

ФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЕ НАУКИ

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

УДК 634.11+547.562.1]:66.081

3.4.1 Промышленная фармация и технология получения лекарств

DOI: 10.37903/vsgma.2021.3.17

СПОСОБ ИНГИБИРОВАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОКСИДАЗЫ В ЯБЛОЧНЫХ ВЫЖИМКАХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ СОРБЕНТОВ© **Рябинина Е.И., Зотова Е.Е., Никитина Т.Н., Пономарева Н.И.***Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко, 394036, Россия, Воронеж, ул. Студенческая, 10**Резюме*

Цель. Разработать экономичный и экологически безопасный способ ингибирования ферментативного окисления в яблочных выжимках при производстве порошка с максимальным сохранением пектиновых веществ по отношению к исходному содержанию их в сырье.

Методика. В качестве объекта исследования использовали яблочные выжимки, высушенные при температуре 85°C (порошок 1) и 50°C, после ингибирования процесса ферментативного окисления (порошок 2). Определение сорбционной активности порошков по отношению к ионам свинца, меди, никеля и цинка проводили титриметрическим методом с использованием раствора трилона Б.

Результаты. Основным недостатком получения порошка на основе яблочных выжимок является темно-серый цвет волокна, появляющийся из-за образования продуктов окисления полифенолов кислородом воздуха в присутствии полифенолоксидазы. Новый способ ингибирования процессов окисления в яблочных выжимках, основанный на применении хлорида натрия, аскорбиновой кислоты и невысоких температур, приводит к снижению активности полифенолоксидазы, контакта жомы с молекулярным кислородом, и, в результате, снижению скорости распада полигалактуроновой кислоты – обладающей высокой сорбционной активностью. Доказано, что при данном способе производства порошок 2 имеет на 7% больше сорбционную активность по сравнению с порошком 1. Показана целесообразность использования порошка 2 для получения пектинсодержащего энтеросорбента.

Заключение. Разработан новый способ ингибирования ферментативного окисления в яблочных выжимках для получения порошка (сорбента) на их основе. Предложенный способ является экономичным и экологически безопасным: используемые вещества (хлорид натрия и аскорбиновая кислота) имеют низкую стоимость; не требуют дополнительного промывания, что снижает энергозатраты и объемы потребляемой воды, сокращает объемы сточных вод; и являются безопасными для организма человека и окружающей среды. Показано, что используемый в этом способе температурный режим ($t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) вместе со стадией ингибирования окисления позволяет сохранить в большем количестве пектиновые вещества и увеличить сорбционную активность порошка.

Ключевые слова: яблочные выжимки, яблочный порошок, сорбент, тяжелые металлы, полифенолоксидаза

METHOD OF POLYPHENOL OXIDASE INHIBITION IN POMACE DURING SORBENTS PREPARATION

Ryabinina E.I., Zotova E.E., Nikitina T.N., Ponomareva N.I.

*Voronezh N.N. Burdenko State Medical University, 10, Studencheskaja St., 394036, Voronezh, Russia**Abstract*

Objective. To develop an economical and environmentally safe method for inhibiting enzymatic oxidation in pomace during the apple powder production and to preserve pectin substances as much as possible in relation to their initial content in raw materials.

Methods. The object of the study was pomace dried at a temperature of 85°C (apple powder 1) and 50°C, after inhibiting the enzymatic oxidation process (apple powder 2). Sorption activity of the powders towards lead, copper, nickel and zinc ions was determined by titration using Trilon B solution.

Results. The main drawback of making an apple powder based on pomace is the dark grey colour of the fiber, which appears due to the production of polyphenols oxidation products with air oxygen in the presence of polyphenol oxidase. The new method of oxidation processes inhibition in pomace, based on the use of sodium chloride, ascorbic acid and low temperatures, leads to a decrease in the polyphenol oxidase activity, to the contact of the pulp with molecular oxygen, and, as a result, to lowering the rate of polygalacturonic acid decomposition having a high sorption activity. It has been proved that applying the method of polyphenol oxidase inhibition in pomace we produce apple powder 2 that has 7% more sorption activity compared to apple powder 1. The reasonability of using apple powder 2 to obtain a pectin-containing enterosorbent has been shown.

