С увеличением концентрации растворенного пектина в свинецсодержащем растворе повышается его комплексобразующая способность, тогда как увеличение количества сухого пектина в свинецсодержащем растворе значительно снижает этот показатель. Последнее объясняется большой водопоглощительной способностью пектинов и экранированием активных (карбоксильных, гидроксильных и др.) групп, которые увеличиваются с повышением их концентрации. При концентрации пектина 0,27 % комплексобразующая способность одинакова и не зависит от физического состояния пектина.

Далее исследована комплексобразующая способность пектиновых веществ и их комбинаций по отношению к ионам Pb<sup>2+</sup> (рисунок 7).

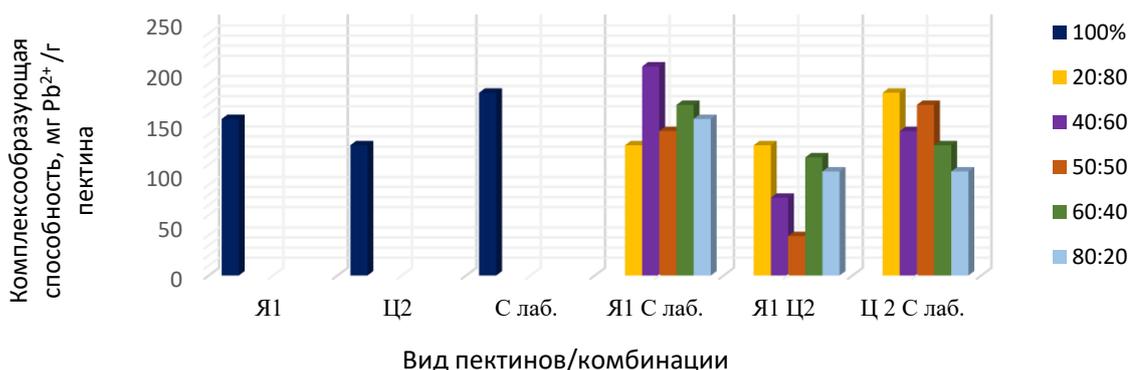


Рисунок 7 – Комплексобразующая способность пектиновых веществ и их комбинаций, мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина

Figure 7 – Complexing ability of pectin substances and their combinations, mg Pb<sup>2+</sup> /g of pectin

Как показывают данные рисунка 7, комплексобразующая способность пектинов в зависимости от вида и соотношений их в комбинациях варьирует от 207 до 39 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина. Сравнительный анализ значений комплексобразующей способности представлен ниже:

Пектины:

С лаб. (181 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина) > Я<sub>1</sub>(155) > Ц<sub>2</sub>(129).

Комбинации пектинов:

Я<sub>1</sub>:С лаб. – 40:60(207) > 60:40(169) > 80:20(155) > 50:50(143) > 20:80(129)

Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>. – 20:80(129) > 60:40(117) > 80:20(103) > 40:60(77) > 50:50(39).

Ц<sub>2</sub>:С лаб. – 20:80(181) > 50:50(169) > 40:60(143) > 60:40(129) > 80:20(103).

Значения комплексобразующей способности могут расположиться в убывающий ряд следующим образом:

Я<sub>1</sub>:С лаб. – 40:60 (207 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина) > С лаб.(181); Ц<sub>2</sub>:С лаб. – 20:80(181) > Я<sub>1</sub>:С лаб. 60:40(169); Ц<sub>2</sub>:С лаб.:50:50(169) > Я<sub>1</sub>(155); Я<sub>1</sub>:С лаб. 80:20 (155) > Ц<sub>2</sub>:С лаб. 40:60 (143); Я<sub>1</sub>:С лаб. 50:50 (143) > Ц<sub>2</sub>(129); Ц<sub>2</sub>:С лаб.:60:40(129) > Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>:60:40 (117) > Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>:80:20 (103); Ц<sub>2</sub>:С лаб.:80:20(103) > Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>:40:60 (77) > Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>:50:50 (39)

Показано, что свекловичный пектин проявляет максимальную комплексобразующую способность самостоятельно и усиливает этот показатель в комбинации с яблочным (в 1,7 раза) и цитрусовым (1,6 раза) при сравнении средних значений: в комбинациях с яблочным – 160,6 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина, с цитрусовым – 145,0 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина, без свекловичного пектина (комбинация Я<sub>1</sub>:Ц<sub>2</sub>) – 93,0 мг Pb<sup>2+</sup> /г пектина.

