

Максим Валерьевич Просин

Кемеровский государственный университет, доцент кафедры техносферной безопасности, кандидат технических наук, Кемерово, Россия

E-mail: prosinmv@yandex.ru

Дмитрий Михайлович Бородулин

Кемеровский государственный университет, директор института инженерных технологий, доктор технических наук, профессор, Кемерово, Россия

E-mail: borodulin_dmitri@list.ru

Елена Александровна Сафонова

Кемеровский государственный университет, доцент кафедры технологического проектирования пищевых производств, кандидат технических наук, доцент, Кемерово, Россия

E-mail: safonova.kem@yandex.ru

Яна Сергеевна Головачева

Кемеровский государственный университет, аспирант кафедры технологического проектирования пищевых производств, Кемерово, Россия

E-mail: golovacheva-96@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ТИПАХ АППАРАТОВ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ ЧАГИ, КОРНЯ КОПЕЕЧНИКА, ПЛОДОВ ШИПОВНИКА

Основным сырьем для получения настоек всегда было и остается растительное сырье. Основной производственной стадией получения настоек и ароматных спиртов является процесс экстрагирования. В настоящее время разработано большое количество конструкций экстракторов для системы твердое тело–жидкость периодического и непрерывного действия. Все они отличны между собой по эффективности, энергозатратам и применимости в том или ином производстве. Цель работы – исследование и анализ влияния структуры сырья на эффективность экстрагирования в оборудовании различного вида. Изучение влияния оборудования на скорость экстрагирования при приготовлении экстрактов из растительного сырья различной внутренней структуры. Для выполнения исследований было выбрано три вида сырья из различных групп: плоды шиповника, корень копеечника и грибы чага. Наиболее подходящими и перспективными конструкциями экстракторов являются экстрактор Сокслета, центробежный экстрактор; роторно-пульсационный аппарат. Главный оцениваемый показатель содержания сухих веществ в полученных настойках напрямую зависит от количества загружаемого сырья в аппарат и продолжительности процесса. Результаты экспериментов показали, что наиболее эффективным для извлечения биологически активных веществ из корней и корневищ растительного сырья является экстрактор Сокслета. Плодово-ягодное сырье имеет небольшой размер с рыхлой структурой, и для максимально эффективного прохождения процесса экстрагирования необходимо применять центробежные аппараты, потому что они обладают возможностью измельчения сырья при его одновременной механической обработке, позволяющей значительно сократить время приготовления экстракта. Центробежный экстрактор и роторно-пульсационный аппарат показывают большую эффективность, так как оказывают гидромеханическое воздействие на любое сырье. Самым универсальным аппаратом является роторно-пульсационный аппарат, так как во время его работы происходит измельчение сырья до размеров 0,01 мм. Вследствие чего растительное сырье наиболее полно отдает целевые компоненты с небольшими затратами времени.

Ключевые слова: экстрагирование, настойки, растительное сырье, роторно-пульсационный аппарат, экстрактор Сокслета, центробежный экстрактор.

Maksim V. Prosin

Kemerovo State University, Associate Professor at the Department of Technosphere Safety, Candidate of Technical Sciences, Kemerovo, Russia

E-mail: prosinmv@yandex.ru

Dmitry M. Borodulin

Kemerovo State University, Director of the Institute of Engineering Technologies, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kemerovo, Russia

E-mail: borodulin_dmitri@list.ru

Elena A. Safonova

Kemerovo State University, Associate Professor at the Department of Technological Design of Food Production, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Kemerovo, Russia

E-mail: safonova.kem@yandex.ru

Yana S. Golovacheva

Kemerovo State University, Postgraduate Student, Department of Technological Design of Food Production, Kemerovo, Russia

E-mail: golovacheva-96@mail.ru

RESEARCH OF THE EFFICIENCY OF EXTRACTION IN DIFFERENT TYPES OF APPARATUS WHEN USING VEGETABLE RAW MATERIALS OF SHELF FUNGUS, TICK TREFOIL ROOT, ROSE HIPS