Conclusion. The new method for inhibiting enzymatic oxidation in pomace to make a pomace-based apple powder (sorbent) has been developed. The proposed method is economical and environmentally friendly: the substances used (sodium chloride and ascorbic acid) have a low cost; they do not require additional washing-out, which reduces energy consumption, the volume of water consumed, and the volume of sewage; and the substances used (sodium chloride and ascorbic acid) are safe for the human body and the environment. It has been shown that the temperature regime used in this method ($t=50^{\circ}\text{C}$), together with the oxidation inhibition stage, allows to preserve more pectin substances and increase the sorption activity of the apple powder.

Keywords: pomace, apple powder, sorbent, heavy metals, polyphenol oxidase

Введение

Россия по объему урожая яблок в мире занимает седьмое место [1]. Основным продуктом их переработки является сок, а побочным – яблочные выжимки, которые также служат богатым источником биологически активных веществ – витаминов, минеральных веществ, пищевых волокон. Согласно литературным данным [2], продукты переработки яблочных выжимок разнообразны. Возможно получение яблочных порошков, пектиновых веществ, фенольных соединений, пищевых органических кислот, ферментных препаратов, высокобелковых кормов для животных и др. Между тем, только около 20% яблочных выжимок направляют на дальнейшую переработку [3]. Выжимки являются скоропортящимся продуктом, поэтому их переработка является сложным технологическим процессом, от которого зависит качество получаемого продукта. По технологии их необходимо высушить при температуре выше 65°C не позднее 30 мин. после выжимки сока для сохранения их ценности [4, 5]. Многочисленные исследования подтверждают, что яблочный порошок за счет содержания сложных углеводов, а именно клетчатки и пектиновых веществ, по ГОСТ Р 54059-2010 Продукты пищевые функциональные, оказывает эффекты: метаболизма субстратов, поддержания зубной и костной ткани, иммунной системы, деятельности желудочно-кишечного тракта и сердечно-сосудистой системы [6], снижает воздействие эндо- и экзогенных вредных веществ [7]. Однако, основным недостатком сушки является темно-серый цвет яблочного волокна из-за присутствия окисленных кислородом воздуха полифенолов, процесс образования которых активируется полифенолоксидазой. В качестве ингибиторов данного процесса предлагается применять лимонную кислоту [8], тиосульфат натрия [9], но данные вещества изменяют состав порошка.

Следует отметить, что при сушке используется высокая температура, которая вызывает распад полигалактуроновой кислоты при действии молекулярного кислорода с одновременным изменением свойств пектина [10].

Цель работы – разработка экономичного и экологически безопасного способа ингибирования ферментативного окисления в яблочных выжимках при производстве порошка с максимальным сохранением пектиновых веществ по отношению к исходному содержанию их в сырье.

Методика

Объектом исследования являлись яблочные выжимки, полученные после переработки плодов и высушенные при температуре 85°C с последующим измельчением (порошок 1), так и после ингибирования процесса ферментативного окисления. Ингибирование осуществлялось

следующим образом: после отделения сока прямым отжимом, яблочные выжимки в течение 30 мин. после отжима помешали в 0,2М раствор хлорида натрия. Контакт с раствором осуществляется 5 мин. при непрерывном перемешивании. Затем для удаления избыточного количества хлорида натрия яблочную массу прессовали ручным прессом с давлением 3 атм. Потом яблочные выжимки заливали 0,1% раствором аскорбиновой кислоты и непрерывно перемешивали в течение 5 мин. После чего проводили прессование аналогичным образом, сушку при температуре 50°C до влажности 8% с последующим измельчением (порошок 2). Для определения сорбционной емкости яблочных порошков в серию пробирок помешали навески по 1 г, заливали их 0,05 л 0.025М водного раствора соли исследуемого металла (ионы свинца, меди, никеля и цинка брали в виде солей $Pb(NO_3)_2$, $CuSO_4$, $NiCl_2$ и $ZnSO_4$, используя реактивы квалификации «х.ч.») и выдерживали 60 мин. В условиях установившегося равновесия в системе определяли равновесную концентрацию ионов металла в растворе от их начальной концентрации и рассчитывали сорбционную емкость порошков. Количественный анализ ионов металла в растворе проводили титриметрическим методом, согласно общепринятой методике [11, 12].

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно данным приведенным в табл. 1, яблочный порошок, в зависимости от исходного сырья содержит разнообразные вещества [13-17].

