

Исследование возможности иммобилизации антиоксидантов шиповника Даурского включением в белково-липидный комплекс



Б. А. Баженова^{1,*}, А. Г. Бурханова¹,
Ю. Ю. Забалуева², Р. А. Добрецкий¹

¹ Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления^{ROR}, Улан-Удэ, Россия

² Московский государственный университет технологий и управления им. К. Г. Разумовского (ПКУ)^{ROR}, Москва, Россия

Дата поступления в редакцию: 15.02.2021

Дата принятия в печать: 22.03.2021



*e-mail: bayanab@mail.ru

© Б. А. Баженова, А. Г. Бурханова, Ю. Ю. Забалуева, Р. А. Добрецкий, 2021

Аннотация.

Введение. Высоким содержанием полифенольных комплексов с антиоксидантными свойствами характеризуются некоторые виды растительного сырья. Поэтому введение в состав мясных изделий фитонутриентов будет способствовать расширению ассортимента пищевых продуктов с антиоксидантным действием. Интерес представляют биологически активные вещества шиповника Даурского и возможность повышения их сохранности в процессе приготовления продукта. Целью исследований явилось изучение возможности иммобилизации антиоксидантов шиповника Даурского путем включения в белково-липидный комплекс.

Объекты и методы исследования. Плоды шиповника Даурского, его водно-спиртовой экстракт, а также белково-липидный комплекс.

Результаты и их обсуждение. В статье представлены экспериментальные данные по химическому составу плодов шиповника Даурского. Обоснован способ получения фитоэкстракта с максимально возможным извлечением соединений с антиоксидантными свойствами водно-спиртовым раствором в СВЧ-поле мощностью 800 Вт в течение 6–7 мин. Выявлено повышение сохранности антиоксидантов шиповника Даурского за счет иммобилизации путем включения в гель белково-липидного комплекса. Получена рецептура белково-липидного комплекса с внесением экстракта шиповника: белковый препарат 9 %, экстракт шиповника 6 %, жировой компонент 42 %, вода для гидратации 43 %. Отмечены высокие функционально-технологические характеристики полученной системы.

Выводы. Экспериментальным путем получены оптимальные режимы экстракции биологически активных веществ плодов шиповника в СВЧ-поле. Введение экстракта шиповника в состав белково-липидного комплекса способствует повышению степени сохранности антиоксидантов за счет их иммобилизации.

Ключевые слова. Шиповник Даурский, СВЧ-экстракция, водно-спиртовой экстракт, антиоксиданты, полифенолы, антоцианы, иммобилизация, белково-липидный комплекс

Финансирование: Работа выполнена на базе ФГБОУ ВО «Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления» (ВСГУТУ)^{ROR} в рамках Госзадания Министерство науки и высшего образования Российской Федерации (Минобрнауки России)^{ROR} № 19.5486.2017/БЧ.

Для цитирования: Исследование возможности иммобилизации антиоксидантов шиповника Даурского включением в белково-липидный комплекс / Б. А. Баженова [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51. № 2. С. 301–311. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-301-311>.

Original article

Available online at <http://fptt.ru/eng>

Immobilization of Daurian Rosehip Antioxidants by Protein-Lipid Inclusion

Bayana A. Bazhenova^{1,*}, Anastasia G. Burkhanova¹,
Yuliya Yu. Zabalueva², Roman A. Dobretsky¹

¹ East Siberia State University of Technology and Management^{ROR}, Ulan-Ude, Russia

² K.G. Razumovsky Moscow State University of Technologies and Management , Moscow, Russia

Received: February 15, 2021

Accepted: March 22, 2021



*e-mail: bayanab@mail.ru

© B.A. Bazhenova, A.G. Burkhanova, Yu.Yu. Zabalueva, R.A. Dobretsky, 2021

Abstract.

Introduction. Antioxidant system is one of the main cellular mechanisms of adaptation. It is able to neutralize the destructive effect of free radicals, both external and internal. Functional products, especially of meat origin, can provide necessary antioxidant properties. Some types of plant raw materials possess a high content of polyphenol complexes with antioxidant properties. Therefore, introduction of phytonutrients into the composition of meat products can help to expand the range of foods with an antioxidant effect. Daurian rosehip is rich in biologically active substances and can increase their safety during processing. The research objective was to study the possibility of immobilization of Daurian rosehip antioxidants by protein-lipid inclusion.

Study objects and methods. The research featured fruits of Daurian rosehip, its aqueous alcoholic extract, and protein-lipid complex.

Results and discussion. The article presents experimental data on the chemical composition of Daurian rosehip. The optimal method with the best antioxidant results was a microwave phytoextraction by an aqueous alcoholic solution at a power of 800 W for 6–7 min. The antioxidants were immobilized by including the protein-lipid complex into the gel. The experiment demonstrated excellent functional and technological characteristics of the resulting system.

Conclusion. The research revealed the optimal modes of microwave extraction of biologically active substances of Daurian rosehip. The rosehip extract was included into the protein-lipid complex and immobilized antioxidants, thus increasing their efficiency.

Keywords. Daur rosehip, microwave extraction, water-alcohol extract, antioxidants, polyphenols, anthocyanins, immobilization, protein-lipid complex

Financing. The work was part of the State Task of the East Siberia State University of Technology and Management (ESSUTM)  and Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Minobrnauka)  (project No. 19.5486.2017/BCH).

For citation: Bazhenova BA, Burkhanova AG, Zabalueva YuYu, Dobretsky RA. Immobilization of Daurian Rosehip Antioxidants by Protein-Lipid Inclusion. Food Processing: Techniques and Technology. 2021;51(2):301–311. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2021-2-301-311>.

Введение

В настоящее время вероятность заражения организма человека вирусными инфекциями чрезвычайно высока. Поэтому возникает необходимость повышения иммунитета и формирования адапционных механизмов. Одним из основных клеточных механизмов формирования адаптации является антиоксидантная система организма. Она способна нейтрализовать разрушающее действие свободных радикалов, как образующихся в организме, так и попадающих извне. Запас нутриентов с антиоксидантными свойствами можно пополнить созданием продуктов здорового питания. Данная научная тема вызывает в последние годы большой интерес ученых отрасли [1–5].