The main raw material for the production of tinctures has always been and remains plant raw materials. The main production stage for obtaining tinctures and aromatic alcohols is the extraction process. Currently, a large number of designs of extractors for the "solid-liquid" system of periodic and continuous action have been developed. All of them differ from each other in terms of efficiency, energy consumption and applicability in a particular production. The purpose of the work is to study and analyze the influence of the structure of raw materials on the efficiency of extraction in equipment of various types. Objectives are to study the effect of equipment on the rate of extraction in the preparation of extracts from plant materials of various internal structures. To carry out the research, three types of raw materials were selected from different groups: rose hips, root of tick trefoil and shelf fungus. The most suitable and promising extractor designs are the Sokslet extractor; centrifugal extractor; rotary-pulsating apparatus. The main estimated indicator of the dry matter content in the obtained tinctures directly depends on the amount of raw materials loaded into the apparatus and the duration of the process. The results of the experiments showed that the Sokslet extractor is the most effective for the extraction of biologically active substances from the roots and rhizomes of plant materials. The centrifugal extractor and the rotary-pulsating apparatus show great efficiency, since they have a hydromechanical effect on any raw material. The most versatile apparatus is the rotary-pulsating apparatus, since during its operation the raw material is crushed to a size of 0.01 mm. As a result, the plant raw materials give the most complete target components with little time investment.

Keywords: *extraction, tinctures, vegetable raw materials, rotary-pulsation apparatus, Sokslet extractor, centrifugal extractor.*

Введение. Настойка – это алкогольный напиток, произведенный путем настаивания спирта разной крепости на различных ингредиентах. Основным сырьем для получения настоек всегда было и остается растительное сырье. Современные производители отдают предпочтение ягодам и фруктам, но встречаются отдельные варианты изделий, изготовленные на косточках, душистых и лечебных травах, пряно-стях, а также прочих составляющих [1].

Основной производственной стадией получения настоек и ароматных спиртов является

процесс экстрагирования. На сегодняшний день экстрагирование – один из основных процессов, применяемый практически во всех отраслях промышленности [2].

Цель работы. Исследование и анализ влияния структуры сырья на эффективность экстрагирования в оборудовании различного вида.

Задачи:

- исследование процесса экстрагирования роторно-пульсационного экстрактора с применением центробежного экстрактора и экстрактора Сокслета;

- исследование влияния внутренней структуры растительного сырья на извлечение целевых компонентов из корня копеечника, гриба чага и плодов шиповника;
- определение рациональных режимных параметров проведения процесса экстрагирования и подбор наиболее эффективного оборудования;
- дегустационная оценка полученных экстрактов.

Объекты и методы исследования. В ходе исследования изучалось влияние структуры вещества на скорость экстрагирования в различных аппаратах с помощью нейтрального экстрагента, водно-спиртового раствора [2].

Для выполнения исследований было выбрано три вида сырья из различных групп: плоды шиповника, корень копеечника и гриб чага. Данное сырье было выбрано исходя из его доступности на территории Сибири, а также из-за высокого содержания биологически активных веществ. Все сырье хорошо сохраняется в высушенном состоянии [3].

Плоды шиповника содержат в большом количестве витамины А, С, В₁, В₂, РР, К, пантотеновую кислоту и флавоноиды. Шиповник используется для повышения общего иммунитета и сопротивляемости неблагоприятным факторам, положительно влияет на обмен веществ в организме человека, синтез гормонов и регенерацию тканей [3]. Плоды шиповника состоят из разросшегося мясистого, при созревании сочного цветоложа (гипантия) и заключенных в его полости многочисленных плодиков-орешков. Стенки высушенных плодов твердые, хрупкие. Внутри плоды обильно выстланы длинными, очень жесткими щетинистыми волосками. Орешки мелкие, продолговатые, со слабовыраженными гранями.

