

Е. В. Пастушкова [E. V. Pastushkova]
 О. В. Чугунова [O. V. Chugunova]
 С. Л. Тихонов [S. L. Tikhonov]

УДК 663.969/
 663.958.8

**СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К РАЗРАБОТКЕ ПРОДУКТОВ ДЛЯ
 ПРОФИЛАКТИКИ АНТИОКСИДАНТНОЙ НЕДОСТАТОЧНОСТИ**

**MODERN APPROACHES TO THE DEVELOPMENT OF PRODUCTS
 FOR THE PREVENTION OF ANTIOXIDANT DEFICIENCY**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», E-mail: pas-ekaterina@yandex.ru / Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Ural state University of Economics", e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

Аннотация. Антиоксидантная недостаточность – дисбаланс между прооксидантными и антиоксидантными процессами, возникающий при усилении образования свободных радикалов или снижении активности антиоксидантной системы, который вызывает повышение уровня перекисного окисления липидов. Снизить негативное воздействие свободных радикалов на организм возможно путем регулярного употребления в пищу продуктов питания, содержащих природные антиоксиданты такие, как полифенольные вещества, аскорбиновая кислота, ретинол, токоферол, селен, марганец и цинк.

Материалы и методы. К наиболее распространенным источникам антиоксидантов можно отнести лекарственно-техническое сырье (ЛТС), широко используемое в пищевой промышленности. В статье рассмотрены вопросы повышения биологической ценности и безопасности антиоксидантных комплексов из местного лекарственно-технического сырья, за счет применения метода High Pressure Processing (HPP).

В статье представлен сравнительный анализ БАВ и антиоксидантной активности лекарственно-технического сырья, произрастающего в Свердловской области. Обработка высоким давлением положительно сказывается на выход БАВ в настой, установлено увеличение количества аскорбиновой кислоты в настоях соответственно в сравнении с контрольными образцами. Показано, что оптимальными параметрами обработки ЛТС высоким давлением являются 150 МПа, время воздействия – 90 сек.

Заключение. Полученные результаты исследования и применение математического моделирования легли в основу разработки рецептур антиоксидантных комплексов, направленных на профилактику антиоксидантной недостаточности с учетом социально-экологической обстановки региона.

Ключевые слова: биологически активные вещества, антиоксиданты, лекарственно-техническое сырье, антиоксидантный комплекс, технология, метод High Pressure Processing.

Abstract. Antioxidant deficiency is an imbalance between prooxidant and antioxidant processes that occurs when the formation of free radicals increases or the activity of the antioxidant system decreases, which causes an increase in the level of lipid peroxidation. To reduce the negative impact of free radicals on the body is possible through regular consumption of food containing natural antioxidants such as polyphenolic substances, ascorbic acid, retinol, tocopherol, selenium, manganese and zinc.

Materials and methods. The most common sources of antioxidants include medicinal and technical raw materials (LTS), which are widely used in the food industry. The article deals with the issues of increasing the biological value and safety of antioxidant complexes from local medicinal and technical raw materials, due to the use of the High Pressure Processing method (HPP).

The article presents a comparative analysis of BAS and antioxidant activity of medicinal and technical raw materials growing in the Sverdlovsk region. High-pressure treatment has a positive effect on the yield of BAS in the infusion, an increase in the amount of ascorbic acid in the infusions was found, respectively, in comparison with control samples. It is shown that the optimal parameters for high-pressure LTS treatment are 150 MPa, and the exposure time is 90 seconds.

Conclusion. The obtained results of the study and the use of mathematical modeling formed the basis for the development of formulations of antioxidant complexes aimed at preventing antioxidant deficiency, taking into account the socio-ecological situation of the region.

Key words: biologically active substances, antioxidants, medicinal and technical raw materials, antioxidant complex, technology, high Pressure Processing.

Введение. Антиоксидантная недостаточность – дисбаланс между прооксидантными и антиоксидантными процессами, возникающий при усилении образования свободных радикалов или снижении активности антиок-

сидантной системы, который вызывает повышение уровня перекисного окисления липидов. Накопление в организме человека свободных радикалов в избыточном количестве является одной из причин, вызывающих возникновение многих опасных заболеваний и старения организма. В настоящее время доказано, что большинство патологических состояний организма вызывается увеличением уровня свободных радикалов и снижением антиоксидантной защиты в органах и тканях [1]. Антиоксидантная недостаточность коррелирует с частотой сердечно-сосудистых заболеваний, повышает частоту развития респираторных заболеваний, приводит, в некоторых случаях, к обострениям бронхиальной астмы и почечной патологии [2,13]. Снизить негативное воздействие свободных радикалов на организм возможно путем регулярного употребления в пищу продуктов питания, содержащих природные антиоксиданты такие, как биофлавоноиды, аскорбиновая кислота, ретинол, токоферол, селен, марганец и др. [5, 7].