Для решения проблемы обогащения продуктов питания антиоксидантами необходимо не только изучение потенциала пищевого сырья, но и поиск путей ограничения подвижности молекул антиоксидантов с закреплением их активного центра для сохранения максимальной работоспособности. Важно ограничить активность антиоксидантов или иммобилизовать их для сохранения биодоступности в процессе переваривания пищи и доставки к отдельным органам и клеткам.

Расширить ассортимент пищевых продуктов с антиоксидантным действием, особенно мясных, в которых содержание антиоксидантов ограничено,

можно путем включения растительного сырья, богатого биологически активными веществами полифенольной природы. Среди доступных дикорастущих растений интерес представляет шиповник вида *Rósa davúrica*, распространенный в регионах Бурятии, Якутии, Читинской и Амурской областей, Приморского края и др. Основным достоинством данного вида шиповника является морозоустойчивость и неприхотливость.

Пищевая ценность и свойства шиповника, выращенного в разных регионах страны и зарубежья, являются объектом многих исследований. Эффективность употребления плодов шиповника для уменьшения риска сердечно-сосудистых заболеваний, а также для профилактики недостатка витамина С показана в работах [6, 7]. Результаты исследования биологических характеристик и пищевой ценности разных сортов шиповника, произрастающего в районе г. Благовещенска, представленные в статье А. Б. Козлова с соавторами, показали высокое содержание витамина С – до 2980 мг% в плодах [8]. В статье С. А. Алексахина и др. представлены результаты изучения нескольких видов и сортов шиповника, выращенного в Самарском регионе [9]. В исследуемых образцах высокая антиоксидантная активность, а также высокое содержание полифенольных соединений, веществ группы флавоноидов и витамина С.

Исследования [10–12] показали, что растительные биологически активные вещества с антиоксидантной активностью способны ингибировать свободнорадикальные реакции в клетках и восстанавливать процессы в организме человека.

Однако в работе Н. А. Петрова с соавторами отмечена невысокая биологическая доступность для организма полифенольных соединений с сохранением активного комплекса [13]. В связи с этим актуальным направлением исследований в пищевой отрасли является поиск путей повышения биодоступности антиоксидантов.

Известны два основных метода иммобилизации биологически активных веществ – это физический и химический. Физическая иммобилизация представляет собой включение вещества в среду, которая обеспечит ограничение общего объема. Рассматривают несколько таких способов: адсорбция на нерастворимых носителях; включение в поры геля; пространственное отделение биологически активного вещества от остального объема реакционной системы с помощью полупроницаемой перегородки или мембраны; включение в двухфазную среду, где биологически активное вещество растворимо и может находиться только в одной из фаз.

Для повышения биодоступности полифенольных соединений с антиоксидантными свойствами за счет иммобилизации путем сорбирования, инкапсулирования и т. д. ученые предлагают различные методы. Н. А. Петровым и др. разработан технологический подход к получению пищевой матрицы путем обогащения гречневой муки полифенольными соединениями, извлекаемыми из ягод черники, для последующего включения в состав специализированных пищевых продуктов [13]. Доля сорбции на гречневой муке составила 45 % общих полифенолов, а содержание антоцианинов в исходном экстракте ягод черники было 48 %. Сорбционный подход позволяет целенаправленно концентрировать полифенолы в составе пищевой матрицы. Это повышает эффективность ее использования в качестве функционального пищевого продукта.

Предложен способ иммобилизации полифенолов, полученных биотехнологическим методом из овсяных отрубей, инкапсуляцией в комплексные коацерваты сывороточного белка и мальтодекстрина. Показана эффективность инкапсуляции (95 %) при определенном соотношении компонентов коацервата. Процент высвобождения полифенолов при ферментативном гидролизе составил 70–83 % [14].

В работе Е. А. Большунова и др. исследовалась эффективность включения экстракта бадана толстолистного в липосомальные структуры жира нерпы [15]. При экспериментах на животных было выявлено высокое антиоксидантное действие инкапсулированных в липосомы биологически

активных веществ экстракта из черных листьев бадана толстолистного.

В статье Б. А. Баженовой с соавторами представлены исследования по повышению сохранности биологически активных веществ экстракта из выжимок брусники в составе субпродуктовой пасты за счет иммобилизации [16]. Выявлено повышение суммарного содержания антиоксидантов в паштетном фарше, содержащем субпродуктовую пасту с предварительным включением в ее состав экстракта брусники.

Интерес представляет инкапсулирование биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами и включением их в гель, что может повысить их биодоступность. В мясной отрасли при производстве фаршевых мясопродуктов широко используются препараты с гелеобразующими свойствами, которые вносятся как отдельно, так и в составе белково-липидных эмульсий, суспензий, гранул и т. д.

Целью работы было исследование возможности иммобилизации антиоксидантов шиповника Даурского для повышения их биодоступности путем включения в состав белково-липидного комплекса.

Объекты и методы исследования

Объектами исследований служили порошок из плодов шиповника Даурского, водно-спиртовой экстракт плодов шиповника, препарат Скинпрот А-105 и белково-липидный комплекс.

Для приготовления порошка были использованы зрелые плоды шиповника, собранные и высушенные в Мухоршибирском районе Республики Бурятия. Плоды шиповника сортировали, промывали и высушивали при температуре 80 °С до содержания влаги 13–15 %. Высушенные плоды измельчали, просеивали и подвергали дальнейшему высушиванию до остаточной влаги 10 %. Из полученного порошка готовили экстракт. Для повышения экстракции биологически активных веществ использовали обработку в СВЧ-поле. Затем изучали возможность включения полученного экстракта в состав белково-липидного комплекса.

Для гелеобразования использовали препарат Скинпрот А-105, который вырабатывается на основе свиной шкурки для применения в мясных и рыбных продуктах. Препарат имеет высокие значения водо- и жиросвязывающей способностей, образует устойчивый гель, который сохраняет свойства после тепловой обработки. Характеристика белкового препарата приведена в таблице 1.