Корень копеечника благотворно влияет на организм человека, обладает рядом полезных свойств и положительно влияет на очищение организма, оказывает противовоспалительный эффект и др. Корень копеечника обладает волокнистой структурой, которая затрудняет его измельчение и последующую обработку.

Гриб чага очень разнообразен по своему химическому составу, который обуславливает спектр его полезных свойств. В частности, в его состав входят полифенолы с карбоновыми кислотами, агарициновая кислота и смолы. Именно такой состав придает ему свойства, оказывающие общеукрепляющее действие на орга-

низм человека и благоприятное влияние на пищеварительную систему. Гриб чага состоит из крупных, твердых желвакообразных наростов, внутри – коричневых, ближе к древесине обладает более мягким и пористым строением.

В настоящее время известно огромное множество конструкций оборудования для проведения процесса экстрагирования. Хорошо зарекомендовавшими себя в производственной среде считаются конструкции аппаратов, которые полностью самостоятельны, где не требуется предварительная подготовка сырья, его измельчение или дробление [4–6].

Согласно литературным данным, наиболее перспективными конструкциями экстракторов являются:

- экстрактор Сокслета [6];
- центробежный экстрактор [7];
- роторно-пульсационный аппарат (РПА) [8].

Основным показателем, по которому оценивается эффективность исследуемого процесса, является содержание сухих веществ. Сухие вещества в полученных образцах клюквенных настоек определяли при помощи анализатора влажности «AND MS-70», состоящего из двух частей: аналитические весы и сушильный блок. Принцип работы анализатора влажности «AND MS-70» состоит в анализе влаги, испаряющейся при нагревании образца [9].

Экспериментальные исследования проводились при постоянном соотношении твердой фазы и экстрагента 1:3. Выбор гидромодуля обусловлен классическими технологиями производства и обработки представленных продуктов [4–7].

Недостаточно оценивать только физико-химические параметры полученных настоек, что справедливо для продуктов пищевой промышленности. Поэтому была проведена дегустационная оценка для определения параметров вкуса, аромата и цвета. Качество алкогольных напитков оценивали по общеизвестным методикам органолептического анализа [9].

Экспериментальные результаты были математически обработаны с использованием метода множественного регрессионного анализа [10–11].

Результаты исследования и их обсуждение. Для решения поставленной цели и задач был проведен ряд экспериментов. Исследование влияния структуры растительного сырья и эффективности его экстрагирования в аппаратах различной конструкции проводилось с варьированием технологических параметров. Для экс-

трактора Сокслета изменялся объем загружаемого сырья в стаканчик (62 см³ – 50 г, 124 см³ – 100 г, 186 см³ – 150 г), для РПА и центробежного экстрактора изменялась частота вращения рабочих органов. Неотъемлемой характеристикой

эффективности процесса является его продолжительность. Поэтому и оценка содержания сухих веществ производилась при одинаковой продолжительности работы аппарата [11]. Полученные результаты представлены в таблице.

