УДК 664.66.019

DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-3-1

Исследование количественного выхода биологически активных веществ растительного сырья, обработанного методом *High Pressure Processing* (HPP)

Е.В. Пастушкова^{1*}, О.В. Чугунова¹, С.Л. Тихонов¹

¹Уральский государственный экономический университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация, *e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

Ключевые слова:

биологически активные вещества; антиоксидантная активность (АОА); растительное сырье; метод *High Pressure Processing* (HPP)

Реферат

В статье представлен сравнительный анализ БАВ и антиоксидантной активности лекарственно-технического сырья (ЛТС) Уральского региона, обработанного методом *High Pressure Processing* (HPP), позволяющим максимально извлекать БАВ в водный настой. При использовании данного метода продукты подвергаются воздействию повышенного давления (100–1000 МПа) в отсутствие подвода тепла для предотвращения разрушения термолабильных веществ. Обработка высоким давлением проводилась при начальной температуре 20 °С в системе *Multivac* следующим образом: на подготовительном этапе высушенное растительное сырье массой 5 г, предварительно увлажненное, в вакуумной пленочной упаковке помещали в загрузочный контейнер; камерными насосами генерировали давление 100; 150 и 200 МПа; время воздействия варьировали – 60 и 90 с. Показано, что оптимальными параметрами обработки ЛТС являются высокое давление – 150 ± 10 МПа и время воздействия – 90 с. Обработка высоким давлением положительно влияет на выход БАВ при экстрагировании. Установлено увеличение количества аскорбиновой кислоты в настоях из сырья, обработанного методом HPP: из высушенного листа душицы обыкновенной – на 60 %, крапивы двудомной и зверобоя продырявленного – на 45–46 %; общее содержание флавоноидов увеличилось на 28; 12 и 23 % соответственно в сравнении с контрольными образцами. Полученные закономерности повышенного выхода БАВ из ЛТС при обработке методом HPP были подтверждены в ходе исследования структуры продукта с применением сканирующей микроскопии. Предложена технология получения антиоксидантных комплексов на основе исследуемого ЛТС с применением метода HPP.

Для цитирования: Пастушкова Е.В., Чугунова О.В., Тихонов С.Л. Исследование количественного выхода биологически активных веществ растительного сырья, обработанного методом *High Pressure Processing* (HPP) // Индустрия питания|Food Industry. 2019. Т. 4, № 3. С. 5–13. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-3-1

Quantitative Yield Research of Plant Raw Materials Biologically Active Substances Processed by *High Pressure Processing* (HPP)

Ekaterina V. Pastushkova, Olga V. Chugunova, Sergey L. Tikhonov¹

¹Ural State University of Economics, Ekaterinburg, Russian Federation, e-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

Keywords:

biologically active substances;

Abstract

The article presents a comparative analysis of BAS and antioxidant activity of medicinal and technical raw materials (MTRM) of the Ural region, processed by the *High Pressure Process-*

antioxidant
activity (AOA);
vegetative
raw material;
method
of High Pressure
Processing (HPP)

ing (HPP), which allows the maximum extraction of BAS in an aqueous infusion. To prevent the destruction of thermolabile substances using this method assumes the products to be exposed to high pressure (100-1000 MPa) in the absence of heat supply. Researchers explored high pressure treatment at an initial temperature of 20 °C in the *Multivac* system as follows: at the preparatory stage they placed pre-moistened dried vegetable raw materials weighing 5 g in a vacuum film package in a loading container. A man generated pressure of 100, 150 and 200 MPa by the chamber pumps; exposure time varied from 60 C to 90 C. Optimal parameters of MTRM treatment are high pressure – 150 ± 10 MPa and exposure time – 90 C. The high pressure treatment influences the yield of BAS during extraction positively. The research revealed an increase in the ascorbic acid amount in the dried oregano leaf infusions by 60 %, nettle dioecious and St. John's wort by 45-46 %; the total flavonoids content increased by 28; 12 and 23 %, respectively, in comparison with control samples. Authors confirmed obtained regularities of the increased BAS yield from MTRM during processing by HPP at the molecular level during the product structure research using scanning microscopy. They revealed the technology of obtaining antioxidant complexes on the basis of the investigated MTRM using the HPP method.