В ходе проведения экспериментальных исследований были применены следующие методы. Общую массовую долю минеральных веществ устанавливали методом озоления. Содержание влаги – методом высушивания до постоянного веса при температуре 103–105 °С (ГОСТ Р 51479-99). Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) определяли на приборе

Таблица 1. Характеристика белкового препарата Скинпрот А-105

Table 1. Skinprot A-105 protein formulation

Наименование показателя	Значение	Наименование показателя, %	Значение
pH 5 % раствора	6–8	Массовая доля белка	91 ± 3
Цвет	Светло-кремовый	Массовая доля влаги	3 ± 2
Вкус	Нейтральный	Массовая доля жира	12 ± 2

«Цвет Яуза-01-АА» амперометрическим методом. Содержание полифенольных соединений (ПФ) – спектрофотометрическим методом с использованием реактива Фолина-Чокальтеу. Кислотность среды устанавливали потенциометрическим методом. Массовую долю сахара определяли по ГОСТ 13192-73. Содержание витамина Е определяли на анализаторе «Флюорат-02» с приставкой ВЭЖХ. Метод основан на щелочном гидролизе пробы, экстракции гексаном неомыляемой части и введением экстракта на ВЭЖХ для количественного определения витамина. Содержание органических кислот и водорастворимых витаминов устанавливали методом капиллярного электрофореза на приборе Капель-105М с косвенным детектированием при длине волны 190 нм. Содержание каротиноидов – на спектрофотометре Сагу 300 путем экстракции ацетоном каротиноидов из образца с последующим спектрофотометрированием при длине волны 450 нм, соответствующей максимуму поглощению каротиноидов. Оптические характеристики экстрактов были получены на приборе фотометр КФК-3-01-30МЗ. Минеральный состав – на атомно-абсорбционном спектрометре PinAAcle 900F.

Содержание белка определяли методом, основанным на минерализации пробы по Кьельдалю, – отгонкой аммиака в раствор серной кислоты с последующим титрованием исследуемой пробы (ГОСТ 25011-81). Водо- и жирудерживающие способности (ВУС и ЖУС), устойчивость системы (УС) – последовательным определением из одного образца навески. Метод определения жира – по Сокслету. Предельное напряжение сдвига (ПНС) определяли на приборе пенетрометр методом погружения индентора в исследуемый образец. Для качественной оценки экстракта шиповника изучали прозрачность, вкус, цвет и аромат исследуемых образцов органолептическим методом.

Результаты и их обсуждение

На первом этапе был изучен химический состав плодов шиповника Даурского. Данные представлены в таблице 2.

Представленные в таблице 2 данные свидетельствуют о высоком содержании биологически активных веществ в плодах шиповника. Сахаров, в состав которых входят инвертные, содержится 8,81 %. Органические кислоты, включающие лимонную и

яблочную, составляют 4,91 %. Высоко содержание полифенольных соединений – 48 % относительно сухого вещества. Основные полифенольные соединения шиповника Даурского – это флавоноиды, фенольные кислоты, полифенольные амиды, флавоны и антоцианы. Среди них наиболее характерны кверцетин, изокверцетин, кемпферол и тилирозид [9, 10].

Плоды шиповника Даурского характеризуются насыщенным темно-красным цветом из-за присутствия большого количества антоцианов и каротиноидов (7,76 мг%). Отмечено высокое содержание витаминов С и Е – 1285,4 и 141,8 мг% соответственно.

Таким образом, значение суммарного содержания антиоксидантов в плодах шиповника Даурского имеет высокое значение и составило 138,34 мг/г, из которых 76 % составляют полифенольные соединения.

Для обогащения пищевых продуктов биологически активными веществами плодов шиповника Даурского изучена возможность их экстракции с применением эффективных методов.

Методы экстракции подразделяются на статические: одноступенчатые (мацерация), многоступенчатые (ремацерация, циркуляция, реперколяция по Чулкову) и динамические: одноступенчатые (перколяция), многоступенчатые (реперколяция с законченным и незаконченным циклами). Недостатками данных способов являются неполнота экстракции веществ, продолжительность, трудоемкость, повышенное содержание балластных веществ и др. В настоящее время предлагают более эффективные способы экстракции: сверхкритическая флюидная экстракция,

Таблица 2. Химический состав плодов шиповника Даурского

Table 2. Chemical profile of Daurian rosehip

Показатели химического состава	Значение
Массовая доля сухих веществ, %	21,92 ± 0,17
Массовая доля сахаров, %	8,81 ± 0,19
Содержание органических кислот, %	4,91 ± 0,12
Содержание полифенолов, %	10,54 ± 0,08
Содержание каротиноидов, мг/100 г	7,76 ± 0,12
Содержание витамина С, мг/100 г	1285,4 ± 14,6
Содержание витамина Е, мг/100 г	141,80 ± 1,63
Суммарное содержание антиоксидантов, мг/г	138,34 ± 3,21

экстракция субкритическими растворителями, ускоренная экстракция и экстракция с использованием сверхвысокочастотного излучения. В работах [17–19] представлены результаты эффективности экстракции растительного сырья с применением СВЧ-нагрева. Они показали, что применение электромагнитного сверхвысокочастотного поля увеличивает степень экстракции. Основными преимуществами сверхчастотного нагрева являются тепловой разогрев «изнутри», высокий термический коэффициент полезного действия, равномерность нагрева и бесконтактный подвод тепла.

Экстрагентами могут служить растворы кислот и щелочей, а также вода, спирты, эфиры, органические растворители и т. д. Для экстракции растительных биологически активных веществ используют водно-спиртовой раствор, т. к. этиловый спирт обладает высокой экстрагирующей способностью по отношению к растительным полифенольным соединениям и является недорогим пищевым компонентом [18, 19].

На основании анализа предлагаемых способов экстракции биологически активных веществ из растительного сырья выбран способ экстракции водно-спиртовым раствором с применением обработки в электромагнитном поле сверхвысоких частот (СВЧ). Режимы экстракции определены экспериментальным путем на основании исследования показателя суммарного содержания полифенольных соединений (ПФ) в экстракте.

В ходе проведения экспериментальных исследований порошок из плодов шиповника Даурского заливали водно-спиртовым раствором концентрацией 40 % в соотношении 1:5. Соотношение выбрано на основе анализа литературных данных, которые рекомендуют для экстракции растительного сырья соотношение сырья и экстрагента от 1:1 до 1:10.