Основная масса антиоксидантов не формируется в организме, а поступает извне. Потребность в антиоксидантах зависит как от внешних, так и от внутренних факторов, воздействующих на организм человека. К внешним факторам относят тип питания, воздействие техногенных и климатических факторов, физическую нагрузку, качество пищи и психоэмоциональное состояние. К внутренним факторам причисляют: активность всасывания пищевых компонентов из кишечника, и интенсивность формирования метаболитов. Баланс между окислительными и восстановительными процессами позволяет сохранить стабильными мембранные ферменты и связанные с мембраной белки, что снижает вероятность мутации клетки, ее старения или нарушения биологической активности ферментов [5, 14].

В связи с этим актуальность исследования заключается в поиске доступных видов местного растительного сырья и разработке с его использованием антиоксидантных комплексов.

Антиоксидантные комплексы – это пищевые продукты (ингредиенты), в состав которых входят природные антиоксидантные соединения, различного химического строения (витамины, минеральные вещества, аминокислоты и тд.), защищающие мембраны клеток от вредных воздействий, которые могут вызвать избыточное окисление в организме.

Среди соединений антиоксидантного действия наиболее перспективными являются комплексы природных полифенолов, которые входят в состав растительных продуктов, традиционно употребляемых человеком в пищу и являются эволюционно адаптированными для человеческого организма [1, 12].

К наиболее распространенным источникам антиоксидантов можно отнести лекарственно-техническое сырье (ЛТС), широко используемое в пищевой промышленности.

Целью работы является теоретическое обоснование и практическая реализация научных принципов формирования качества и обеспечения безопасности продуктов переработки растительного сырья Уральского региона и полученных на их основе функциональных продуктов питания.

Задачи:

- научно обосновать выбор ЛТС как ингредиента антиоксидантного комплекса, исследовать физико-химические показатели, основные функционально-технологические и антиоксидантные свойства.
- разработать технологию производства и рецептуры антиоксидантных комплексов и продуктов на их основе с помощью метода математического моделирования линейного программирования.
- экспериментально обосновать использование метода High Pressure Processing (HPP) и определить оптимальные параметры обработки, позволяющие увеличить выход БАВ в водный настой.

Материалы и методы. Материалом для исследования служила надземная часть ЛТС: листья крапивы двудомной (лат. *Urtica dióica*, ГФ 13ФС.2.5.0019.15), мяты перечной (лат. *Méntha piperíta*, ГФ 13ФС.2.5.0029.15), душицы обыкновенной (лат. *Origanum vulgáre*, ГФ 13ФС.2.5.0012.15), шалфея лекарственного (лат. *Sálvia officinális*, ГФ 13ФС.2.5.0051.15), тимьяна обыкновенного (чабрец) (лат. *Thymus serpyllum*, по ГФ XI, вып. 2, ст. 53), медуницы лекарственной (лат. *Pulmonaria officinalis L.*, по ТУ 9377-012-57345339-02), лист брусники (ГФ XI, вып.2, ст.27), лист черной смородины (ТУ 9377-003-79124113). Наряду с высоким содержанием витамина С и биофлавоноидов [2,3], эти растения широко распространены в природе Свердловской области и сбор их не вызывает затруднений [4,5, 6].

Сырье сушили в тени до воздушно-сухого состояния. Для химического анализа измельчали до размера частиц 1–2 мм. Исследования химического состава проводили по общепринятым методикам.

Так же в качестве материалов исследования были разработаны антиоксидантные комплексы на основе ЛТС, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Рецептуры разработанных моделей антиоксидантных комплексов на основе ЛТС, %

Table 1

Formulations of developed models of antioxidant complexes based on MTRM (medicinal and technical raw materials) ,%

Наименование ЛТС	Номер модели антиоксидантного комплекса					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Крапива двудомная	46,1	61,5	18,3	29,2	53,3	27,2
Мята перечная	-	-	18,2	12,2	-	-
Душица обыкновенная	-	-	-	20,8	-	44,4
Шалфей лекарственный	-	11,5	-	-	-	-
Тимьян обыкновенный (чабрец)	-	3,0	-	-	-	-
Медуница лекарственная	28,7	24,0	22,4	14,8	-	23,2
Брусника (лист)	-	-	3,6	-	-	5,2
Черная смородина (лист)	25,2	-	37,5	23,0	46,7	-

Обработка растительного сырья высоким давлением осуществлялась при начальной температуре 20°C в системе *Multivac* следующим образом: на подготовительном этапе, сырье массой 5 г, предварительно увлажненное и упакованное в вакуумную пленочную упаковку помещали в загрузочный контейнер. За счет камерных насосов генерировали давление 100 МПа, 150 МПа, и 200 МПа, время воздействия варьировали в течение 60 с и 90 с.

Количественное содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрически по реакции Тильманса [8].

Сумму биофлавоноидов в пересчете на рутин определяли спектрофотометрическим методом после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при $\lambda=410$ нм [9].

Определение антиоксидантной активности водных настоев ЛТС проводили потенциометрическим методом основанном на химическом взаимодействии антиоксидантов с медиаторной системой, в качестве которой используется смесь $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$. Добавление растворов, содержащих вещества, проявляющие антиоксидантную активность, в электрохимическую ячейку, приводит к изменению окислительно-восстановительного потенциала среды в результате взаимодействия антиоксидантов с окисленным компонентом ($K_3[Fe(CN)_6]$) медиаторной системы [11].