Таблица 1. Состав яблочного порошка

Показатели	Содержание
Углеводы, в % на продукт всего в т.ч.:	27,7-87,3 [13]; 11,2-36,8 [16]; 48,7 [17]; 94,14 [18]
глюкоза	5,0-24,3 [13]
фруктоза	6,2-30,7 [13]
дисахара	5,1-28,5 [13]; 6,18 [14]; 7,8 [17]; 14,02 [18]
клетчатка (целлюлоза и гемицеллюлоза)	5,0-12,6 [13]; 28,8 [14]; 8,2 [16]; 13,4 [17]
пектиновые вещества	3,4-12,6 [13]; 18 [14]; 5,9-7,2 [15]; 12 [16]; 12,4 [17]
Протеин, в % на сухое вещество	3,2-3,8 [13]; 8,09 [14]; 3,5 [16]; 6,7 [17]; 2,61 [18]
Аминокислоты, в % на сухое вещество	38,2 [16]
Липиды, в % на продукт, всего в т.ч.:	5,6-7,8 [13]
фосфолипиды	3,58-5,55 [13]
Минеральные вещества, в % на сухое вещество, всего в т.ч.:	1,36-2,84 [13]; 1,51 [18]
калий	0,080 [17]
магний	0,073 [17]
кальций	0,320 [17]
фосфор	0,240 [17]
Макроэлементы, мг на 100 г, всего в т.ч.:	160,0-170,9 [13]
железо	66,14 [14]
Витамины, мг/100 г, в т.ч.:	
Е	12,513 [14]
С	19,451 [14]; 18,0 [15]; 15,17 [18]
Р	86,90 [18]
РР	2,99 [18]
каротиноиды	0,80 [17]; 0,53 [18]
Органические кислоты, в % на продукт, всего в т.ч.:	1,02-7,5 [13]; 5,0 [17]; 1,71 [18]
Аскорбиновая кислота, мг на 100 г	76,4 [17]

У сухих яблочных выжимок достаточно продолжительный срок хранения, во время которого их химический состав и питательная ценность практически не меняются [14]. Однако в процессе переработки плодов и последующей сушки яблочных выжимок при доступе кислорода запускается процесс ферментативного окисления.

При взаимодействии ферментов полифенолоксидазы с антиоксидантами группы полифенолов под действием кислорода образуются соответствующие хиноны. Данные вещества – сильнейшие окислители, которые, взаимодействуют с аскорбиновой кислотой, другими полифенолами, а также превращаются в оксихиноны, которые без участия ферментов полимеризуются в продукты, имеющие темно-бурый цвет (меланины, флабофены) [19].

Для блокирования энзиматической активности полифенолоксидазы и торможения развития образования красящих веществ в данной работе предлагается следующая схема получения яблочного порошка (рис.).

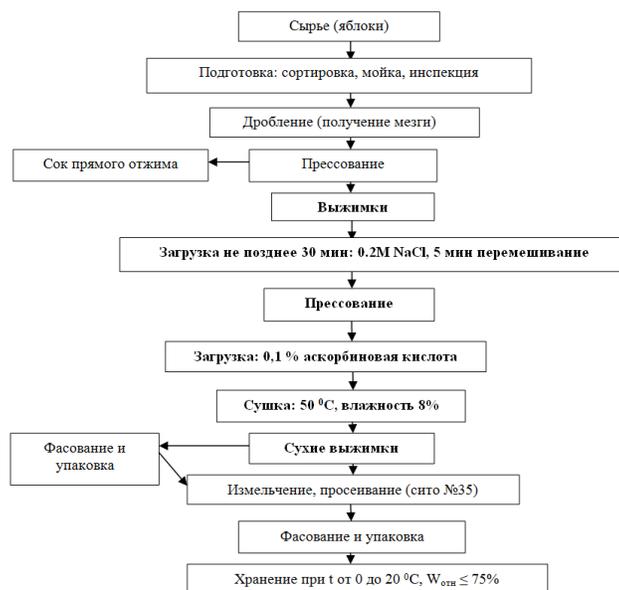


Рис. Структурная схема получения яблочного порошка из выжимок производства яблочного сока прямого отжима

Для предохранения выжимок от окисления, их нужно изолировать от действия кислорода воздуха, для этого не позднее 30 мин. после отжима яблочные выжимки помещают в 0,2М раствор хлорида натрия на 5 мин. при непрерывном перемешивании. Погружение выжимок в раствор соли, а не воду, в большей степени снижается их контакт с кислородом воздуха. Использование гипертонического раствора NaCl также способствует снижению микробиологической порчи продукта. Кроме того, первые 2 часа после отжима практически не протекает окислительный распад полигалактуроновой кислоты при действии молекулярного кислорода [10]. Затем яблочную массу прессуют. Промывание яблочной массы перед прессованием не требуется, так как не происходит сорбция ионов Na^+ и Cl^- на пищевых волокнах. Отсутствие промывания увеличивает экономичность процесса за счет сбережения водных и энергоресурсов, а применение хлорида натрия экологически безопаснее и экономически более выгодно, чем лимонной кислоты или тиосульфата натрия.