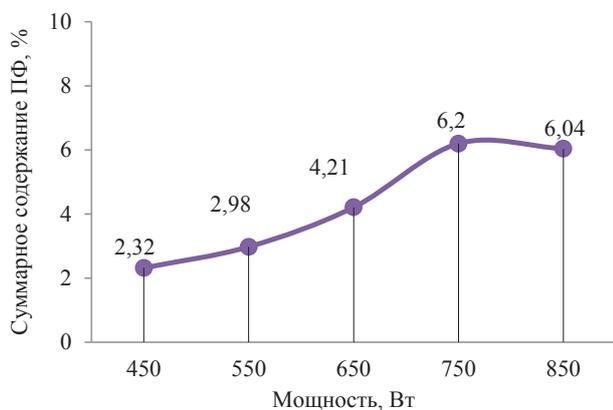


Рисунок 1. Влияние мощности СВЧ-поля на эффективность экстракции полифенольных соединений

Figure 1. Effect of microwave power on the efficiency of extraction of polyphenolic compounds

Для подбора параметров СВЧ-экстракции были проведены эксперименты и изучено значение суммарного содержания полифенольных соединений в процессе изменения мощности электромагнитного СВЧ поля (рис. 1), а также продолжительности (рис. 2).

На рисунке 1 представлены данные по влиянию мощности СВЧ-поля на степень извлечения полифенолов плодов шиповника Даурского при одинаковой продолжительности (4 мин). Полученные данные свидетельствуют о том, что мощность электромагнитного поля влияет на степень извлечения полифенольных комплексов. При повышении мощности до 750–850 Вт извлекаемость составила почти 60 %. Электромагнитное поле оказывает влияние на ориентацию диполей растворителя с последующим выделением тепловой энергии, что способствует выходу компонентов в среду растворителя.

Далее был проведен эксперимент по определению продолжительности процесса СВЧ-экстракции (рис. 2). Данные рисунка 2 показали, что продолжительность обработки порошка шиповника в растворителе при воздействии СВЧ-поля оказывает влияние на степень извлечения. Отмечено, что увеличение продолжительности процесса экстракции с 2 до 6 мин повышает эффективность процесса, затем степень извлечения остается на одном высоком уровне – примерно 90 %. В процессе извлечения меняется окраска экстрактов, т. к. экстрагированию подвергаются и красящие пигменты. В таблице 3 представлены данные измерения оптической плотности экстрактов плодов шиповника Даурского, полученные при разной продолжительности процесса в максимуме поглощения в диапазоне 420–540 нм.

Данные таблицы 3 доказали влияние продолжительности процесса экстракции на извлекаемость

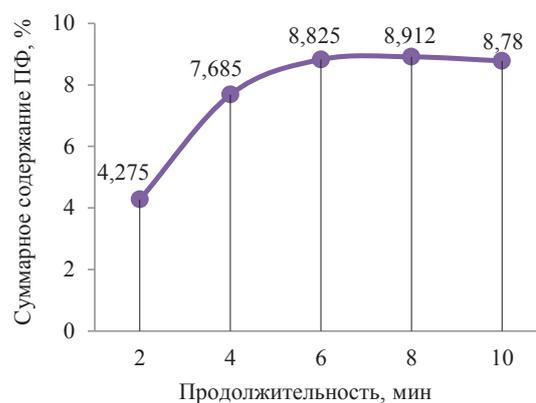


Рисунок 2. Влияние продолжительности обработки в СВЧ-поле на эффективность экстракции полифенольных соединений

Figure 2. Effect of microwave treatment time on the efficiency of extraction of polyphenolic compounds

Таблица 3. Величина оптической плотности в максимуме поглощения исследуемых образцов

Table 3. Value of optical density at the maximum absorption of the samples

Исследуемый объект	Продолжительность экстракции в СВЧ-поле, мин	Оптическая плотность D, ед. в максимуме поглощения
Водно-спиртовой экстракт плодов шиповника Даурского	2	0,31
	4	0,34
	6	0,42
	8	0,47
	10	0,48

полифенольных комплексов, среди которых присутствуют окрашивающие антоцианы, бетацианы, каротиноиды и др. вещества. Наибольшей оптической плотностью в промежутке 420–540 нм обладают экстракты, полученные через 8 и 10 мин экстрагирования в СВЧ-поле.

Исходя из полученных экспериментальных исследований по подбору режимов экстракции полифенольных комплексов, были приняты следующие параметры: мощность 750–800 Вт, продолжительность процесса 6–7 мин. Технологическая схема приготовления водно-спиртового экстракта шиповника Даурского представлена на рисунке 3.

В таблице 4 представлена качественная характеристика полученного экстракта. Он имеет красно-коричневый оттенок, обусловленный антоцианами, бетацианами и другими красящими веществами, приятные вкус и запах. В полученном экстракте было определено суммарное содержание антиоксидантов, которое составило в абсолютном выражении 131,4 мг/г, в относительном – 95 % от

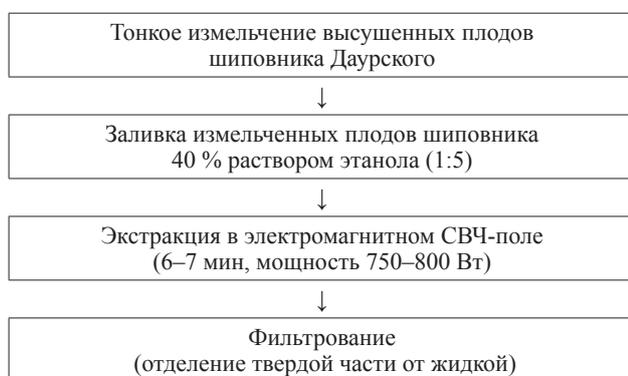


Рисунок 3. Технология производства экстракта из плодов шиповника Даурского

Figure 3. Daurian rosehip extraction technology

Таблица 4. Качественная оценка экстракта

Table 4. Qualitative assessment of the extract

Наименование показателей	Значение
Прозрачность	Жидкость прозрачная, без осадка
Вкус	Сладковато-кислый, без горечи
Цвет	Коричневый или красно-коричневый
Аромат	Приятный, сладковатый
pH	3,20 ± 0,12
Содержание ПФ, %	9,82 ± 0,41
ССА, мг/г	131,40 ± 0,03

их содержания в порошке, полифенольных соединений – 9,82 или 93,16 % соответственно.