Сравнение комплексобразующей способности свекловичного и яблочного (модифицированного низкоэтерифицированного) пектинов показывает, что нативная низкая степень эте-

рификации (как у свекловичного) обеспечивает преимущественные свойства, в том числе комплексообразующую способность.

Для оценки «вклада» каждого вида пектина в комбинации рассчитана их комплексообразующая способность на основе данных рисунка 7. Результаты представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетное значение комплексообразующей способности комбинаций пектиновых веществ, полученных на основе опытных данных для разных видов пектинов

Table 2 – The calculated value of the complexing ability of combinations of pectin substances obtained on the basis of experimental data for different types of pectins

Соотношение компонентов в комбинации, %	Расчетное значение комплексообразующей способности		
	Комплексообразующая способность видов пектиновых веществ (опытное значение), мг Pb <sup>2+</sup> / г пектина: Я <sub>1</sub> – 155; Ц <sub>2</sub> – 129; С <sub>лаб.</sub> – 181.		
	Комбинация пектиновых веществ		
	Я <sub>1</sub> С <sub>лаб.</sub>	Я <sub>1</sub> Ц <sub>2</sub>	Ц <sub>2</sub> С <sub>лаб.</sub>
20:80	175,8	134,2	170,6
40:60	170,6	139,4	160,2
50:50	168,0	142,0	155,0
60:40	165,4	144,6	149,8
80:20	160,2	149,8	139,4

Как показывают данные таблицы 2, в некоторых комбинациях пектинов (Я<sub>1</sub> С<sub>лаб.</sub> 40:60; 60:40; Ц<sub>2</sub> С<sub>лаб.</sub> – 50:50) значения комплексообразующей способности значительно возрастают и превышают расчетные значения, что подтверждает синергический эффект действия. Полученные результаты представляют интерес для дальнейшего исследования пектинов и их комбинаций с целью применения в пищевых системах, обеспечивающих высокий уровень антиоксидантной и детоксикационной защиты организма человека.

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что антиоксидантная активность исследуемых видов (и типов) пектиновых веществ и их комбинаций различна и варьирует: от 0,78 до 3,89 мг/см<sup>3</sup> (пектины); от 0,77 до 6,09 мг/см<sup>3</sup> (комбинации пектинов). Комбинации пектиновых веществ отличаются преимущественным антиоксидантным эффектом, превышающим базовый уровень в 2–3 раза при использовании пектинов различных производителей (без комбинирования). Эффекты антиоксидантной активности могут варьировать в зависимости от степени этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов). Показана взаимосвязь между антиоксидантной активностью пектинов и их технологическими свойствами. Так, высокими показателями антиоксидантной активности (5,14–6,09 мг/см<sup>3</sup>) обладают комбинации с «Унипектин ОВ 763» (образец № 3), который технологически отличается от других пектинов обработкой аммиаком, что приводит к изменению структуры полисахарида и, как следствие, к повышению его антиоксидантных свойств. Установлен синергический эффект в проявлении антиоксидантной активности некоторых комбинаций пектинов.