For citation: Ekaterina V. Pastushkova, Olga V. Chugunova, Sergey L. Tikhonov. Quantitative Yield Research of Plant Raw Materials Biologically Active Substances Processed by High Pressure Processing (HPP). Индустрия питания/Food Industry. 2019. Vol. 4, No. 3. Pp. 5–13. DOI 10.29141/2500-1922-2019-4-3-1

Введение

Растительное сырье – ценный источник различных биологически активных соединений, используемых для создания лекарственных препаратов и биологически активных добавок (БАД) [1]. В последние годы все больше внимания уделяется разработке продуктов питания, способных оказывать определенное регулирующее воздействие как на организм человека, так и на отдельные системы и органы, повышающие сопротивляемость организма влиянию неблагоприятных факторов [2]. К наиболее распространенным источникам природных антиоксидантов можно отнести местное лекарственно-техническое сырье (ЛТС), широко используемое в пищевой промышленности.

В настоящее время особую актуальность приобрела разработка технологий производства пищевых добавок, в том числе из растительного сырья, содержащих комплекс природных антиоксидантов, для создания продуктов питания, обладающих антиоксидантной активностью.

Цель работы – проведение сравнительного анализа количественного выхода БАВ и антиоксидантной активности лекарственно-технического сырья, обработанного методом *High Pressure Processing* (HPP).

Метод обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия – метод *High Pressure Processing* (HPP) – это метод обработки пищевых продуктов, при котором продукты подвергаются воздействию повышенного давления (100–1000 МПа) в отсутствие подвода тепла для предотвращения разрушения термолабильных веществ.

Материалы и методы исследования

Материалом для исследования служила надземная часть лекарственно-технического сырья, а именно: листья крапивы двудомной (лат. *Urtica dioica*, ГФ 13ФС.2.5.0019.15), душицы обыкновенной (лат. *Origanum vulgare*, ГФ 13ФС.2.5.0012.15), зверобоя продырявленного (лат. *Hypericum perforatum*, ГФ 13ФС.2.5.0012.15), собранные в период цветения растений в Староуткинском, Нижнесергинском и Байкаловском районах Свердловской области в июле 2018 г.

Сырье высушивали в тени до воздушно-сухого состояния. Для химического анализа листья измельчали до размера частиц 1–2 мм.

Исследование химического состава проводили по общепринятым методикам.

Объектами исследования послужили образцы крапивы двудомной, зверобоя продырявленного и душицы обыкновенной: один контрольный и образцы растительного сырья, обработанные давлением 100; 150 и 200 МПа в течение 60 и 90 с.

Количественное содержание аскорбиновой кислоты определяли титриметрически по реакции Тильманса [3].

Сумму биофлавоноидов в пересчете на рутин определяли спектрофотометрическим методом после проведения реакции комплексообразования с хлоридом алюминия при $\lambda = 410$ нм [4].

Антиоксидантную активность настоев устанавливали потенциометрическим методом. Данный метод основан на «химическом взаимодействии антиоксидантов с медиаторной системой, в качестве которой использовали смесь $K_3[Fe(CN)_6]/K_4[Fe(CN)_6]$. Добавление растворов, содержащих вещества, проявляющие свою

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 системы¹.

Стоит отметить, что применяемые на практике методики определения суммы антиоксидантов далеко не всегда бывают стандартизированы, а результаты, получаемые для одних и тех же объектов по разным методикам, являются несопоставимыми и не коррелирующими между собой. Однако это не мешает использовать значения суммарной антиоксидантной активности, найденные по одной и той же методике, для сопоставления относительной ценности однотипных продуктов. В этом случае показатель суммарной антиоксидантной активности используется как показатель качества продукции, подобно оценкам энергетической ценности.

Для обработки результатов эксперимента использовались стандартные компьютерные программы Microsoft Excel XP и Statistica 8.0.

Результаты исследования и их обсуждение

Были проанализированы 22, из них отображены три вида ЛТС, наиболее распространенных в Свердловской области. Исследования химического состава ЛТС проводились после естественной теневой сушки, в среде атмосферного воздуха при температуре 25–30 °С. Результаты исследований приведены в таблице.