Результаты и их обсуждение. Учитывая потребность в функциональных пищевых продуктах, полученных на основе натуральных растительных компонентов, а, так же на основании анализа справочных и литературных данных и собственных исследований, разработаны АОК на основе лекарственно-технического сырья, употребление которых будет способствовать профилактике антиоксидантной недостаточности, и повышению общей резистентности организма к действию различных факторов.

В процессе поиска сырья для производства растительных АОК был проведен сравнительный анализ различных видов лекарственно-технического сырья Свердловской области. Основным критерием при выборе сырья служило содержание в растениях такого важного антиоксиданта, как витамин С. Аскорбиновая кислота участвует во многих обменных процессах, окислительно-восстановительных реакциях, тканевом дыхании, обмене аминокислот, синтезе нуклеиновых кислот. Доказано также участие витамина С в процессах, связанных с делением клеток и регенерацией тканей. Аскорбиновая кислота в той или иной мере влияет на процессы биосинтеза белка, участвует вместе с полифенолами в синтезе коллагенового вещества соединительной ткани, заполняющего, в частности, промежуточные пространства эндотелия капилляров. Витамин С способствует процессам детоксикации организма, что немаловажно для Уральского региона, отличающегося напряженной экологической ситуацией. Природные полифенолы усиливают биологический эффект аскорбиновой кислоты, предохраняют ее от окислительного распада, укрепляют стенки кровеносных капилляров, уменьшают их проницаемость.

Были проанализированы 22 и отобраны 8 наиболее распространенных в данном регионе видов лекарственных растений. Результаты исследований приведены в таблице 2.

Данные представленные в таблице 2, свидетельствуют, что исследуемое ЛТС по содержанию БАВ, соответствует требованиям НД (ГФ XIII и ГФ XI) [2,4]. Исследуемое сырье, произрастающее в СО, содержит в своём составе значительные количества витамина С (до 17,4 мг/100 г у крапивы двудомной), флавоноидов (до 0,94% у медуницы лекарственной), в пересчете на рутин. Антиоксидантная активность находится на уровне 2,14-8,53 моль

экв/дм³. При сравнительном анализе представленных данных установлено, что содержание БАВ в исследуемом ЛТС колеблется в широких пределах, что обусловлено его видовыми и морфологическими особенностями.

Таблица 2

Содержание веществ, обуславливающих антиоксидантную активность (в пересчете на сухое вещество)

Table 2

Regulate the content of antioxidant substances that determine antioxidant activity (in dry matter)

Наименование ЛТС	М.к. аскорбиновой кислоты, мг/100 г	М.д. флавоноидов, %, в сумме в пересчете на рутин	М.д. дубильных веществ, %, в сумме в пересчете на танин	М.к. суммы аминокислот, мг/100г	АОА, моль экв. /дм ³
Крапива двудомная (листья)	17,4±0,01	0,20±0,03	3,30 ±0,02	69,6±0,04	8,53±0,41
Мята перечная (листья)	17,3±0,37	0,81±0,03	1,55±0,02	64,9±0,04	4,87±0,15
Липуница обыкновенная (трава)	5,65±0,04	0,41±0,02	0,60±0,02	66,8±0,04	4,91±0,10
Шалфей лекарственный (листья)	5,34±0,01	0,12±0,01	1,48 ±0,02	61,8±0,04	6,73±0,35
Тимьян ползучий (чабрец, трава)	1,89±0,04	0,29±0,01	4,13 ±0,02	68,2±0,04	5,38±0,20
Медуница лекарственная	3,70±0,02	0,94±0,03	1,20 ±0,02	67,5±0,04	4,67±0,15
Брусника обыкновенная (листья)	1,41±0,03	0,16±0,02	0,97 ±0,02	67,9±0,04	2,53±0,51
Смородина черная (листья)	3,20±0,03	0,05±0,03	0,57 ±0,02	64,5±0,04	2,14±0,43

Растущий интерес к использованию полифенолов ЛТС определен их функциональными свойствами: они обладают широким спектром биологической активности, включая антибактериальную, противовоспалительную, сосудорасширяющую, ингибируют процессы перекисного окисления липидов, агрегацию тромбоцитов, снижают хрупкость и проницаемость капилляров [2,3]. Природные антиоксиданты в отличие от синтезированных имеют крайне низкую токсичность, не вызывают побочных реакций (аллергия, отторжение организмом, эффект при- выкания, накопления).

Основой для разработки рецептур АОК послужило ЛТС, произрастающее в экологически благоприятных (Староуткинском, Нижнесергинском и Байкаловском) районах СО, обладающее высокими антиоксидантными свойствами. Подбор сырья осуществлялся на основании аналитического анализа механизма действия веществ, входящий в состав сырья, эксплуатационных запасов, безопасности, адаптивности в использовании среди потребителей. Разработка рецептур осуществлялась на основе методов линейного программирования [10], с учетом матрицы функциональной направленности сырья (таблица 3).