На следующем этапе проведены эксперименты по созданию обогащенного белково-липидного комплекса, который традиционно используется в фаршевых мясных и рыбных изделиях. В отличие от белково-жировых эмульсий белково-липидный комплекс имеет более густую гелеобразную консистенцию. В качестве гелеобразующего компонента выбран препарат Скинпрот А-105, который содержит водорастворимые белки, способные формировать гель, и сохраняющий свойства после тепловой обработки.

В качестве липидной составляющей была использована жировая смесь, состоящая из топленого говяжьего жира, подсолнечного и соевого масел в определенной пропорции, которая обеспечивает высокую пищевую ценность жирового компонента. Исследования по обоснованию выбора жировой смеси представлены в работе [21].

Для определения состава белково-липидного комплекса было изучено влияние количества вносимого белкового препарата (4–10 %) и жирового компонента (40–43 %) на показатель предельного напряжения сдвига полученной системы. Пределы вносимого белкового препарата приняты из данных авторов [22], которые выявили, что критическая концентрация для формирования гели у белковых препаратов составляет от 5,5 до 9 %. Количество вносимого жирового компонента выбрали, руководствуясь принятым в мясной отрасли соотношением белкового препарата, жира и воды (1:(4–7):(4–7)) для формирования необходимых функционально-технологических характеристик фаршевых изделий. Полученные данные представлены на рисунке 4.

Представленные на рисунке 4 данные свидетельствуют о том, что увеличение количества вводимого белкового препарата до 9 % способствует повышению значения предельного напряжения сдвига. Затем скорость увеличения значения ПНС снижается.

При сравнении данных исследуемого показателя,

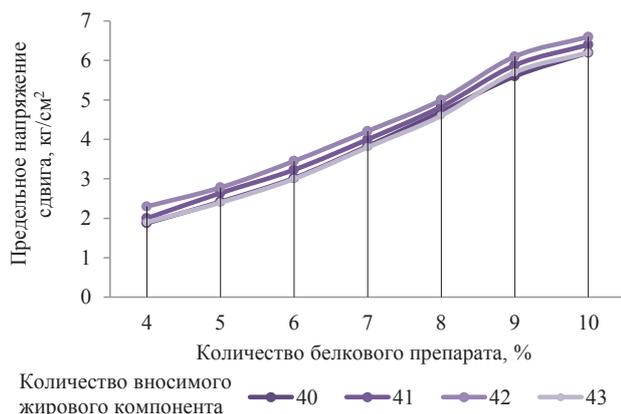


Рисунок 4. Влияние количества белкового препарата (4–10 %) и жирового компонента (40–43 %) на значение предельного напряжения сдвига в белково-липидном комплексе

Figure 4. Effect of the amount of the protein preparation (4–10%) and the fat component (40–43%) on the value of the limiting shear stress in the protein-lipid complex

в зависимости от количества введенного жирового компонента (разные кривые), отмечено, что наибольшим значение ПНС обладает белково-липидный комплекс, в состав которого введено 42 % жирового компонента. При увеличении до 43 % значение ПНС снижается.

В результате проведенных исследований получена рецептура белково-липидного комплекса, который обеспечивает гелеобразную консистенцию смеси: белковый препарат 9 %, жировой компонент 42 %, вода для гидратации 49 %.

На следующем этапе был проведен эксперимент по оптимизации дозы введения экстракта шиповника.

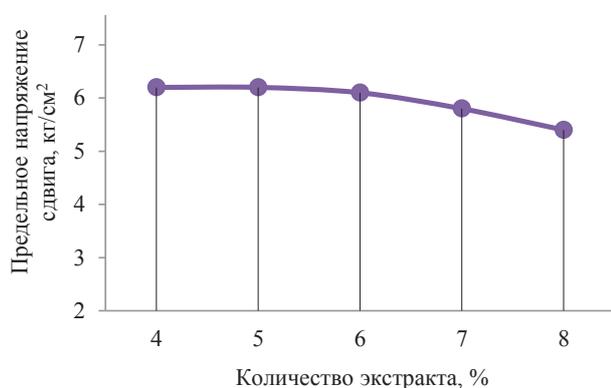


Рисунок 5. Влияние дозы экстракта на показатель предельного напряжения сдвига

Figure 5. Effect of the extract dose on the ultimate shear stress index

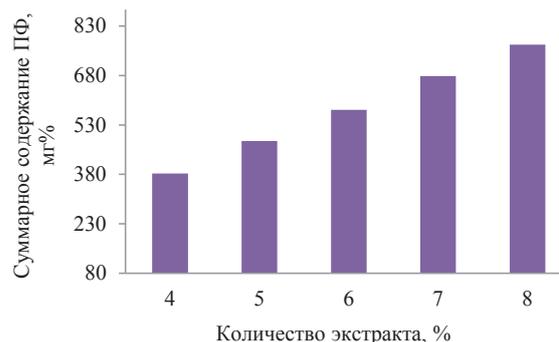


Рисунок 6. Суммарное содержание полифенольных соединений в белково-липидном комплексе в зависимости от уровня вводимого экстракта

Figure 6. Total content of polyphenolic compounds in the protein-lipid complex according to the extract volume

Было предусмотрено введение от 4 до 8 % экстракта за счет вводимой воды на стадии приготовления и тщательного перемешивания компонентов смеси. Полученная смесь была выдержана 3–4 ч. Также был изучен показатель предельного напряжения сдвига (рис. 5).

Представленные на рисунке 5 данные свидетельствуют о том, что увеличение дозы экстракта свыше 6 % приводит к заметному снижению значения ПНС. Экстракт шиповника, имеющий кислую среду, может снижать скорость процесса формирования трехмерной пространственной сетки белково-липидного комплекса.

Было изучено суммарное содержание полифенолов в белково-липидном комплексе (рис. 6). Данные показали, что содержание полифенольных комплексов сохраняется, относительно их содержания в экстракте, на 97–98 %. Это возможно за счет иммобилизации путем включения в белково-липидный комплекс, а также формирования жировой капсулы вокруг активных молекул.