Для увеличения эффекта ингибирования фермента после прессования яблочные выжимки обрабатывались 0,1% раствором аскорбиновой кислоты ($\text{pH} \approx 3,2$), которая восстанавливает оксидины, предотвращая их полимеризацию и тем самым побурение яблочных выжимок при высушивании. Следует отметить, что увеличение кислотности также способствует снижению активности полифенолоксидазы, так как оптимум ее активности находится в интервале pH от 5 до 7,5. При pH ниже 3 полифенолоксидаза необратимо инактивируется [20]. Сушку продукта осуществляли при температуре 50°C , так как при температурах, близких к 100°C , распад полигалактуроновой кислоты вызывается даже незначительными количествами молекулярного кислорода [10]. Влажность не более 8% увеличивает срок хранения порошка.

На первом этапе оценивали органолептические показатели качества полученных яблочных порошков, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2. Органолептические показатели яблочных порошков

Показатели	Характеристика		
	Требования по норме	Порошок 1	Порошок 2
Внешний вид и консистенция	Сыпучий порошок	Сыпучий порошок	Сыпучий порошок
Цвет	От светло-желтого до темного коричневого	Темно-серый	Светло кремовый
Вкус и запах	Приятный кисло-сладкий вкус	Приятный кисло-сладкий вкус	Приятный кисло-сладкий вкус

На втором этапе, для оценки возможности использования полученного порошка в качестве сорбента, была изучена его сорбционная емкость по отношению к ряду ионов тяжелых металлов, результаты представлены в табл. 3.

Исходя из полученных данных видно, что сорбционная емкость яблочных выжимок, высушенных без предварительной стабилизации, по отношению к изученным катионам различна. Наблюдается ее снижение в ряду: $Pb^{2+} > Zn^{2+} \geq Cu^{2+} > Ni^{2+}$. Стабилизация яблочных выжимок на стадии окисления не повлияла на механизм сорбции, так как не изменила последовательность расположения ионов в ряду по сорбционной активности. Однако у порошка 2 наблюдается увеличение сорбционной способности на 7% в отличие от порошка 1, что свидетельствует о большем сохранении пектиновых веществ во втором образце.

Таблица 3. Сорбционная емкость яблочного порошка в отношении катионов тяжелых металлов

Сорбент	Сорбционная емкость к ионам тяжелых металлов, мг/г			
	Pb^{2+}	Zn^{2+}	Cu^{2+}	Ni^{2+}
Порошок 1	198,8	61,3	59,6	51,4
Порошок 2	213,8	65,9	64,1	55,3

На основании проведенных исследований и анализа патентной литературы можно сделать вывод, что разработан экономичный и экологически безопасный способ ингибирования ферментативного окисления в яблочных выжимках для производства порошка с максимальным сохранением пектиновых веществ. Таким образом, разработанная технология позволяет получить дополнительную продукцию из вторичного сырья сокового производства в виде фруктового порошка.

Заключение

Разработан новый способ ингибирования ферментативного окисления в яблочных выжимках для получения порошка (сорбента) на их основе. Предложенный способ является экономичным и экологически безопасным: используемые вещества (хлорид натрия и аскорбиновая кислота) имеют низкую стоимость; не требуют дополнительного промывания, что снижает энергозатраты и объемы потребляемой воды, сокращает объемы сточных вод; и являются безопасными для организма человека и окружающей среды. Показано, что используемый в этом способе температурный режим ($t=50^{\circ}C$) вместе со стадией ингибирования окисления позволяет сохранить в большем количестве пектиновые вещества и увеличить сорбционную активность порошка по сравнению с порошком, высушенным при более высоких температурах.