На предварительном этапе проведены исследования, направленные на определение выхода БАВ из ЛТС. Экспериментально установлено, что более полно экстрагируются из сырья дубильные вещества и витамин С по сравнению с флавоноидами. Степень перехода БАВ из сырья в водные настои – коэффициент извлечения – α , рассчитан по формуле, предложенной [6]:

$$\alpha = \frac{C_{ex} * V_{ex} * 100}{C_s * m_s * (100 - W)} \quad (1)$$

где C_{ex} – содержание БАВ в экстракте, %; V_{ex} – объем экстрагента, мл; C_s – содержание БАВ в сырье, %; m_s – масса навески сырья, г; W – влажность сырья, %.

Предложен алгоритм разработки АОК с учетом специфики ЛТС и его функционального назначения состоящий из 7 этапов, условно разделенных на аналитический анализ и научно-практическую часть, реализация которых происходила как параллельно, так и последовательно (рис. 2).

Анализ полученных результатов показал, что АОА водных настоев исследуемого сырья (рис. 1) находится в прямой зависимости от содержания БАВ фенольной природы и аскорбиновой кислоты. Полученные данные дают возможность предположить, что возможен эффект взаимного усиления витамина С флавоноидами и дубильными веществами в настоях.

Научно-практическая часть алгоритма разработки рецептур АОК включает в себя три этапа: 1 этап – моделирование органолептических показателей, в наибольшей степени удовлетворяющих критерию; 2 этап – оптимизация компонентного состава АОК, осуществляемая путем оценки АОА проектируемых АОК. Под оптимизацией многокомпонентной смеси понимают нахождение массовой доли ЛТС, которое дает требуемое значение

АОА и других показателей (органолептических, аминокислотного состава); 3 этап – расчет экономических показателей, проектируемых АОК. Предложенная математическая модель состоит из трех основных условий: целевая функция, ограничение и граничные условия.

Таблица 3

Матрица функциональной направленности лекарственно-технического сырья

Table 3

The matrix of the functional orientation of medicinal and technical raw materials

Фармакологические свойства	Крапива двудомная	Мята перечная	Душица обыкновенная	Шалфей лекарственный	Тимьян обыкновенный (чабрец)	Медуница лекарственная	Брусника (лист)	Черная смородина (лист)
Кровоостанавливающие								
Противовоспалительные								
Вяжущие								
Болеутоляющие								
Гипотензивные								
Отхаркивающие								
Ранозаживляющие								
Иммуностимулирующие								
Мочегонные								
Желчегонные								
Обезболивающие								
Адаптогенные								
Нормализация обменных процессов								
Сосудоукрепляющие								
Седативные								
Жаропонижающие								
Антиоксидантные								

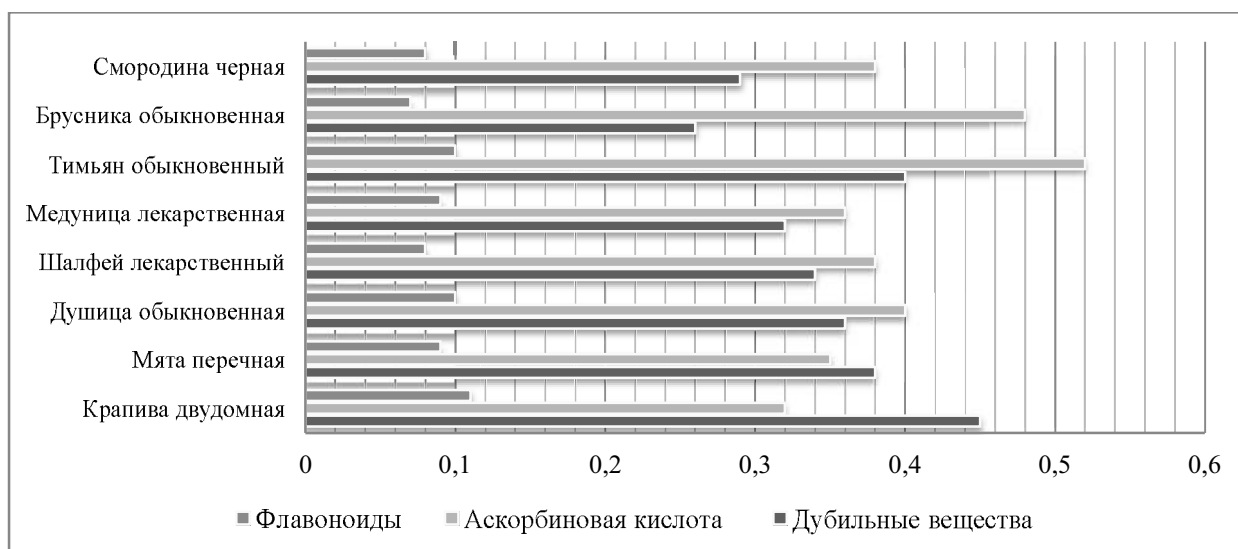


Рис. 1. Коэффициенты извлечения БАВ водных настоев исследуемого ЛТС /

Fig. 1. Coefficients of extraction of biologically active substances of water infusions of the studied MTRM

На основании разработанного программного продукта автоматического подбора нутриентов растительного происхождения по заданным критериям (свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ № 2011614582) апробирована математическая модель, на основе методов линейного программирования для разработки рецептур растительных антиоксидантных комплексов [10].