2. Установлено, что комплексообразующая способность комбинаций пектиновых веществ

зависит от вида пектинов, их соотношений, степени этерификации (согласно данным спецификаций производителей пектинов). Значения показателя варьируют от 207 до 39 мг Pb<sup>2+</sup> / г пектина. Показан синергический эффект в проявлении комплексообразующей способности комбинаций яблочного и цитрусового со свекловичным пектином за счет последнего. В комбинации яблочного и цитрусового пектинов значения комплексообразующей способности значительно ниже.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Белая М.В., Мартынова Е.Г. Роль пектиновых веществ в питании человека // ГОРИНСКИЕ ЧТЕНИЯ. Инновационные решения для АПК» (24–25 февраля 2021 года): в 4-х. 2021. С. 18.
- Музыка М.Ю. [и др.]. Анализ перспектив создания функциональных напитков с использованием пектина // Colloquium-journal. Голопристанский мисьякрийонный центр зайнятості, 2020. №. 4 (56). С. 29–32.
- Стратегия развития пищевой и перерабатывающей промышленности Российской Федерации на период до 2020 года (утв. распоряжением Правительства РФ от 17 апреля 2012 г. № 559-р).
- Тарасенко А.В. Исследование свойств пектиновых веществ для производства продуктов здорового питания // Новые технологии. 2023. Т. 19. №. 4. С. 163–167.
- Хатко З.Н. Пектиносодержащие пленочные структуры / З.Н. Хатко, А.А. Ашинова. Майкоп : Майкопский государственный технологический университет, 2019. 112 с.
- Хатко З.Н. Инновационные пектиносодержащие композиции на основе высокоочищенного свекловичного пектина полифункционального назначения: Новые технологии. Майкоп : Изд-во ФГБОУ ВПО № 4. С. 42–48.
- Хатко З.Н. Свекловичный пектин полифункционального назначения: Свойства, технологии, применение. Майкоп : Изд-во МГТУ, 2012. 244 с.
- Хатко, З.Н. Развитие научно-практических основ технологии высокоочищенного свекловичного пектина полифункционального назначения и пектиносодержащих композиций : специальность 05.18.01 "Технология обработки, хранения и переработки злаковых, бобовых культур, крупяных продуктов, плодоовощной продукции и виноградарства", 05.18.07 "Биотехнология пищевых продуктов и биологических активных веществ" : автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук / Хатко

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВИДОВ ПЕКТИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ И ИХ КОМБИНАЦИЙ НА АНТИОКСИДАНТНУЮ АКТИВНОСТЬ И КОМПЛЕКСООБРАЗУЮЩУЮ СПОСОБНОСТЬ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПИЩЕВЫХ СИСТЕМАХ

Зурет Нурбиевна. Майкоп, 2013. 40 с.

9. Шерова З.У. [и др.]. Микрокапсулы на основе белка серицина и яблочного пектина с антиоксидантной активностью // Технологии и продукты здорового питания. 2021. С. 802–808.

10. Chunhong Xiang, Hui Teng, Zhili Sheng, Chao Zhao, Jingteng Deng, Chengang Zhao, Bo He, Lei Chen, Chao Ai, Structural characterization and antioxidant activity mechanism of the ferulic acid-rich subfraction from sugar beet pectin, Carbohydrate Polymers, Volume 347, 2025.

11. Hui Li, Jiajia Rao, Bingcan Chen, Tyramine modification of high and low methoxyl pectin: Physicochemical properties, antioxidant activity, and gelation behavior, Food Hydrocolloids, Volume 144, 2023.

12. Na Liu, Wenna Yang, Xia Li, Ping Zhao, Yu Liu, Lanping Guo, Luqi Huang, Wenyuan Gao, Comparison of characterization and antioxidant activity of different citrus peel pectins, Food Chemistry, Volume 386, 2022.

13. Rui-xue Deng, Yi-ying Zheng, Dong-jie Liu, Jing-yi Liu, Meng-nan Zhang, Guang-yuan Xi, Lu-lu Song, Pu Liu. The effect of ultrasonic power on the physicochemical properties and antioxidant activities of frosted figs pectin, Ultrasonics Sonochemistry, Volume 106, 2024.

14. Shikai Zhang, Geoffrey I.N. Waterhouse, Tingting Cui, Dongxiao Sun-Waterhouse, Peng Wu, Pectin fractions extracted sequentially from *Cerasus humilis*: their compositions, structures, functional properties and antioxidant activities, Food Science and Human Wellness, Volume 12, Issue 2, 2023.