Литература (references)

1. Ведущие производители яблок в мире // Marketpublishers. URL: <https://marketpublishers.ru/lists/11800/news.html> (in Russian)
2. Дранников А.В., Бородовицын А.М., Полканов А.С., Костина Д.К. Обоснование способа сушки сырья при производстве пектина // Инновационные решения при производстве продуктов питания из растительного сырья: сборник научных статей и докладов / ВГУИТ. – Воронеж. – 2017. – С. 192-194. [Drannikov A.V., Borodovitsyn A.M., Polkanov A.S., Kostina D.K. *Innovatsionnye resheniya pri proizvodstve produktov pitaniya iz rastitel'nogo syr'ya: sbornik nauchnykh statei i dokladov*. Innovative solutions in the production of food from plant materials: a collection of scientific articles and reports. – Voronezh. – 2017. – P. 192-194. (in Russian)]
3. Ипатова Л.Г. Научное обоснование и практические аспекты применения пищевых волокон при разработке функциональных пищевых продуктов : Дис. ... докт. тех. наук. – Москва. – 2011. – 465 с. [Ipatova L.G. *Nauchnoe obosnovanie i prakticheskie aspekty primeneniya pishchevykh volokon pri razrabotke funktsional'nykh pishchevykh produktov (doctoral dis)*. Scientific rationale and practical aspects of the use of dietary fiber in the development of functional food products (Doctoral Thesis). – Moscow, 2011. – 465 p. (in Russian)]
4. Корнев Н.Н., Лисовой В.В., Купин Г.А., Матвиенко А.Н. Разработка технологии производства пищевой добавки из вторичных ресурсов переработки яблок // Пищевая промышленность. – 2015. – №11. – С. 36-38. [Kornev N.N., Lisovoi V.V., Kupin G.A., Matvienko A.N. *Pishchevaya promyshlennost'*. Food industry – 2015. – N11. – P. 36-38. (in Russian)]

5. Лосева В.А., Шахбулатова Л.Н., Санина Т.В., Ряховский Ю.В. Способ получения пищевых волокон // Патент РФ на изобретение №2128928. Опубликовано 20.04.1999. [Loseva V.A., Shakhbulatova L.N., Sanina T.V., Ryakhovskii Yu.V. *Sposob polucheniya pishchevykh volokon*. Method of obtaining dietary fiber // Patent of Russian Federation N2128928. Publication 20.04.1999. (in Russian)]
6. Могильный М.П., Шленская Т.В., Галукова М.К. и др. Современные направления использования пищевых волокон в качестве функциональных ингредиентов // Новые технологии. – 2013. – №1. – С. 27-31. [Mogil'nyi M.P., Shlenskaya T.V., Galyukova M.K. i dr. *Novye tekhnologii*. New technologies. – 2013. – N1. – P. 27-31. (in Russian)]
7. Никитенко А.Н., Егорова З.Е. Изменение активности полифенолоксидазы, аскорбинооксидазы и пероксидазы в процессе хранения яблок // Труды БГТУ. №4. Химия, технология органических веществ и биотехнология. – 2011. – №4(142). – С. 216-219. [Nikitenko A.N., Egorova Z.E. *Trudy BGTU. №4. Himiya, tehnologiya organicheskikh veshchestv i biotekhnologiya*. Proceedings of the Belarusian State Technical University.
8. Переработка отходов производства консервов. Комплексная переработка сырья. URL: <http://www.foodtech.com.ru/oborudovanietehnologii/pererabotka-othodov-proizvodstva.html> (in Russian)
9. Перфилова О.В., Митрохин М.А. Использование порошков из плодовоовощных выжимок с целью расширения ассортимента мучных кондитерских изделий // Достижения науки и техники АПК. – 2008. – №8. – С. 48-50. [Perfilova O.V., Mitrokhin M.A. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. Achievements of science and technology of the agro-industrial complex. – 2008. – N8. – P. 48-50. (in Russian)]
10. Рябина Е.И., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И., Тимашова А.А., Андреева Н.А. Активность энтеросорбента полифепана по отношению к катионам некоторых d-металлов // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2014. – VI.17, N2. – С. 87-91. [Ryabinina E.I., Zotova E.E., Ponomareva N.I., Timashova A.A., Andreeva N.A. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny*. Applied information aspects of medicine. – 2014. – V.17, N2. – P. 87-91. (in Russian)]
11. Рябина Е.И., Тимашова А.А., Зотова Е.Е., Пономарева Н.И. Разработка энтеросорбентов на основе свекловичного жома с повышенной активностью в отношении ионов цинка, меди и никеля // Прикладные информационные аспекты медицины. – 2016. – Т.19, № 4. – С. 11-15. [Ryabinina E.I., Timashova A.A., Zotova E.E., Ponomareva N.I. *Prikladnye informatsionnye aspekty meditsiny*. Applied information aspects of medicine. – 2016. – V.19, N4. – P. 11-15. (in Russian)]
12. Сырымбекова Э.А. Получение и исследование свойств яблочного порошка // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2017. – №3(43). – С. 35-38. [Syrymbekova E.A. *Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. Razzakova*. Izvestiya Kyrgyzskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta im. I. Razzakova. – 2017. – N3(43). – P. 35-38. (in Russian)]
13. Тимербаева Г.Р. Окислительные превращения пектинов и их комплексообразование с некоторыми азотсодержащими лекарственными веществами: Дис. ... канд. хим. наук. – Уфа. – 2009. – 145с. [Timerbaeva G.R. *Okislitel'nye prevrashcheniya pektinov i ikh kompleksoobrazovanie s nekotorymi azotsoderzhashchimi lekarstvennymi veshchestvami (kand. dis.)*. Oxidative transformations of pectins and their complexation with some nitrogen-containing medicinal substances (Author's Abstract of Candidate Thesis). – Ufa. – 2009. – 145p. (in Russian)]
14. Тарверанова Я.О., Красноселова Е.А. Использование отходов при переработке яблок // В сборнике: Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции. Сборник статей по материалам IV научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. – 2018. – С. 305-309. [Tarveranova Ya.O., Krasnoselova E.A. *V sbornike: Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skokhozyaistvennoi produktsii. Sbornik statei po materialam IV nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh. Modern aspects of production and processing of agricultural products*. Collection of articles based on the materials of the IV scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists. – 2018. – P. 305-309. (in Russian)]
15. Химический состав яблочных порошков / Студопедия. URL: https://studopedia.ru/19_127649_himicheskiiy-sostav-yablochnih-poroshkov.html [Studopediya. Studopedia. URL: https://studopedia.ru/19_127649_himicheskiiy-sostav-yablochnih-poroshkov.html (in Russian)]
16. Чалдаев П.А., Свечников А.Ю. Применение яблочных выжимок для производства продуктов питания // Пищевая промышленность. – 2014. – №4. – С. 40-41. [Chaldaev P.A., Svechnikov A.Yu. *Pishchevaya promyshlennost'*. Food industry – 2014. – N4. – P. 40-41. (in Russian)]
17. Шишатацкий Ю.И., Голубятников Е.И. Способ подготовки свекловичного жома к производству пектина и пищевых волокон // Патент РФ на изобретение № 2528496. Опубликовано 20.09.2014. Бюллетень №26. [Shishatskii Yu.I., Golubyatnikov E.I. *Sposob podgotovki sveklovichnogo zhoma k proizvodstvu pektina i pishchevykh volokon*. Method for preparing beet pulp for the production of pectin and dietary fiber // Patent of Russian Federation N2528496. Publication 20.09.2014. Bulletin N26. (in Russian)]
18. Щербакова Е.И., Рушиц А.А. Использование растительной добавки с целью повышения пищевой ценности мучных кулинарных изделий // Вестник ЮУрГУ. Серия «Пищевые и биотехнологии». – 2014. –