Результаты экспериментальных исследований в экстракторах различных конструкций

№ п/п	Экстрактор Сокслета						Центробежный экстрактор						Роторно-пульсационный аппарат					
	V _{ст} , см ³	T, МИН	C _{сух.вв} , %	Аромат, балл	Цвет, балл	Вкус, балл	n, мин ⁻¹	T, МИН	C _{сух.вв} , %	Аромат, балл	Цвет, балл	Вкус, балл	n, мин ⁻¹	T, МИН	C _{сух.вв} , %	Аромат, балл	Цвет, балл	Вкус, балл
Гриб чага																		
1	186	15	3,6	3,6	3,5	3,6	1600	15	3,9	3,5	3,6	3,5	1600	15	4,3	3,5	3,5	3,5
2	186	5	2,2	2,1	2,9	3,2	1600	5	2,5	2,2	3,0	3,2	1600	5	2,9	2,5	3,0	3,1
3	186	10	3,1	2,9	3,3	3,4	1600	10	3,3	2,9	3,3	3,4	1600	10	3,8	3,1	3,2	3,4
4	124	15	2,6	3,3	3,4	3,5	1400	15	3,8	3,4	3,4	3,3	1400	15	4,2	3,1	3,4	3,4
5	124	5	1,7	2,1	3,1	3,2	1400	5	2,5	2,4	3,2	3,1	1400	5	2,8	2,2	3,0	3,0
6	124	10	2,2	2,9	3,2	3,1	1400	10	3,2	3,0	3,3	3,2	1400	10	3,6	2,7	3,1	3,3
7	62	15	2,1	3,2	3,2	3,3	1200	15	2,9	3,2	3,3	3,3	1200	15	3,7	2,9	3,2	3,1
8	62	5	1,0	1,9	2,8	3,0	1200	5	2,2	2,2	2,9	3,2	1200	5	1,9	2,0	2,7	2,7
9	62	10	1,6	2,6	3,0	3,1	1200	10	2,7	2,7	3,1	3,2	1200	10	2,9	2,5	2,9	3,0
Плоды шиповника																		
1	186	15	3,7	3,8	3,8	3,7	1600	15	4,2	3,8	3,8	3,6	1600	15	5,2	3,8	4,0	3,8
2	186	5	2,4	2,5	3,4	3,4	1600	5	2,8	2,5	3,4	3,4	1600	5	3,2	2,9	3,6	3,6
3	186	10	3,1	3,1	3,7	3,5	1600	10	3,7	3,1	3,6	3,5	1600	10	4,3	3,4	3,8	3,7
4	124	15	2,7	3,7	3,6	3,6	1400	15	3,9	3,7	3,5	3,5	1400	15	5,1	3,7	3,5	3,6
5	124	5	1,9	2,3	3,4	3,4	1400	5	2,9	2,3	3,4	3,4	1400	5	3,2	2,9	3,4	3,3
6	124	10	2,3	2,9	3,5	3,5	1400	10	3,5	2,9	3,2	3,5	1400	10	4,3	3,3	3,2	3,6
7	62	15	2,4	3,4	3,4	3,3	1200	15	3,1	3,4	3,3	3,5	1200	15	3,9	3,4	3,3	3,6
8	62	5	1,3	2,4	2,9	2,9	1200	5	2,2	2,4	2,9	3,3	1200	5	2,2	2,6	2,9	3,1
9	62	10	1,8	2,7	3,3	3,0	1200	10	2,8	2,7	3,3	3,3	1200	10	3,2	3,0	3,3	3,4
Корень копеечника																		
1	186	15	3,9	3,7	4,0	3,8	1600	15	4,3	3,6	3,9	3,8	1600	15	4,4	3,7	3,8	3,8
2	186	5	2,4	2,8	3,4	3,4	1600	5	3	2,6	3,4	3,5	1600	5	3,1	2,8	3,5	3,5
3	186	10	3,2	3,4	3,8	3,7	1600	10	3,7	3,3	3,7	3,7	1600	10	3,9	3,4	3,7	3,7
4	124	15	2,7	3,6	3,7	3,6	1400	15	4,1	3,4	3,7	3,7	1400	15	4,4	3,7	3,8	3,7
5	124	5	1,8	2,6	3,4	3,3	1400	5	2,9	2,5	3,4	3,5	1400	5	2,9	2,7	3,4	3,5
6	124	10	2,3	3,2	3,6	3,5	1400	10	3,6	3	3,6	3,6	1400	10	3,7	3,3	3,6	3,6
7	62	15	2,5	3,4	3,5	3,3	1200	15	3,2	3,2	3,6	3,5	1200	15	3,8	3,6	3,6	3,7
8	62	5	1,2	2,7	3,0	3	1200	5	2,3	2,3	3,2	3,4	1200	5	2,0	2,6	3,3	3,3
9	62	10	1,9	3	3,3	3,2	1200	10	2,8	2,8	3,4	3,5	1200	10	3,1	3,3	3,4	3,4