Согласно представленным данным исследуемое ЛТС по содержанию БАВ соответствует требованиям нормативных документов (ГФ XIII² и ГФ XI [5]). Исследуемое сырье, произрастающее в Свердловской области, содержит в своем

составе значительные количества витамина С (до 85 мг/100 г у крапивы двудомной), флавоноидов (до 1320 мг/100 г у душицы обыкновенной) в пересчете на сухое вещество. Антиоксидантная активность находится на уровне 3,84–8,53 моль-экв./дм³. По результатам сравнительного анализа установлено: содержание БАВ в исследуемом ЛТС колеблется в широких пределах, что обусловлено его видовыми и морфологическими особенностями.

Наиболее многочисленную группу натуральных антиоксидантов составляют полифенольные вещества – флавоноиды и дубильные вещества, в составе которых присутствуют ароматическое кольцо и одна или несколько гидроксильных групп. В различных частях растений они содержатся как в форме гликозидов, так и агликонов, причем активность гликозидов, в том числе катехинов, несколько выше, чем агликонов. В ходе эксперимента установлено следующее: наибольшее количество биофлавоноидов содержится в душице обыкновенной (1321 ± 42 мг/100 г) и крапиве двудомной (955 ± 35 мг/100 г), что обуславливает антиоксидантную активность исследуемого сырья (подтвержденную в эксперименте), наименьшее – в зверобое продырявленном (873 ± 32 мг/100 г).

Одной из основных задач, решаемых в настоящее время при переработке растительного сырья, является интенсификация процессов извлечения БАВ при экстрагировании для увеличения антиоксидантной активности (АОА) и выхода действующих веществ в водный настой; это реализуется как вследствие повышения потенциала биологической массы, так и посредством оптимизации технологических режимов. В ряде работ [6–8] делается акцент на предварительную обработку сырья с использованием физических, химических, биологических, биохимических или энзиматических методов.

Метод обработки пищевых продуктов высоким давлением в условиях всестороннего сжатия – метод High Pressure Processing (HPP), при котором продукты подвергаются воздействию повышенного давления (100–1000 МПа) в от-

¹ Способ определения оксидантной / антиоксидантной активности растворов: пат. № 2235998 / Брайнина Х.З., Иванова А.В.; патентообладатели: Уральский государственный экономический университет, Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное внедренческое предприятие «ИВА»; опубл. 10.09.2004.

² Государственная фармакопея XIII online (ГФ 13 online). Режим доступа: <http://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0051-15-shalfeyalekarstvennogo-listya/>.

Содержание биологически активных веществ в сухом растительном сырье
Content of Biologically Active Substances in Dry Plant Raw Materials

Фитосырье	Аскорбиновая кислота, мг/100 г	Сумма биофлавоноидов в пересчете на рутин, мг/100 г	АОА, моль-экв./дм ³
Крапива двудомная	85 ± 8	955 ± 35	8,53 ± 0,41
Душица обыкновенная	65 ± 4	1320 ± 42	4,91 ± 0,10
Зверобой продырявленный	58 ± 3	873 ± 32	3,84 ± 0,15

* В пересчете на сухое вещество.

сутствие подвода тепла для предотвращения разрушения термолабильных веществ, получил особое развитие в начале 90-х годов XX века, когда научно-исследовательский консорциум (в него входила 21 японская фирма) разработал технологию обработки продуктов высоким давлением [9].

В настоящее время метод *HPP* применяется, в основном, с целью обработки продуктов животного происхождения, для увеличения срока хранения, снижения количества спор, оказывающих негативное влияние на сохранность продукта, что показано в работах зарубежных и российских ученых [9–14].

Имеются экспериментальные данные о влиянии метода *HPP* на повышение микробиологической чистоты продуктов и сырья для их производства [15–17]. Так, в [18] показаны положительные результаты его применения для увеличения содержания БАВ при экстрагировании люцерны посевной, в частности биофлавоноидов, в пересчете на лютеолин-7-гликозид. Установлено, что предварительная обработка высоким давлением измельченных листьев люцерны увеличивает экстракцию биофлавоноидов на 41–151 % в зависимости от режима обработки.