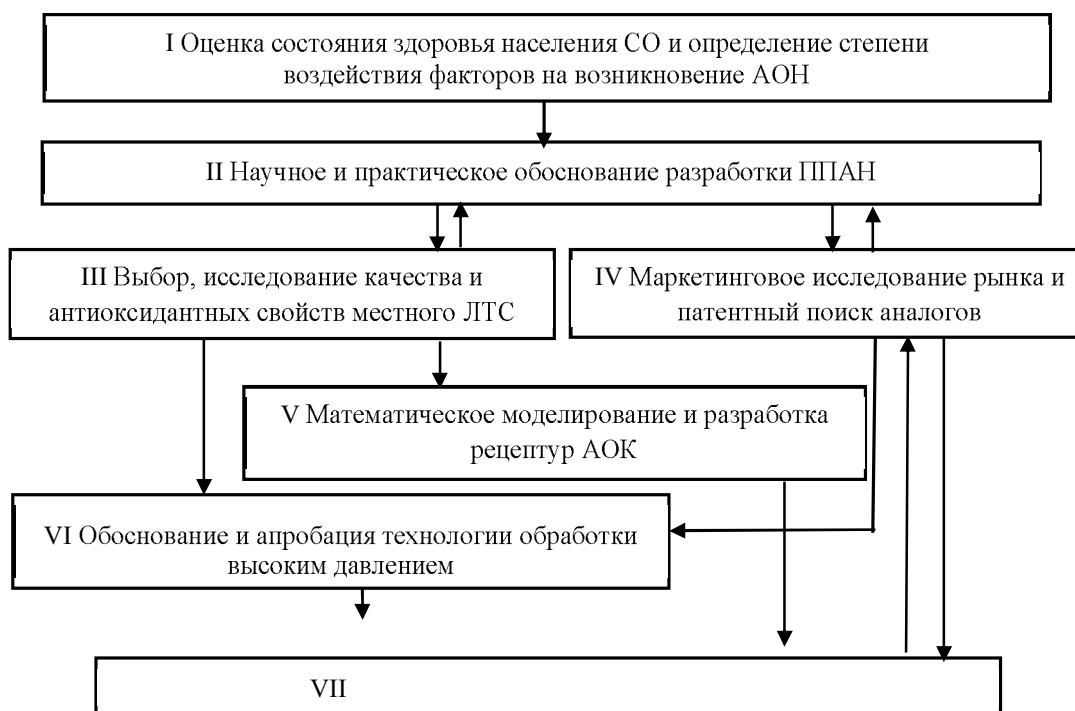


Рис. 2. Алгоритм разработки антиоксидантных комплексов /
Fig. 2. Algorithm for the development of antioxidant complexes

Для расчета показателей использовались следующие формулы. Здесь и далее вектор $x = \{x_i | i = 1 \dots k\}$ содержит массу добавляемого ЛТС, первый элемент вектора содержит массу заменяемого на ЛТС сырья:

1) улучшенные потребительские свойства определяются путем максимизации органолептических показателей АОК:

$$O = c_2'x = \sum_{i=1}^k c_{2i} \cdot x_i \rightarrow \max, \quad (2)$$

где вектор $c_2 = \{c_{2i} = k_i^{opp} \cdot s | i = 1 \dots k\}$ содержит влияние на органолептические свойства каждого ЛТС.

Коэффициент для вычисления органолептических показателей берется по следующей формуле:

$$k_i^{opp} = \begin{cases} 0, & x_i = 0 \\ 1, & 0 < x_i \leq MPC_i, \\ -1, & x_i > MPC_i \end{cases} \quad (3)$$

где MPC_i – максимально рекомендуемое содержание ЛТС.

Таким образом, прогнозируется помутнение и прочие ухудшения органолептических показателей при добавлении ЛТС свыше нормы.

2) увеличение заданных свойств определяются путем максимизации АОА:

$$BP_2 = \sum_{i=1}^k x_i \cdot AOA_i \rightarrow \max \quad (4)$$

3) доступность продукта определяется за счет минимизации стоимости моделируемого продукта:

$$P = c_1'x = \sum_{i=1}^k c_{1i} \cdot x_i \rightarrow \min, \quad (5)$$

где вектор $c_1 = \{c_{1i} | i = 1 \dots k\}$ содержит цену за килограмм каждого ЛТС.

Методами математического моделирования обоснованы рецептуры АОК, обеспечивающие высокие потребительские свойства (органолептические, физико-химические, в т.ч АОА).

Одной из основных задач, решаемых в настоящее время при переработке растительного сырья, является интенсификация процессов извлечения БАВ при экстрагировании для увеличения АОА и выхода действующих веществ в настой. Нами рассмотрена возможность применения метода обработки пищевых продуктов высоким

давлением в условиях всестороннего сжатия - метод «High Pressure Processing» (HPP) [1,15] для увеличения выхода БАВ, что достигается за счет разрушения внутриклеточных вакуолей, клеточных стенок и цитоплазматической мембраны. Высокое давление влияет только на нековалентные химические связи (т.е. ионные, водородные и гидрофобные связи), оставляя ковалентные связи неповрежденными.

