

УДК 66.061.34: 54.06

Повышение эффективности извлечения биоактивных соединений плодов жимолости в вибрационном экстракторе

Срокопуд Александр Филиппович

профессор

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

E-mail: aleksandr.sorocopud@gmail.com

Мустафина Анна Сабирдзяновна

доцент

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

E-mail: mustafina_as@mail.ru

Бакин Игорь Алексеевич

доцент

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

E-mail: bakin@kemsu.ru

Игушов Николай Викторович

аспирант

ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»

Адрес: 650043, г. Кемерово, ул. Красная, д. 6

E-mail: nikolai.igushov@ya.ru

Публикация посвящена исследованию экстрактора с вибрационной насадкой для извлечения биоактивных соединений из плодово-ягодного сырья. Установлено, что процесс ускоряется за счет эффекта байпасирования фаз через кольцевую щель между тарелкой и корпусом. Получены рекомендации по конструктивным параметрам вибрационной тарелки, позволяющим повысить эффективность процесса экстрагирования жимолости голубой.

Ключевые слова: экстрагирование, колебания, жимолость, эффективность, экстрактор

Аппараты с вибрационной насадкой используются в технологическом оформлении процессов экстрагирования в пищевой, фармацевтической, химической и других смежных отраслях промышленности (Городецкий, 1980, с. 7-8; Касаткин, 2014, с. 633). Аппараты имеют ряд достоинств, основными из которых являются

низкие удельные капиталовложения и эксплуатационные затраты (Остриков, 2012, с. 558; Оробинская, 2015), кроме того они обладают высокой производительностью при обеспечении эффективности осуществляемых процессов (Аксельруд, 1974, с. 210); простотой конструкции и низкой металлоёмкостью; характеризуются

энергоэффективностью при создании низкочастотных механических колебаний (НЧМК) во всем объеме системы «жидкость – твердое тело» (Шишацкий, 2018).

Экстракты из растительного сырья составляют основу многих продуктов питания, поскольку содержат полноценный комплекс природных биоактивных соединений (Школьникова, 2013). Для расширения объема и ассортимента выпуска пищевых продуктов требуется комплексное решение вопроса получения экстрактов с повышенным содержанием биологически активных веществ наиболее эффективными способами (Бакин, 2016; Попов, 2009; Кравченко, 2018; Li, 2017).

Плоды жимолости являются ценным источником природных биоактивных соединений, которые хорошо сохраняются в условиях низкотемпературного хранения (Khattab, 2015; Skrovankova, 2015). Культура при этом хорошо районирована в условиях Сибири, дает устойчивые урожаи, продукты переработки пользуются спросом у потребителей (Боярских, 2018; Елисеева, 2013; Колесниченко, 2013; Сорокопудов, 2013; Тимошин, 2010). Экстракты из плодов жимолости используются в технологии продуктов общественного питания, а также как функциональные добавки.

Процесс переработки замороженного плодово-ягодного сырья для получения жидких водных и этанольных экстрактов существенно интенсифицируется с использованием аппаратов с вибрационной насадкой, при этом уменьшаются потери (Сорокопуд, 2017а). В работе (Ворыханов, 2012) приведены результаты использования вибрационного экстрактора периодического действия для отмывки слизи с поверхности зёрен льна, в результате чего значительно улучшаются условия дальнейшей переработки.

Несмотря на отмеченные достоинства вибрационных экстракторов, ряд вопросов, касающихся конструктивного исполнения насадок аппарата, исследован недостаточно полно. Как отмечается в работе (Городецкий, 1980, с. 32-33), конструкция насадки является важным параметром, определяющим технико-экономические показатели работы вибрационных аппаратов этого типа. Ранее установлено (Городецкий, 1980, с. 32-33), что кольцевой зазор между диском насадки и корпусом аппарата приводит к байпасированию перерабатываемых

фаз, что снижает эффективность осуществляемых процессов. Уменьшить эффект байпасирования можно путём подбора рациональной высоты отбортовки (L , мм) – кольца, установленного по периферии вибрационного диска, направленного в сторону дна аппарата. Конструктивное решение позволяет создавать направленные в сторону дна импульсы НЧМК. Кольцевой зазор между вибрационной насадкой (диском) и корпусом аппарата обычно принимается по рекомендациям (Сорокопуд, 2017б) величиной не более 2 мм. Кроме того, конструкция отбортовки на диске дает возможность создавать дополнительное сопротивление байпасируемым потокам, проходящим через кольцевой зазор вибрационных насадок. В проведенных ранее исследованиях получены рекомендации по подбору высоты отбортовки в пределах 12-16 мм. Однако, с учетом того, что диапазон этих конструктивных параметров превышает примерно в 2 раза амплитуды вибрационных колебаний, требуется определить совместное влияние конструктивных и режимных параметров работы аппарата. Нахождение рациональных параметров конструкции вибрационных насадок аппарата позволит повысить эффективность извлечения экстрактивных веществ из растительного сырья, что является актуальным для предприятий пищевой промышленности.