В исследованиях, проведенных Немецким институтом пищевых технологий и оборудования (DIL) и ФГБНУ «ВНИИМП им. В.М. Горбатова», на примере производства мясных продуктов установлено, что при обработке давлением 600 МПа температура продукта повышается не более чем на 20–23 °С. Во время обработки давлением происходит повышение температуры как среды, передающей давление, так и продукта; при этом температура в значительной степени

зависит от показателя активности воды пищевого продукта [9; 19].

В связи с вышесказанным в рамках проведенного исследования изучено влияние обработки ЛТС высоким давлением на выход БАВ. Обработка высоким давлением осуществлялась при начальной температуре 20 °С в системе *Multivac* следующим образом: на подготовительном этапе сырье массой 5 г, предварительно увлажненное, в вакуумной пленочной упаковке помещали в загрузочный контейнер; камерные насосы генерировали давление 100; 150 и 200 МПа; время воздействия варьировалось – 60 и 90 с. По окончании фиксированного времени камеру разгерметизировали, после чего загрузочные контейнеры вынимали.

Оптимальные параметры давления и времени воздействия на ЛТС рассчитывали по количественному определению БАВ, в частности аскорбиновой кислоты, и суммы биофлавоноидов, максимально влияющих на АОА настоев. Исследования проводили на настоях ЛТС (гидромодуль 1:20; $t = 60$ °С; продолжительность – 5 мин) (рис. 1–3).

Анализ рис. 1 свидетельствует, что проведение обработки высоким давлением положительно сказывается на выходе БАВ в экстракт, что связано с разрушением межклеточных мембран. Так, наблюдалось увеличение количества аскорбиновой кислоты в высушенном листе душицы обыкновенной на 60 %, а в крапиве двудомной и зверобое продырявленном – на 45–46 %; общее содержание флавоноидов в высушенном листе крапивы выросло на 12 %, в душице обыкновенной – на 28, в зверобое продырявленном – на 23 % в сравнении с контрольными образцами.

Рис. 1. Изменение выхода БАВ из ЛТС «крапива двудомная» (*Urtica dioica*) при различных режимах метода HPP, мг на 100 г

Fig. 1. Output Change of the BAS from MTRM of Nettle (*Urtica dioica*) at HPP Method Different Modes, mg per 100 g

Рис. 2. Изменение выхода БАВ из ЛТС «душица обыкновенная» (*Origanum vulgare*) при различных режимах метода HPP, мг на 100 г

Fig. 2. Output Change of the BAS from MTRM of Oregano (*Origanum vulgare*) at HPP Method Different Modes, mg per 100 g

Рис. 3. Изменение выхода БАВ из ЛТС «зверобой продырявленный» (*Hypericum perforatum*) при различных режимах метода HPP, мг на 100 г

Fig. 3. Output Change of the BAS from MTRM of St. John's Wort (*Hypericum perforatum*) at HPP Method Different Modes, mg per 100 g

Данный факт можно объяснить тем, что обработка ЛТС высоким давлением характеризуется мгновенным и равномерным воздействием на растительное сырье, а это, в свою очередь, приводит к разрушению внутриклеточных вакуолей, клеточных стенок, а также цитоплазматической мембраны.

Высокое давление влияет только на нековалентные химические связи (ионные, водородные и гидрофобные), оставляя ковалентные связи неповрежденными.

Поиск оптимальных режимов обработки ЛТС методом HPP основан на экспериментальных данных изучения АОА (рис. 4).

В результате математической обработки экспериментальных данных были найдены оптимальные параметры HPP: давление – 150 МПа; время воздействия – 90 с.

Установлены показатели качества ЛТС:

- *органолептические* (настой – прозрачный, с разной степенью интенсивности цвета, с приятным травянистым специфическим ароматом и гармоничным насыщенным вкусом, с травяным тоном разной степени выраженности в зависимости от анализируемого вида ЛТС; послевкусие – непродолжительное, приятное);
- *физико-химические* (массовая доля влаги – не более 8 %, водорастворимых экстрактивных веществ – не менее 30 %; содержание витамина С – 85–120 мг/100 г; биофлавоноидов – 850–1700 мг/100 г; АОА – 6,6–10,5 моль-экв./дм³).