По результатам проведенных экспериментов в экстракторе Сокслета видно, что оцениваемый показатель содержания сухих веществ в полученной настойке напрямую зависит от количества загружаемого сырья в аппарат и продолжительности процесса. По результатам экспериментов в роторно-пульсационном аппарате можно сделать вывод, что на отклик содержания сухих веществ экстракта из плодов шиповника, гриба чага и корня копеечника оказывает влияние число оборотов ротора n , чуть в меньшей степени оказывает влияние продолжительность экстрагирования t . В каждом случае наилучшие результаты получаются при числе оборотов n от 1350 до 1500. На вкусоароматические показатели значительное влияние оказывает число оборотов ротора n и чуть в меньшей степени продолжительность экстрагирования t [11].

При экстрагировании в центробежном экстракторе на зависимость содержания сухих веществ в экстракте из плодов шиповника, гриба чага и корня копеечника оказывает влияние число оборотов ротора n . В меньшей степени продолжительность экстрагирования t . Высокие показатели по выходу сухих веществ из сырья достигаются за счет того, что РПА обладает дезинтегрирующими свойствами. Сырье любой структуры подвергается гидромеханической обработке, что в результате приводит к повышенному выходу сухих веществ.

Выводы. Проведенное исследование позволяет оценить эффективность рассмотренных конструкций экстракторов в системе «твердое тело – жидкость». В зависимости от структуры растительного сырья меняется и тип аппарата.

Экстрактор Сокслета показывает высокую эффективность проведения процесса экстрагирования на сырье с большими порами в структуре. Пары спирта проникают глубоко внутрь материала и извлекают компоненты наиболее полно. Но длительность процесса при этом повышается. Из самых главных плюсов данного аппарата выделяется значительно меньшее требуемое количество растворителя. Так как происходит его постоянная циркуляция во всем объеме аппарата.

Центробежный экстрактор и роторно-пульсационный аппарат показывают большую эффективность, так как оказывают гидромеханическое воздействие на любое сырье.

Самым универсальным аппаратом является роторно-пульсационный аппарат, так как во время его работы происходит измельчение сырья до размеров 0,01 мм. Вследствие чего растительное

сырье наиболее полно отдает целевые компоненты с небольшими затратами времени.

Дегустационная оценка образцов полученных настоек показала хорошие результаты, все образцы получили высокие баллы по вкусу, цвету и аромату независимо от конструкции экстрактора. Следовательно, рассмотренные аппараты могут широко применяться для производства настоек из растительного сырья. Но отдельно необходимо проводить подбор конструкций в зависимости от внутренней структуры обрабатываемого сырья. Правильный подбор производственного оборудования впоследствии позволит снизить себестоимость и затраты на продукцию, тем самым повысив эффективность всего производства в целом.

Литература

1. *Borodulin D.* The use of Soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials / *Dmitrii Borodulin, Maksim Prosin, Igor Bakin, Boris Lobasenko, Marina Potapova and Aleksei Shalev* // E3S Web Conf. Volume 175, 2020. Article Number 08010. 10 p. DOI: 10.1051/e3sconf/202017508010
2. Исследование влияния микроволнового воздействия на процесс созревания висковых дисциллятов / *Д.М. Бородулин, М.В. Просин, М.Н. Потанова* [и др.] // Хранение и переработка сельхозсырья. 2019. № 4. С. 141–153. DOI: 10.36107/spfp.2019. 154.
3. Исследование процесса экстрагирования дикорастущих ягод Сибири с использованием биокаталитических методов / *Е.А. Овсянникова, Т.Ф. Киселева, А.Н. Потанов* [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2012. № 4 (27). С. 110–114.
4. Разработка экстракторов для системы «твердое тело – жидкость» / *А.Н. Потанов, М.В. Просин, А.М. Магилина* [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 3 (30). С. 80–85.
5. Роторно-пульсационные аппараты для экстрагирования в системе твердое тело – жидкость / *М.В. Просин, А.Н. Потанов, А.С. Иванова* [и др.] // Известия вузов «Прикладная химия и биотехнология». 2014. № 5 (10). С. 70–76.
6. Определение рациональных технологических параметров работы экстрактора Сокслета при получении спиртовой настойки из ягод клюквы / *Б.Н. Федоренко, Д.М. Бородулин, М.В. Просин* [и др.] // Техника и