Исходя из полученных результатов, принята доза введения экстракта шиповника в протеиново-липидный гель в количестве 6 %. Также получена рецептура белково-липидного комплекса, обогащенного компонентами шиповника Даурского: белковый препарат 9 %, экстракт шиповника 6 %, жировой компонент 42 %, вода для гидратации 43 %.

На заключительном этапе были проведены исследования по изучению свойств и состава белково-липидного комплекса после тепловой обработки в соответствии с методикой, представленной в работе [24]. В пробирки помещали белково-липидный комплекс, закрывали и нагревали на водяной бане до 85 °С в течение 30 мин. Затем образцы немедленно помещали в холодильник, выдерживали при 4 °С

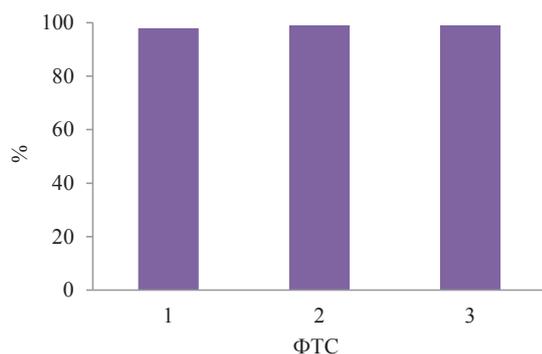


Рисунок 7. Функционально-технологические характеристики белково-липидном комплексе после тепловой обработки: 1 – ВУС; 2 – ЖУС; 3 – УС

Figure 7. Functional and technological characteristics of the protein-lipid complex after heat treatment: 1 – water holding capacity; 2 – fat-retaining capacity; 3 – emulsion stability

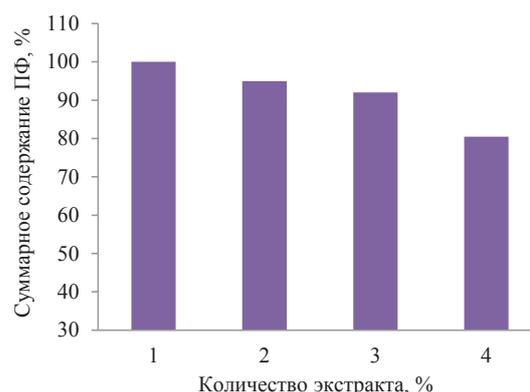


Рисунок 8. Суммарное содержание антиоксидантов: 1 – в порошке шиповника; 2 – в экстракте; 3 – в сырой белково-липидном комплексе; 4 – в белково-липидном комплексе после тепловой обработки

Figure 8. Total content of antioxidants: 1 – in rosehip powder; 2 – in extract; 3 – in crude protein-lipid complex; 4 – in protein-lipid complex after heat treatment

в течение 24 ч и исследовали функционально-технологические показатели (рис. 7) и степень сохранности антиоксидантов (рис. 8).

Данные рисунка 7 показали, что, после тепловой обработки, белково-липидный комплекс сохраняет высокие функционально-технологические характеристики (ФТС): водоудерживающая способность составила 98 %, жирудерживающая – 99 %, устойчивость эмульсии – 99 %.

На рисунке 8 представлено суммарное содержание антиоксидантов в порошке шиповника, в экстракте, в белково-липидном комплексе до и после тепловой обработки. Если принять ССА в порошке за 100 %, то видно, что при экстрагировании их уровень сохраняется на 95 %, при включении в белково-липидный комплекс – на 92 %, после тепловой обработки их уровень, по сравнению с содержанием в исходном сырье, снижается, но сохранность составляет 80,5 %.

Высокая сохраняемость биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами возможна за счет иммобилизации путем включения в белково-липидный комплекс, который можно использовать в рецептуре фаршевых мясных изделий.

На основании проведенных экспериментов разработана технология обогащенного белково-липидного комплекса (рис. 9).

Технология приготовления обогащенного белково-липидного комплекса не требует дополнительного оборудования и приборов. Предложенный способ включения антиоксидантов экстракта плодов шиповника в состав белково-липидного комплекса позволит повысить биодоступность биологически активных веществ с антиоксидантными свойствами для организма человека.

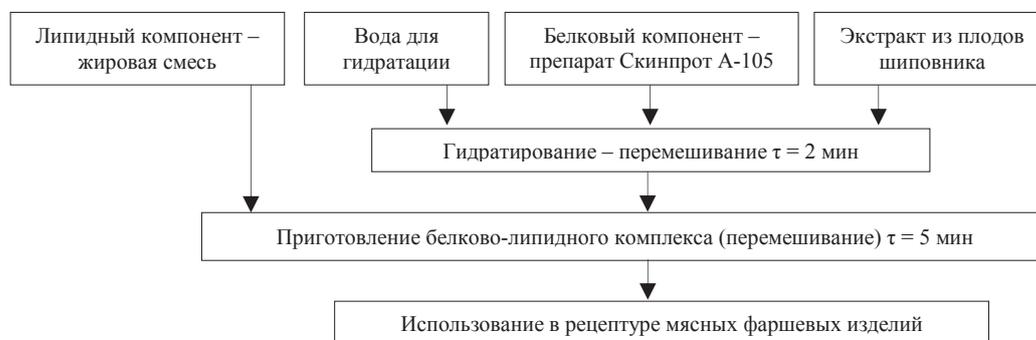


Рисунок 9. Технология приготовления белково-липидного комплекса, обогащенного биологически активными веществами плодов шиповника Даурского

Figure 9. Technology for a protein-lipid complex fortified with biologically active substances of Daurian rosehips

Выводы

В результате проведенных исследований изучен химический состав плодов шиповника Даурского, который показал высокое суммарное содержание антиоксидантов (138,34 мг/г), из которых 76 % составляют полифенольные соединения. Были проведены исследования по оптимизации режимов экстракции БАВ шиповника водно-спиртовым раствором в СВЧ-поле. На основании изучения показателей содержания полифенольных соединений и оптической плотности экстрактов приняты следующие параметры: мощность 750–800 Вт, продолжительность процесса 6–7 мин. Полученный экстракт имеет красно-коричневый оттенок, приятные вкус и запах и содержит антиоксидантов в количестве 131,4 мг/г.