Выявленные закономерности повышенного выхода БАВ из лекарственно-технического сырья при обработке методом HPP были подтверждены при исследовании структуры продукта с применением сканирующей микроско-

Рис. 4. Зависимость антиоксидантной активности ЛТС от величины давления и времени воздействия
Fig. 4. MTRM Antioxidant Activity Dependence on Pressure Value and Exposure Time

пии – одного из мощных современных методов исследования морфологии и локальных свойств поверхности твердого тела с высоким пространственным разрешением.

Определение структуры листа крапивы двудомной проводилось в ФБУН «Екатеринбургский медицинский научный центр профилактики и охраны здоровья рабочих промышленных предприятий» с помощью лазерного сканирующего микроскопа *Hitachi Regulus 8220*: напряжение – 1,0 кВ, увеличение – 10 000 (рис. 5).

Исходный – не обработанный – лист крапивы имеет плотно сомкнутые клетки гладкой шарообразной формы с собирательными клетками; в образце листа, обработанном методом *HPP*, клетки имеют губчатую структуру, что способствует максимальному извлечению БАВ и выходу действующих веществ в водный настой.

Полученные результаты стали основой инновационной технологии получения антиоксидантных комплексов из ЛТС, в которой используется метод *HPP*. Его применение позволяет повысить выход БАВ, обеспечить высокую сохранность витаминов и антиоксидантную активность ЛТС. Технологическая схема получения антиоксидантного комплекса (АОК) показана на рис. 6.

На этапе увлажнения применялся настой ЛТС (гидромодуль 1:20; $t = 60^\circ\text{C}$; продолжительность – 5 мин), что обуславливает дополнительное увеличение БАВ. Процесс дозирования осуществлялся при условии, что масса порции составляет 5,0 г. Готовые АОК представляют собой брикеты правильной цилиндрической формы $d = 1,5$ см и $h = 2,0$ см.

а) электронная микроскопия до обработки методом *HPP*

б) электронная микроскопия после обработки методом *HPP* (150 МПа, в течение 90 с)

Рис. 5. Микрофотоснимки фрагмента листа крапивы двудомной (*Urtica dioica*)
Fig. 5. Microphotonic Fragment of a Nettle Leaf (*Urtica Dioica*)

Рис. 6. Схема получения АОК с применением метода HPP

Fig. 6. Flow Diagram for the AOC Applying HPP

Выводы

Установлено, что исследуемое сырье, произрастающее в Свердловской области, содержит в своем составе значительные количества витамина С (до 85 мг/100 г у крапивы двудомной), флавоноидов (до 1320 мг/100 г у душицы обыкновенной) в пересчете на сухое вещество. Антиоксидантная активность ЛТС находится на уровне 3,84–8,53 моль-экв./дм³.

Экспериментально подтверждено, что оптимальными параметрами обработки ЛТС высоким давлением являются 150 0 ± 10 МПа в течение 90 с, при 200 МПа – 60 с. Следует отметить, что при обработке давлением 100 МПа количественный прирост содержания БАВ в экстракте был незначительным (не более 10 %).

Показано увеличение количества аскорбиновой кислоты в высушенном листе душицы обыкновенной на 60 %, в крапиве двудомной и зверобое продырявленном – на 45–46 %; общее содержание флавоноидов в высушенном листе крапивы увеличилось на 12 %, в душице обыкновенной – на 28 %, зверобое продырявленном – на 23 % в сравнении с контрольными образцами.

Закономерность повышенного выхода БАВ из ЛТС при обработке методом HPP подтверждена на молекулярном уровне при исследовании структуры продукта с применением сканирующей микроскопии на примере крапивы двудомной (*Urtica dioica*).

Показано, что исходный – не обработанный – лист крапивы двудомной имеет плотно сомкнутые клетки гладкой шарообразной формы с собирательными клетками; в образце листа, обработанном методом HPP, клетки имеют губчатую структуру, что способствует максимальному извлечению БАВ в водный настой.

Определена целесообразность применения метода *High Pressure Processing* (HPP) при переработке лекарственно-технического сырья для интенсификации процессов извлечения БАВ, а также для увеличения АОА и выхода действующих веществ в настой.