- технология пищевых производств. 2020. Т. 50, № 1. С. 115–123. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123.
7. Мухлыгин М.В., Комарова Е.А. Разработка и исследование экстрактора центробежного типа // Пищевые инновации и биотехнологии: мат-лы междунар. науч. конф. Кемерово, 2015. С. 180–182.
 8. Просин М.В. Усовершенствование экстракторов для системы твердое тело – жидкость // Научный вклад молодых ученых в развитие пищевой и перерабатывающей промышленности АПК: сб. науч. тр. VII конф. молодых ученых и специалистов научно-исследовательских институтов Отделения хранения и переработки сельскохозяйственной продукции Россельхозакадемии / ГНУ ВНИМИ Россельхозакадемии. М., 2013. С. 370–374.
 9. Разработка хлебопекарных композитных смесей для здорового питания/ Е.В. Невская, И.А. Тюрина, О.Е. Тюрина [и др.] // Техника и технология пищевых производств. 2019. № 49 (4). С. 531–544.
 10. Теоретическое и экспериментальное исследование характеристик роторно-пульсационного аппарата / В.М. Фомин, А.В. Федоров, Т.А. Хмель [и др.] // Инженерно-физический журнал. 2008. № 5 (81). С. 817–825.
 11. Ультразвук. Аппараты и технологии / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, С.С. Хмелев [и др.]. Барнаул: Бия, 2015. 687 с.
4. Razrabotka `ekstraktorov dlya sistemy «tverdoe telo – zhidkost'» / A.N. Potapov, M.V. Prosin, A.M. Magilina [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2013. № 3 (30). S. 80–85.
 5. Rotorno-pul'sacionnye apparaty dlya `ekstragirovaniya v sisteme tverdoe telo – zhidkost' / M.V. Prosin, A.N. Potapov, A.S. Ivanova [i dr.] // Izvestiya vuzov «Prikladnaya himiya i biotehnologiya». 2014. № 5 (10). S. 70–76.
 6. Opredelenie racional'nyh tehnologicheskikh parametrov raboty `ekstraktora Soksleta pri poluchenii spirtovoj nastojki iz yagod klyukvy / B.N. Fedorenko, D.M. Borodulin, M.V. Prosin [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2020. T. 50, № 1. S. 115–123. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123.
 7. Muhlygin M.V., Komarova E.A. Razrabotka i issledovanie `ekstraktora centrobezhnogo tipa // Pischevye innovacii i biotehnologii: mat-ly mezhdunar. nauch. konf. Kemerovo, 2015. S. 180–182.
 8. Prosin M.V. Usovershenstvovanie `ekstraktorov dlya sistemy tverdoe telo – zhidkost' // Nauchnyj vklad molodyh uchenyh v razvitie pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK: sb. nauch. tr. VII konf. molodyh uchenyh i specialistov nauchno-issledovatel'skikh institutov Otdeleniya hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii Rossel'hoz akademii / GNU VNIMI Rossel'hoz akademii. M., 2013. S. 370–374.
 9. Razrabotka hlebopekarnyh kompozitnyh smesej dlya zdorovogo pitaniya/ E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2019. № 49 (4). S. 531–544.
 10. Teoreticheskoe i `eksperimental'noe issledovanie harakteristik rotorno-pul'sacionnogo apparata / V.M. Fomin, A.V. Fedorov, T.A. Hmel' [i dr.] // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 2008. № 5 (81). S. 817–825.
 11. Ul'trazvuk. Apparaty i tehnologii / V.N. Hmelev, A.V. Shalunov, S.S. Hmelev [i dr.]. Barnaul: Biya, 2015. 687 s.