Оптимальные параметры давления и времени воздействия на АОК на основании результатов количественного определения содержания БАВ, в частности, – аскорбиновой кислоты и суммы биофлавоноидов, как вносящих максимальный вклад в АОА настоев (табл. 4). Контрольным образцом являлись аналогичные водные настои, АОК которых не подвергались обработке методом HPP.

Таблица 4

Антиоксидантная активность АОК, моль экв/дм³

Table 4

Antioxidant activity of AOC, mol equiv/dm³

Модель АОК	Контроль	Время обработки 60 с			Время обработки 90 с		
		100 МПа	150 МПа	200 МПа	100 МПа	150 МПа	200 МПа
№1	9,9	10,1	10,9	11,9	11,9	12,9	13,0
№2	11,8	11,9	12,2	12,3	12,1	12,5	12,6
№3	9,2	10,3	10,6	11,2	12,6	13,3	13,3
№4	8,73	9,8	10,9	11,1	11,9	12,6	12,2
№5	8,7	9,8	10,3	11,4	11,0	12,1	12,1
№6	7,5	8,5	9,5	10,6	9,5	11,7	11,6

Анализ данных таблицы 4 свидетельствует, что применение метода HPP оказывает благоприятное влияние на разрушение межклеточных мембран и, как следствие, положительно сказывается на выход БАВ в экстракт, что приводит к констатации их количественного увеличения в обработанном ЛТС. Так наблюдалось увеличение АОА на 33 %, в модели АОК № 3, а в модели АОК № 6 на 48 в сравнении с контрольными образцами.

В результате анализа экспериментальных данных были найдены оптимальные параметры обработки HPP: давление – 150 МПа, время воздействия – 90 сек.

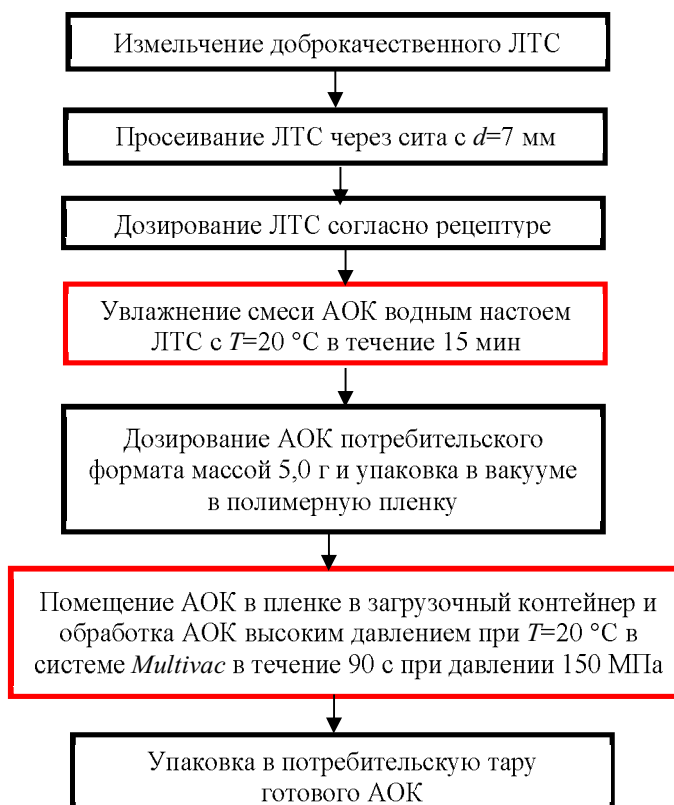


Рис. 3. Схема получения АОК с применением метода HPP/

Fig. 3. Scheme of obtaining AOC using the HPP method

Полученные результаты легли в основу новой технологии получения антиоксидантных комплексов из ЛТС, в которой используется *метод НРР*. Применение *метода НРР* способствует повышению выход БАВ, обеспечивает высокую АОА. Технологическая схема получения АОК показана на рис. 3.

Выводы (заключение). Таким образом, в ходе проведенных исследований установлено, что: по результатам полученных данных физико-химических показателей и антиоксидантных свойств наиболее перспективными видами ЛТС, как ингредиента антиоксидантного комплекса, являются листья крапивы двудомной, мяты перечной, душицы обыкновенной, шалфея лекарственного, тимьяна обыкновенного (чабрец), медуницы лекарственной, лист брусники, лист черной смородины, характеризующиеся высоким содержанием флавоноидов (1–2 %), значительным количеством аскорбиновой кислоты (до 17,4 мг/100 г – крапива двудомная), а также микро- и микроэлементами, в частности Mn, Fe, Cu многими другими полезными организму человека элементами. Подтверждены антиоксидантные свойства ЛТС, так наибольшим значением АОА обладают крапива двудомная и шалфей лекарственный 8,47 и 6,82 моль экв./дм³, наименьшим лист черной смородины – 2,14 моль экв./дм³. С помощью метода математического моделирования, учитывающего органолептическую совместимость, экономическую составляющую и антиоксидантные свойства ЛТС, были разработаны 6 моделей антиоксидантных комплексов.