Полученные результаты стали основой инновационной технологии получения антиоксидантных комплексов из ЛТС, в которой используется метод *High Pressure Processing* (HPP).

Библиографический список

1. Зубкова Т.В. Использование растительного биологически активного сырья в кондитерской промышленности // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 3 (45). Ч. 3. С. 99–100.
2. Чугунова О.В., Пастушкова Е.В., Вяткин А.В. Практические аспекты использования плодово-ягодного сырья при создании продуктов, способствующих снижению уровня оксидативного стресса // Индустрия питания. 2017. № 2 (3). С. 57–63.

Bibliography

1. Zubkova, T.V. Ispolzovanie Rastitelnogo Biologicheskii Aktivnogo Syria v Konditerskoi Promyshlennosti [Use of Plant Biologically Active Raw Materials in the Confectionery Industry] Mezhdunarodnyi Nauchno-Issledovatel'skii Zhurnal. 2016. No. 3 (45). Part 3. Pp. 99–100.
2. Chugunova, O.V.; Pastushkova, E.V.; Vyatkin, A.V. Prakticheskie Aspekty Ispolzovaniia Plodovo-lagodnogo Syria pri Sozdanii Produktov Sposobstvuiushchikh Snizheniiu Urovnia Oksidativnogo Stressa

3. Методы биохимического исследования растений / под ред. д-ра биол. наук А.И. Ермакова. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Колос, 1972. 456 с.
4. Государственная фармакопея СССР. Часть 2. Общие методы анализа. 11-е изд. М., 1987. Вып.1. 194 с.
5. Государственная фармакопея СССР. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. М.: Медицина, 1990. 11-е изд. Вып. 2. 472 с.
6. Бакин И.А., Мустафина А.С., Луни П.Н. Совершенствование технологии экстрагирования ягодного сырья с использованием ультразвуковой обработки // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. 2015. № 12. С. 91–95.
7. Averyanova E.V., Khmelev V.N., Tsyganok S.N., Shakura V.A. Research of Process of Extraction of Biologically Active Substances (BAS) from Plant Raw Materials in the Conditions of Ultrasonic Extraction // 18th International Conference of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices, EDM 2017 – Proceedings, 2017. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2017. P. 255–259.
8. Averyanova E.V., Shkolnikova M.N., Tsyganok S.N., Shakura V.A. Intensification of the process of ultrasonic extraction of dehydroquercetin from wood waste // 19th International Conference of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University. 2018. P. 312–317.
9. Горбунова Н.А. О возможности использования высокого давления при производстве мясных продуктов // Всё о мясе. 2012. №1. С. 45–46.
10. Волков А.Ю., Донскова Л.А., Коткова В.В. Технологические решения в производстве пищевых продуктов в контексте обеспечения их качества и безопасности // Новые технологии. 2018. №3. С. 20–27.
11. Datta N., Deeth H.C. High pressure processing of milk and dairy products // Australian Journal of Dairy Technology. 1999. V. 54. P. 41–48.
12. Leadley C.E., Williams A. High pressure processing of food and drink – an overview of recent developments and future potential // New Technologies Bull. 1997. Vol. 14. P. 35.
13. Martínez-Monteagudo S.I., Leal-Dávila M., Curtis J.M., Saldaña M.D.A. Oxidative stability of ultra high temperature milk enriched in conjugated linoleic acid and trans-vaccenic acid // Int. Dairy J. 2015. V. 43. P. 70–77.
14. Ferstl C., Ferstl P. Process Engineer Aseptic. High Pressure Processing: Insights on technology and regulatory requirements // The national food lab., 2013–1–6.
15. Винникова Л.Г., Прокопенко И.А. Применение высокого давления в качестве альтернативы тепловой обработки мяса птицы // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2015. № 10. С. 31–36.
16. Margosch D., Ehrmann M.A., Buckow R., Heinz V., Vogel R.F., Gänzle M.G. High-pressure-mediated survival of *Clostridium botulinum* and *Bacillus amyloliquefaciens* endospores at high temperature // Applied and Environmental Microbiology. 2006. Vol. 72. № 5. P. 3476–3481.