15. Ting Zhang, Hao Zhang, Min Wei, Chuanhe Zhu, Effects of enzymatic treatment on the physicochemical properties and antioxidant activity of hawthorn pectin, Materials Today Communications, Volume 30, 2022.

16. Спецификация «Пектин Унипектин ОВ 763» <https://100ing.ru/media/specifications/pektin-unipektin-ov-763e440.pdf>.

17. Спецификация «Пектин «Айдиго» натуральный растительный загуститель». [https://prodservice.shop/upload/iblock/6e5/ev6jp9niibxvvpk9edzhd7o4jryl0i/f76e843d-6efc-11e4-a779-0015170f6d6d\\_18103146-2563-11ea-99b5-00155d001848.docx?ysclid=m7x5y17ras244679192](https://prodservice.shop/upload/iblock/6e5/ev6jp9niibxvvpk9edzhd7o4jryl0i/f76e843d-6efc-11e4-a779-0015170f6d6d_18103146-2563-11ea-99b5-00155d001848.docx?ysclid=m7x5y17ras244679192).

18. Спецификация «Пектин АРА104 высокой степени этерификации (медленной садки) Е440». <https://kondidoc.com/ru/raws/45105?ysclid=m7x2ggdbc9534406757>.

19. Спецификация «Пектин яблочный Andre Pectin APC105». <https://fontan-mechty.ru/pektin/tproduct/434138135-675445860021-pektin-tsirusovii-andre-pectin-apc105-2?ysclid=m7x6c1vb9z938900956>.

20. Спецификация «Пектин NH термообратимый VALDE». [https://prodservice.shop/upload/iblock/84e/arf2wktf8d3sds6bfm6k4wj2pfzhs7c/550778c9-0c49-11eb-80c6-002590199189\\_b30e9a3e-0c49-11eb-80c6-002590199189.pdf?ysclid=m7x5zaw41o20932754](https://prodservice.shop/upload/iblock/84e/arf2wktf8d3sds6bfm6k4wj2pfzhs7c/550778c9-0c49-11eb-80c6-002590199189_b30e9a3e-0c49-11eb-80c6-002590199189.pdf?ysclid=m7x5zaw41o20932754).

21. Спецификация «Пектин цитрусовый Valde (EWALD)». <https://fontan-mechty.ru/pektin/tproduct/434138135-967443342701-pektin-tsirusovii-valde-ewald-500-gr?ysclid=m7x61hgrxo554319929>.

22. Спецификация «Пектин яблочный Valde (EWALD)». <https://fontan-mechty.ru/pektin/tproduct/434138135-183524705491-pektin-yablochnii-valde-ewald-500-gr?ysclid=m7x634vsh976357726>.

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

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

*Статья поступила в редакцию 02 мая 2024; одобрена после рецензирования 28 февраля 2025; принята к публикации 05 марта 2025.*

*The article was received by the editorial board on 02 May 2024; approved after editing on 28 Feb 2025; accepted for publication on 05 Mar 2025.*

## Информация об авторах

*З. Н. Хатко – доктор технических наук, доцент, заведующая кафедрой технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

*Т. А. Белявцева – старший преподаватель кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

*Д. М. Бегеретова – аспирант кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

*Е. М. Колодина – преподаватель кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

*С. К. Кудайнетова – младший научный сотрудник кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

*Н. Н. Бугаева – магистрант кафедры технологии пищевых продуктов и организации питания ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет».*

## Information about the authors

*Z.N. Khatko - is a Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Food Technology and Nutrition of the Maykop State Technological University.*

*T.A. Belyavtseva - is a senior lecturer at the Department of Food Technology and Nutrition of the Maykop State Technological University.*

*D.M. Begeretova - is a post-graduate student of the Department of Food Technology and Nutrition of the Maykop State Technological University.*

*E.M. Kolodina - is a lecturer at the Department of Food Technology and Nutrition of the Maykop State Technological University.*

*S.K. Kudainetova - is a junior researcher at the Department of Food Technology and Nutrition of the Maykop State Technological University. State Technological University".*

*N.N. Bugaeva - is a graduate student of the Department of Food Technology and Catering of the Maykop State Technological University.*