В ходе проведения исследования установлена целесообразность применения метода «*High Pressure Processing*» (*НРР*) при переработке растительного сырья, для интенсификации процессов извлечения БАВ, а, так же для увеличения АОА и выхода действующих веществ в настой. Обработка АОК *методом НРР* способствует увеличению выхода БАВ в водный настой на 33–48%, за счет разрушения внутриклеточных вакуолей, клеточных стенок и цитоплазматических мембран клеток сырья. Полученные результаты стали основой новой технологии получения антиоксидантных комплексов из ЛТС, в которой используется метод *НРР*.

ЛИТЕРАТУРА

1. Волков А. Ю. Технологические решения в производстве пищевых продуктов в контексте обеспечения их качества и безопасности / Волков А. Ю., Донскова Л. А., Коткова В. В. // Новые технологии. 2018. №3. С. 20–27.
2. Государственная фармакопея XIII online (ГФ 13 online): электронный ресурс: режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0051-15-shalfeya-lekarstvennogo-listya/>.
3. Государственная фармакопея СССР. Лекарственное растительное сырье. Общие методы анализа. М.: Медицина, 1990. Изд. 11. Вып. 2. – 472 с.
4. Государственная фармакопея СССР. Часть 2. Общие методы анализа. 11-е изд-е. Вып. 1. М., 1987. – 194 с.
5. Громова В. Ф. Антиоксидантные свойства лекарственных растений / В. Ф. Громова, Г. С. Шаповал, И. Е. Миронюк, Н. В. Нестюк // Химико-фармацевтический журнал. – 2008. – Т. 42. – № 1. – С. 43–46.
6. Круглов Д. С. Микроэлементный состав суммарных извлечений из плодов и листьев черники обыкновенной / Д. С. Круглов, Ильиных А. В. // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья: Материалы III Всероссийской конференции. – Барнаул: Изд-во АГУ, 2002. – Книга 2. – С.177–180.
7. Кушнерова Н. Ф. Перспективы использования биологически активных добавок в профилактике нарушений, связанных со стрессом / Кушнерова Н. Ф., Фоменко С. Е., Кудряшова Ю. В., Чижова Т. Л., Кушнерова Т. В., Мерзляков В. Ю. // Бюл. физ. и пат. дых.. 2007. №25. – С. 42–47.
8. Методы биохимического исследования растений / Под ред. д-ра биол. наук А. И. Ермакова. – 2-е изд., перераб. и доп. Ленинград: Колос. [Ленингр. отд-ние], 1972. – 456 с.
9. Пастушкова Е. В. Анализ растительного технического сырья с высокой антиоксидантной активностью, произрастающего на территории Свердловской области // Научное обозрение. Технические науки. – 2016. – № 3. – С. 78–86.
10. Пастушкова Е. В. Применение методов линейного программирования в разработке продуктов антиоксидантной направленности / Пастушкова Е.В., Чугунова О.В., Лейберова Н.В. //Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1-1. – С. 110.
11. Патент № 2235998 Способ определения оксидантной/ антиоксидантной активности растворов / Брайнина Х. З., Иванова А.В.//Патентообладатель (Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА»), - дата публикации 10.09.2004 г.
12. Трегубова И. А. Антиоксиданты: современное состояние и перспективы / И. А. Трегубова, В. А. Косолапов, А. А. Спасов // Успехи физиологических наук, 2012. – Т 43. – № 1. – С. 75–94.
13. Фоменко С. Е. Профилактика антиоксидантной недостаточности организма в условиях профессиональной деятельности / Фоменко С. Е., Кушнеров Н. Ф., Сырыгин В. Г., Кушнерова Т. В. // Здоровье. Медицинская экология. Наука. 2009. №4-5. – С.192–195.

14. Чугунова О. В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса / Чугунова О. В., Пастушкова Е. В., Вяткин А. В. // Индустрия питания. – 2017. – № 2 (3). – С. 57-63.

15. Ferstl C. Process Engineer Aseptic. High Pressure Processing: Insights on technology and regulatory requirements [Текст] / Ferstl C., Ferstl P. // The national food lab, 2013–№1 – Р 6-12.

REFERENCES

1. Volkov A. Yu. Tekhnologicheskie resheniya v proizvodstve pishchevykh produktov v kontekste obespecheniya ikh kachestva i bezopasnosti / Volkov A. Yu., Donskova L. A., Kotkova V. V. // Novye tekhnologii. – 2018. – №3. – С. 20-27.

2. Gosudarstvennaya farmakopeya XIII online (GF 13 online): ehlektronnyy resurs: rezhim dostupa: <http://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0051-15-shalfeya-lekarstvennogo-listya/>.

3. Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. Lekarstvennoe rastitel'noe syr'e. Obshchie metody analiza. – М.: Meditsina, 1990. – Izd. 11. – Вып. 2. – 472 s.