References

1. Borodulin D. The use of Soxhlet extractor for the production of tinctures from plant raw materials / Dmitrii Borodulin, Maksim Prosin, Igor Bakin, Boris Lobasenko, Marina Potapova and Aleksei Shalev // E3S Web Conf. Volume 175, 2020. Article Number 08010. 10 p. DOI: 10.1051/e3sconf/202017508010
2. Issledovanie vliyaniya mikrovolnovogo vozdeystviya na process sozrevaniya viskovykh discillyatov / D.M. Borodulin, M.V. Prosin, M.N. Potapova [i dr.] // Hranenie i pererabotka sel'hozsyrya. 2019. № 4. S. 141–153. DOI: 10.36107/spfp.2019.154.
3. Issledovanie processa `ekstragirovaniya dikorastuschih yagod Sibiri s ispol'zovaniem biokataliticheskikh metodov / E.A. Ovsyanikova, T.F. Kiseleva, A.N. Potapov [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2012. № 4 (27). S. 110–114.
4. Razrabotka `ekstraktorov dlya sistemy «tverdoe telo – zhidkost'» / A.N. Potapov, M.V. Prosin, A.M. Magilina [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2013. № 3 (30). S. 80–85.
5. Rotorno-pul'sacionnye apparaty dlya `ekstragirovaniya v sisteme tverdoe telo – zhidkost' / M.V. Prosin, A.N. Potapov, A.S. Ivanova [i dr.] // Izvestiya vuzov «Prikladnaya himiya i biotehnologiya». 2014. № 5 (10). S. 70–76.
6. Opredelenie racional'nyh tehnologicheskikh parametrov raboty `ekstraktora Soksleta pri poluchenii spirtovoj nastojki iz yagod klyukvy / B.N. Fedorenko, D.M. Borodulin, M.V. Prosin [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2020. T. 50, № 1. S. 115–123. DOI: 10.21603/2074-9414-2020-1-115-123.
7. Muhlygin M.V., Komarova E.A. Razrabotka i issledovanie `ekstraktora centrobezhnogo tipa // Pischevye innovacii i biotehnologii: mat-ly mezhdunar. nauch. konf. Kemerovo, 2015. S. 180–182.
8. Prosin M.V. Usovershenstvovanie `ekstraktorov dlya sistemy tverdoe telo – zhidkost' // Nauchnyj vklad molodyh uchenyh v razvitie pischevoj i pererabatyvayushej promyshlennosti APK: sb. nauch. tr. VII konf. molodyh uchenyh i specialistov nauchno-issledovatel'skikh institutov Otdeleniya hraneniya i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii Rossel'hoz akademii / GNU VNIMI Rossel'hoz akademii. M., 2013. S. 370–374.
9. Razrabotka hlebopekarnyh kompozitnyh smesej dlya zdorovogo pitaniya/ E.V. Nevskaya, I.A. Tyurina, O.E. Tyurina [i dr.] // Tehnika i tehnologiya pischevyh proizvodstv. 2019. № 49 (4). S. 531–544.
10. Teoreticheskoe i `eksperimental'noe issledovanie harakteristik rotorno-pul'sacionnogo apparata / V.M. Fomin, A.V. Fedorov, T.A. Hmel' [i dr.] // Inzhenerno-fizicheskij zhurnal. 2008. № 5 (81). S. 817–825.
11. Ul'trazvuk. Apparaty i tehnologii / V.N. Hmelev, A.V. Shalunov, S.S. Hmelev [i dr.]. Barnaul: Biya, 2015. 687 s.