В ходе экспериментальных исследований получена рецептура белково-липидного комплекса с внесением экстракта шиповника: белковый препарат 9 %, экстракт шиповника 6 %, жировой компонент 42 %, вода для гидратации 43 %. Выявлена высокая сохраняемость суммарного содержания антиоксидантов в белково-липидном комплексе после тепловой обработки (80,5 %) за счет их иммобилизации путем включения в белково-липидный комплекс. Разработана технология обогащенного белково-липидного комплекса, который рекомендован для внесения в рецептуру фаршевых мясных изделий.

Критерии авторства

Б. А. Баженова – разработка концепции

исследований, консультация в ходе эксперимента, описание результатов эксперимента, корректировка рукописи. А. Г. Бурханова – организация эксперимента, описание организации эксперимента и методов, проведение экспериментальных исследований, анализ полученных данных. Ю. Ю. Забалуева – аналитический обзор литературы, контроль проведения эксперимента, анализ полученных данных. Р. А. Добрецкий – организация эксперимента, проведение экспериментальных исследований.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution

B.A. Bazhenova developed the research concept, provided consultations, described the results, and proofread the manuscript. A.G. Burkhanova designed and performed the experiment, described its organization and methods, conducting experimental research, and analyzed of the obtained data. Yu.Yu. Zabalueva reviewed available scientific publications, supervised the experiment, and analyzed the obtained data. R.A. Dobretsky organized and performed the experiment.

Conflict of interest

The authors declare that there is no conflict of interest regarding the publication of this article.

Список литературы

1. Shah M. A., Bosco S. J., Mir S. A. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products // *Meat Science*. 2014. Vol. 98. № 1. P. 21–33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.020>.
2. Turgut S. S., Işıklı F., Soyer A. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage // *Meat Science*. 2017. Vol. 129. P. 111–119. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.019>.
3. A method development for improving the stability of vegetable polyphenol complexes for semi-finished minced meat products with antioxidant effect / A. V. Gerasimov [et al.] // *Theory and practice of meat processing*. 2019. Vol. 4. № 4. P. 4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2019-4-4>.
4. Дедерер И., Рюкерт М. Изготовление наноэмульсий с использованием ингредиентов антиоксидантного действия и их применение в мясопродуктах // *Все о мясе*. 2012. № 6. С. 10–13.
5. Жаринов А. И., Дыдыкин А. С. Современные тренды ассортимента мясопродуктов. Изделия, обогащенные железом, витаминами и антиоксидантами // *Мясная индустрия*. 2016. № 12. С. 6–9.
6. Korkmaz M., Dogan N. Y. Analysis of genetic relationships between wild roses (*Rosa L. Spp.*) growing in Turkey // *Erwerbs-Obstbau*. 2018. Vol. 60. № 4. P. 305–310. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0375-9>.
7. Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosa canina L.*) nectar / F. T. Saricaoglu [et al.] // *Food Chemistry*. 2019. Vol. 282. P. 67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.002>.
8. Козлова А. Б., Захарова Е. Б., Черноситова Т. Н. Оценка развития и продуктивности перспективных сортов шиповника в условиях Благовещенска // *Дальневосточный аграрный вестник*. 2018. Т. 48 № 4. С. 93–97. <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14086>.
9. Алексашина С. А., Макарова Н. В., Деменина Л. Г. Антиоксидантный потенциал плодов шиповника // *Вопросы питания*. 2019. Т. 88. № 3. С. 84–89. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10033>.
10. Зверев Я. Ф. Антитромбоцитарная активность флавоноидов // *Вопросы питания*. 2017. Т. 86. № 6. С. 6–20. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00001>.

11. Корнякова В. В., Бадтиева В. А., Баландин М. Ю. Использование биологически активных добавок с антиоксидантными свойствами при физическом утомлении и для повышения работоспособности в спорте // Вопросы питания. 2020. Т. 89. № 3. С. 86–96. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10032>.
12. Перспективы использования растительных полифенолов в качестве функциональных пищевых ингредиентов / В. К. Мазо [и др.] // Вопросы питания. 2018. Т. 87. № 6. С. 57–66. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10067>.
13. Комплекс полифенолов черники, сорбированных на гречневой муке, как функциональный пищевой ингредиент / Н. А. Петров [и др.] // Вопросы питания. 2019. Т. 88. № 6. С. 68–72. <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10066>.
14. Зяйнитдинов Д. Р., Евтеев А. В., Банникова А. В. Исследование иммобилизации полифенолов овсяных отрубей в комплексные коацерваты сывороточного белка и мальтодекстрина // Техника и технология пищевых производств. 2020. Т. 50. № 3. С. 460–469. <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-460-469>.
15. Большунова Е. А., Ламажапова Г. П., Жамсаранова С. Д. Исследование влияния липосомальной формы экстракта бадана толстолистного на формирование адаптационного потенциала организма // Вестник ВСГТУ. 2010. № 4. С. 83–88.
16. Пути повышения сохранности природных антиоксидантов в мясных изделиях / Б. А. Баженова [и др.] // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2020. Т. 10. № 1 (32). С. 84–94. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-84-94>.
17. Воздействие СВЧ-излучения на получение экстрактов из растительного сырья / Т. С. Копысова [и др.] // Вестник Ижевской государственной сельскохозяйственной академии. 2020. Т. 62. № 2. С. 62–70. https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_2_62.
18. Применение ЭМП СВЧ в технологии переработки растительного сырья и вторичных ресурсов / В. В. Лисовой [и др.] // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 118. С. 1350–1362.
19. Валеева А. Р., Макарова Н. В., Валиулина Д. Ф. Сравнительная характеристика влияния технологии экстракции на антиоксидантные свойства для плодов и цветков боярышника (*Crataegus*) // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 157–166. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015168>.
20. Горбунова Н. В., Евтеева А. В., Банникова А. В. Разработка технологии получения инкапсулированных форм биологически ценных растительных экстрактов из ботвы свеклы *Beta Vulgaris cv* // Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология. 2019. Т. 9. № 2 (29). С. 270–276. <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-2-270-276>.
21. Способ производства вареных колбас: патент 2704269С1 Российская Федерация. № 2018119581 / Баженова Б. А. [и др.]; заявл. 28.05.2018; опубл. 25.10.2019, Бюл. № 30. 14 с.
22. Функционально-технологические свойства комплекса животных белков / Л. С. Кудряшов [и др.] // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Пищевые и биотехнологии. 2017. Т. 5. № 2. С. 17–24. <https://doi.org/10.14529/food170203>.