4. Gosudarstvennaya farmakopeya SSSR. Chast' 2. Obshchie metody analiza. 11-e izd-e. Вып. 1. М., 1987. – 194s

5. Gromovaya V.F. Antioksidantnye svoystva lekarstvennykh rasteniy / V. F. Gromovaya, G. S. Shapoval, I. E. Mironyuk, N. V. Nestyuk // Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal. – 2008. – Т. 42. – № 1. – С. 43-46.

6. Kruglov, D.S. Mikroelementnyy sostav summarnykh izvlecheniy iz plodov i list'ev cherniki obyknovennoy / D. S. Kruglov, Pl'inykh A.V. // Novye dostizheniya v khimii i khimicheskoy tekhnologii rastitel'nogo syr'ya: Materialy III Vserossiyskoy konferentsii. Barnaul: Izd-vo AGU, 2002. – Kniga 2. – С. 177–180.

7. Kushnerova N. F. Perspektivy ispol'zovaniya biologicheski aktivnykh dobavok v profilaktike narusheniy, svyazannykh so stressom / Kushnerova N. F., Fomenko S. E., Kudryashova Yu. V., Chizhova T. L., Kushnerova T. V., Merzlyakov V. Yu. // Byul. fiz. i pat. dykh.. 2007. №25. – С. 42-47.

8. Metody biokhimicheskogo issledovaniya rasteniy / Pod red. d-ra biol. nauk A. I. Ermakova. – 2-e izd., pererab. i dop. – Leningrad: Kolos. [Leningr. otd-nie], 1972. – 456 s.

9. Pastushkova E. V. Analiz rastitel'nogo tekhnicheskogo syr'ya s vysokoy antioksidantnoy aktivnost'yu, proizrastayushchego na territorii Sverdlovskoy oblasti // Nauchnoe obozrenie. Tekhnicheskie nauki. – 2016. – № 3. – С. 78-86.

10. Pastushkova E. V. Primenenie metodov lineynogo programmirovaniya v razrabotke produktov antioksidantnoy napravlenosti / Pastushkova E. V., Chugunova O. V., Leyberova N. V. // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2015. – № 1-1. – С. 110.

11. Patent № 2235998 Sposob opredeleniya oksidantnoy/ antioksidantnoy aktivnosti rastvorov / Braynina Kh. Z., Ivanova A. V. // Patentoobladatel' (Ural'skiy gosudarstvennyy ehkonomicheskii universitet, Obshchestvo s ogranichennoy otvetstvennost'yu nauchno- proizvodstvennoe vnedrencheskoe predpriyatie «IVA», – data publikatsii 10.09.2004 g.

12. Tregubova I.A. Antioksidanty: sovremennoe sostoyanie i perspektivy / I. A. Tregubova, V. A. Kosolapov, A. A. Spasov // Uspekhi fiziologicheskikh nauk, 2012. – Т 43. – № 1. – С. 75-94.

13. Fomenko S. E. Profilaktika antioksidantnoy nedostatochnosti organizma v usloviyakh professional'noy deyatel'nosti / Fomenko S. E., Kushnerov N. F., Sprygin V. G., Kushnerova T. V. // Zdorov'e. Meditsinskaya ehkologiya. Nauka. 2009. №4-5. – С.192-195.

14. Chugunova O. V. Prakticheskie aspekty ispol'zovaniya plodovo-yagodnogo syr'ya pri sozdaniy produktov, sposobstvuyushchikh snizheniyu urovnya oksidativnogo stressa / Chugunova O. V., Pastushkova E. V., Vyatkin A. V. // Industriya pitaniya. – 2017. – № 2 (3). – С. 57-63.

15. Ferstl C. Process Engineer Aseptic. High Pressure Processing: Insights on technology and regulatory requirements / Ferstl C., Ferstl P. // The national food lab, 2013. – №1. – Р 6-12.

ОБ АВТОРАХ

Пастушкова Екатерина Владимировна, кандидат технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», 620144, Екатеринбург, ул 8 Марта/Народной Воли, 62/45, E-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

Pastushkova Ekaterina Vladimirovna, Candidate of Technical Sciences, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Ural state University of Economics», 620144, Ekaterinburg, ul 8 Marta/Narodnoy voli, 62/45, E-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

Чугунова Ольга Викторовна, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», 620144, Екатеринбург, ул 8 Марта/Народной Воли, 62/45,
E-mail: chugun_ova@yandex.ru

Chugunova Olga Viktorovna, Doctor of Technical Sciences, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Ural state University of Economics», 620144, Ekaterinburg, ul 8 Marta/ Narodnoy voli, 62/45, E-mail: chugun_ova@yandex.ru

Тихонов Сергей Леонидович, доктор технических наук, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Уральский государственный экономический университет», 620144, Екатеринбург, ул 8 Марта/Народной Воли, 62/45,
E-mail: tihonov75@mail.ru

Tikhonov Sergey Leonidovich, Doctor of Technical Sciences, Federal state budgetary educational institution of higher professional education "Ural state University of Economics, 620144, Ekaterinburg, ul 8 Marta/ Narodnoy voli, 62/45, E-mail: tihonov75@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 19.12.2018

После рецензирования: 11.06.2019

Дата принятия к публикации: 01.09.2019