- Т.2, №1. – С. 94-98. [Shcherbakova E.I., Rushchits A.A. *Vestnik YuUrGU. Seriya «Pishchevye i biotekhnologii»*. Bulletin of the South Ural State University. Food and Biotechnology Series. – 2014. – V.2, N1. – P. 94-98. (in Russian)]
19. Юрѳева Е.В., Бабушкин В.А., Негреева А.Н. Использование сухих яблочных выжимок в подкормке поросят-сосунков и рационе отъѳемышей // Достижения науки и техники АПК. – 2011. – №8. – С. 58-60. [Yur`eva E.V., Babushkin V.A., Negreeva A.N. *Dostizheniya nauki i texniki APK*. Achievements of science and technology in agriculture. – 2011. – N8. – P. 58-60. (in Russian)]
20. Queiroz C., Mendes Lopes M.L., Fialho E., Valente-Mesquita V.L. Polyphenol oxidase: characteristics and mechanisms of browning control // Food reviews international. – 2008. – 24(4). – С 361-375.

Информация об авторах

Рябинина Елена Ивановна – кандидат химических наук, доцент кафедры клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко». E-mail: ryabinina68@mail.ru

Зотова Елена Евгеньевна – кандидат химических наук, доцент кафедры клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко». E-mail: zotova1109@yandex.ru

Никитина Татьяна Николаевна – кандидат химических наук, доцент кафедры клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко». E-mail: ilyushina_t@mail.ru

Пономарева Наталия Ивановна – доктор химических наук, профессор кафедры клинической лабораторной диагностики ФГБОУ ВО «Воронежский государственный медицинский университет им. Н.Н. Бурденко». E-mail: kafneorgvma@yandex.ru

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.