17. Толмачев О.А., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Влияние обработки высоким давлением растительного сырья на экстрагирование биологически активных веществ и сохранность экстракта // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2016. № 5 (40). С. 53–57.
- [Practical Aspects of the Fruit Raw Material Usage while Developing Products Aimed at Oxidative Stress Decrease]. Industriya Pitaniya 2017. No. 2 (3). Pp. 57–63.
3. Metody Biokhimicheskogo Issledovaniia Rastenii [Methods of Biochemical Plants Research]. pod red d-ra biol nauk A.I. Ermakova. 2-e izd. pererab. i dop. L.: Kolos. 1972. 456 p.
4. Gosudarstvennaia Farmakopeia SSSR. Chast 2. Obshchie Metody Analiza [State Pharmacopoeia of the USSR. Part 2. General Methods of Analysis]. 11-e izd. M.: Medicine, 1987. Vol.1. 194 p.
5. Gosudarstvennaia Farmakopeia SSSR. Obshchie Metody Analiza [State Pharmacopoeia of the USSR. General Methods of Analysis. Medicinal Plant Raw Materials]. 11-e izd. M.: Medicine, 1990. 11th ed. Vol. 2. 472 p.
6. Bakin, I.A.; Mustafina, A.S.; Lunin, P.N. Sovershenstvovanie Tekhnologii Ekstragirovaniia Iagodnogo Syria s Ispolzovaniem Ultrazvukovoi Obrabotki [Improvement of technology of extraction of berry raw materials using ultrasonic processing]. Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2015. No. 12. Pp. 91–95.
7. Averyanova, E.V.; Khmelev, V.N.; Tsyganok, S.N.; Shakura, V. A. Research of Process of Extraction of Biologically Active Substances (BAS) from Plant Raw Materials in the Conditions of Ultrasonic Extraction. 18th International Conference of Young Specialists on Micro / Nanotechnologies and Electron Devices, EDM 2017 – Proceedings, 2017. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University, 2017. P. 255–259.
8. Averyanova, E.V.; Shkolnikova, M.N.; Tsyganok, S.N.; Shakura, V.A. Intensification of the Process of Ultrasonic Extraction of Dehydroquercetin from Wood Waste. 19th International Conference of Young Specialists on Micro/ Nanotechnologies and Electron Devices. Novosibirsk: Novosibirsk State Technical University. 2018. Pp. 312–317.
9. Gorbunova, N.A. O Vozmozhnosti Ispolzovaniia Vysokogo Davleniia pri Proizvodstve Miasnykh Produktov [On the Possibility of Using High Pressure in the Production of Meat Products]. Vse o Miasе. 2012. No. 1. Pp. 45–46.
10. Volkov, A.Yu.; Donskova, L.A.; Kotkova, V.V. Tekhnologicheskie Resheniia v Proizvodstve Pishchevykh Produktov v Kontekste Obespecheniia Ikh Kachestva i Bezopasnosti [Technological Solutions in Food Production in the Context of Ensuring Its Quality and Safety]. Novye tekhnologii. 2018. No. 3. Pp. 20–27.
11. Datta, N.; Deeth, H.C. High Pressure Processing of Milk and Dairy Products. Australian Journal of Dairy Technology. 1999. V. 54. Pp. 41–48.
12. Leadley, C.E.; Williams, A. High Pressure Processing of Food and Drink – an Overview of Recent Developments and Future Potential. New Technologies Bull. 1997. Vol. 14. P. 35.
13. Martínez-Monteagudo, S.I.; Leal-Dávila, M.; Curtis, J.M.; Saldaña, M.D.A. Oxidative Stability of Ultra High Temperature Milk Enriched in Conjugated Linoleic Acid and Trans-Vaccenic Acid. Int. Dairy J. 2015. V. 43. R. 70–77.
14. Ferstl, C.; Ferstl, P. Process Engineer Aseptic. High Pressure Processing: Insights on Technology and Regulatory Requirements. The National Food lab., 2013. Pp.1–6.
15. Vinnikova, L.G.; Prokopenko, I.A. Primenenie Vysokogo Davleniia v Kachestve Alternativy Teplovoi Obrabotki Miasa Ptitsy [Application of High Pressure as an Alternative to Heat Treatment of Poultry Meat] Vostochno-Evropeiskii zhurnal peredovykh tekhnologii. 2015. No. 10. Pp. 31–36.