References

1. Shah MA, Bosco SJ, Mir SA. Plant extracts as natural antioxidants in meat and meat products. Meat Science. 2014;98(1):21–33. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.03.020>.
2. Turgut SS, Işıkçı F, Soyer A. Antioxidant activity of pomegranate peel extract on lipid and protein oxidation in beef meatballs during frozen storage. Meat Science. 2017;129:111–119. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.019>.
3. Gerasimov AV, Bazhenova BA, Zhamsaranova SD, Zabalueva YuYu, Zambulaeva ND, Burkhanova AD. A method development for improving the stability of vegetable polyphenol complexes for semi-finished minced meat products with antioxidant effect. Theory and practice of meat processing. 2019;4(4):4–11. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2019-4-4>.
4. Dederer I, Ruckert M. Nanoemulsions' manufacturing with antioxidant ingredients and their practical application in meat products. Vsyo o myase. 2012;(6):10–13. (In Russ.).
5. Zharinov AI, Dydykin AS. Sovremennye trendy assortimenta myasoproduktov. Izdeliya, obogashchennye zhelezom, vitaminami i antioksidantami [Modern trends in the assortment of meat products. Products fortified with iron, vitamins and antioxidants]. Meat Industry. 2016;(12):6–9. (In Russ.).
6. Korkmaz M, Dogan NY. Analysis of genetic relationships between wild roses (*Rosa L. Spp.*) growing in Turkey. Erwerbs-Obstbau. 2018;60(4):305–310. <https://doi.org/10.1007/s10341-018-0375-9>.
7. Saricaoglu FT, Atalar I, Yilmaz VA, Odabas HI, Gul O. Application of multi pass high pressure homogenization to improve stability, physical and bioactive properties of rosehip (*Rosa canina L.*) nectar. Food Chemistry. 2019;282:67–75. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.002>.
8. Kozlova AB, Zakharova EB, Chernositova TN. Evaluation of development and productivity of perspective wild roza varieties in the conditions of Blagoveshchensk. Agricultural Journal in the Far East Federal District. 2018;48(4):93–97. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/1999-6837-2018-14086>.

9. Aleksashina SA, Makarova NV, Demenina LG. Antioxidant potential of wild rose. Problems of Nutrition. 2019;88(3):84–89. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10033>.
10. Zverev YaF. Antiplatelet activity of flavonoids. Problems of Nutrition. 2017;86(6):6–20. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2017-00001>.
11. Korniyakova VV, Badtieva VA, Balandin MYu. Exploiting dietary supplements with antioxidant properties for enhancing physical efficiency at the state of physical fatigue in sports. Problems of Nutrition. 2020;89(3):86–96. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2020-10032>.
12. Mazo VK, Sidorova YuS, Sarkisyan VA, Kiseleva TL, Kochetkova AA. The prospective of using plant polyphenols as functional food ingredients. Problems of Nutrition. 2018;87(6):57–66. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2018-10067>.
13. Petrov NA, Sidorova YuS, Perova IB, Kochetkova AA, Mazo VK. The complex of bilberry polyphenols, sorbed on the buckwheat flour as a functional food ingredient. Problems of Nutrition. 2019;88(6):68–72. (In Russ.). <https://doi.org/10.24411/0042-8833-2019-10066>.
14. Z yaitdinov DR, Ewteev AV, Bannikova AV. Immobilization of oat bran polyphenols in complex coacervates of whey protein and malthodextrin. Food Processing: Techniques and Technology. 2020;50(3):460–469. (In Russ.). <https://doi.org/10.21603/2074-9414-2020-3-460-469>.
15. Bolshunova EA, Lamazhapova GP, Zhamsaranova SD. Research of liposomal form of *Bergenia crassifolia* (L.) Fritsch influence on formation of adaptation potential of the body. ESSUTM Bulletin. 2010;(4):83–88. (In Russ.).
16. Bazhenova BA, Zhamsaranova SD, Zambulaeva ND, Zabalueva YuYu, Gerasimov AV, Syngeyeva EV. Methods for improving the preservation of natural antioxidants in meat products. Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2020;10(1)(32):84–94. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2020-10-1-84-94>.
17. Kopysova TS, Spiridonov AB, Anisimova KV, Vladimirov SV. The impact of microwave radiation on production of extracts from plant raw materials. The Bulletin of Izhevsk State Agricultural Academy. 2020;62(2):62–70. (In Russ.). https://doi.org/10.48012/1817-5457_2020_2_62.
18. Lisovoy VV, Pershakova TV, Kornen NN, Achmiz AD, Victorova EP. Application of EMF SHF in processing technologies for vegetable material and secondary resources. Polythematic online scientific journal of Kuban State Agrarian University. 2016;(118):1350–1362. (In Russ.).
19. Valeeva AR, Makarova NV, Valiulina DF. Comparative characteristics of the influence of technology of extraction on antioxidant properties for the farry and flowers of the tender (*Crataegus*). Chemistry of plant raw material. 2020;(1):157–166. (In Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015168>.
20. Gorbunova NV, Evteev AV, Bannikova AV. Development of a technology for obtaining encapsulated forms of biologically valuable plant extracts from beet leaves (*Beta Vulgaris* cv). Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology. 2019;9(2)(29):270–276. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2925-2019-9-2-270-276>.
21. Bazhenova BA, Zabalueva YuYu, Burkhanova AG, Gerasimov AV, Tsyrendorzhieva SV. Cooked sausage production method. Russia patent RU 2704269C1. 2019.
22. Kudriashev LS, Kudriashova OA, Tikhonov SL, Tikhonova NV. Functional and technological properties of animal protein complex. Bulletin of the South Ural State University. Series: Food and Biotechnology. 2017;5(2):17–24. (In Russ.). <https://doi.org/10.14529/food170203>.