18. Малишевский А.А., Тихонов С.Л., Тихонова Н.В. Влияние предварительной обработки высоким давлением растительного сырья на процесс экстракции // Пища. Экология. Качество: труды XIII Междунар. науч.-практ. конф. (Красноярск, 18–19 марта 2016 г.). Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2016. С. 243–247.
19. Kortschack F. Herstellung von warmebehandelten Wurst-und Fleischwaren am Beispiel von Kochschinken // Мясо и мясные продукты – инновационные концепции в производстве: материалы семинара German Institute of Food Technologies (DIL) (Германия, Ква-Кенбрик, 25–26 октября 2011 г.). С. 455–462.
16. Margosch, D.; Ehrmann, M.A.; Buckow, R.; Heinz, V.; Vogel R.F., Gänzel M. G. High-Pressure-Mediated Survival of Clostridium Botulinum and Bacillus Amyloliquefaciens Endospores at High Temperature. Applied and Environmental Microbiology. 2006. Vol. 72. No. 5. Pp. 3476–3481.
17. Tolmachev, O.A.; Tikhonov, S.L.; Tikhonova, N.V. Vliianie Obrabotki Vysokim Davleniem Rastitelnogo Syria na Ekstragirovanie Biologicheskii Aktivnykh Veshchestv i Sokhrannost Ekstrakta [Influence of High Pressure Treatment of Plant Raw Materials on Extraction of Biologically Active Substances and Preservation of the Extract]. Tekhnologii i Tovarovedenie Innovatsionnykh Pishchevykh Produktov. 2016. No. 5 (40). Pp. 53–57.
18. Malishevsky A.A., Tikhonov S. L., Tikhonova N.V. Vliianie Predvaritelnoi Obrabotki Vysokim Davleniem Rastitelnogo Syria na Protssess Ekstraksii [Influence of High-Pressure Pretreatment of Plant Raw Materials on the Extraction Process] Pishcha. Ekologiia. Kachestvo: trudy XIII Mezhdunar Nauch-Prakt Konf. Krasnoarsk 18-19 marta 2016 g. Krasnoarsk Krasnoarskii Gosudarstvennyi Agrarnyi Universitet, 2016. Pp. 243–247.
19. Kortschack, F. Warmebehandelten Herstellung von Wurst-und Fleischwaren am Beispiel von Kochschinken. Meat and Meat Products – Innovative Concepts in Manufacturing: Proceedings of the Seminar of the German Institute of Food Technologies (DIL) (Germany, Kwa of Kenric, 25-26 October 2011). Pp. 455–462.

Информация об авторах / Information about Authors

Пастушкова

Екатерина Владимировна

Pastushkova,
Ekaterina Vladimirovna

Тел./Phone: +7 (343) 221-27-59
E-mail: pas-ekaterina@yandex.ru

*Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры товароведения и экспертизы
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Candidate of Technical Science, Associate Professor, Associate Professor of the Merchandise
and Expertise Department*

*Ural State University of Economics
620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6992-1201>

Чугунова

Ольга Викторовна

Chugunova,
Olga Viktorovna

Тел./Phone: +7 (343) 221-26-72
E-mail: chugun.ova@yandex.ru

*Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии питания
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, 8 Марта / Народной Воли, 62/45*

*Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Food Technology Department
Ural State University of Economics*

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7039-4047>

Тихонов

Сергей Леонидович

Tikhonov,
Sergey Leonidovich

Тел./Phone: +7 (343) 221-27-66
E-mail: tihonov75@bk.ru

*Доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой пищевой инженерии
Уральский государственный экономический университет
620144, Российская Федерация, г. Екатеринбург, ул. 8 Марта/Народной Воли, 62/45*

*Doctor of Technical Science, Professor, Head of the Food Engineering Department
Ural State University of Economics*

620144, Russian Federation, Ekaterinburg, 8 March St. / Narodnoy Voli St., 62/45

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4863-9834>