Цель работы заключалась в установлении рациональных конструктивных параметров вибрационного экстрактора, позволяющих повысить эффективность извлечения биоактивных соединений плодового сырья. Предметом исследований являлось нахождение закономерностей процессов экстрагирования плодового сырья в вибрационном аппарате с насадками в виде тарелок с отбортовкой.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследований в экспериментах использовались замороженные плоды жимолости голубой (лат. *Lonicera caerulea*), урожая 2016 - 2017 гг., район сбора в Кемеровском районе Кемеровской области, подвергшиеся шоковой заморозке в скороморозильном агрегате и хранившиеся при температуре -18°C до 6 месяцев.

Опыты проводились на вибрационном аппарате с внутренним диаметром корпуса 0,15 м (Сорокопуд, 2017б), в котором размещалась вибрационная

насадка в виде перфорированного диска толщиной 0,0025 м и диаметром 0,146 м. На диске выполнены перфорированные отверстия диаметром 0,0025 м с площадью живого сечения 16,5%. Диаметр отверстий для переработки плодового сырья обоснован в работах (Сорокопуд, 2017а; Сорокопуд, 2017б). Дно аппарата имеет плоское исполнение, тарелка устанавливалась параллельно дну на расстоянии 0,045 – 0,047 м. В ходе исследований высота отбортовки диска изменяли в пределах $L=8...22$ мм.

При работе аппарата вибрационная насадка жестко закреплялась на вертикальном штоке, совершающий возвратно-поступательные движения в вертикальной плоскости с постоянной частотой 10 Гц и амплитудой 0,007 м. В качестве привода использовался электродвигатель постоянного тока, снабжённый кривошипно-шатунным механизмом. В сеть электродвигателя подключен диодный мост и автотрансформатор, с помощью которого устанавливались заданные параметры НЧМК. Частота вращения вала привода соответствовала частоте колебаний вибрационной насадки и контролировалась с помощью тахометра Т4-10Р (класс точности 1), замеры потребляемой мощности производились ваттметром Д5016 (класс точности 0,2).

Исследования процесса экстрагирования проводились по отработанной методике (Сорокопуд, 2017а), согласно которой предварительно в рабочий объём аппарата помещаются замороженные плоды жимолости массой 0,3 кг, далее заливается экстрагент (вода питьевая температурой 18...20°C), в рабочий объём вводится вибрационная насадка, после чего включается привод, создающий НЧМК в обрабатываемой системе. Значение величины гидромодуля (соотношение фаз твёрдой (Т) и жидкой (Ж)), оставалось постоянным и составляло $(Т/Ж) = (1/3)$. Процесс осуществлялся в течении 25...30 минут при постоянных параметрах работы аппарата, далее с интервалом в 1 минуту отбирались пробы жидкой фазы и снимались показания энергозатрат с помощью ваттметра. Пробы жидкой фазы фильтровались через бумажный фильтр и далее определялись показатели: концентрация сухих водорастворимых веществ ($C_{сх}$, %масс.) с использованием рефрактометра ИРФ-454Б2М; содержание витамина С - йодометрическим титрованием (C_v , мг%); содержание флавоноидов – спектрофотометрическим методом ($C_{пф}$, мг%). Измерение всех контролируемых параметров осуществлялось не менее чем в 3-х кратных

повторностях, отклонение результатов замеров не превышало 4%. Анализ и последующая обработка результатов измерений проводилась с использованием пакетов статистических программ на ЭВМ.

Эффективность извлечения сухих водорастворимых веществ ($C_{сх}$), витамина С (C_v) и полифенольных ($C_{пф}$) веществ предложено оценивать по выражению (1):

$$\mathcal{E} = \frac{\sum C}{\int N}, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – эффективность; N - полная затраченная мощность (разность мощности на холостом ходе и полезной мощности на рабочем режиме), Вт; C – показатель, характеризующий содержание биоактивных соединений в исследуемых пробах.

Полная затраченная мощность (N) рассчитывалась как подынтегральная площадь за общее время (t) эксперимента (2):

$$N = \int_{i=0}^n \frac{dN_i}{dt}, \quad (2)$$

где N_i – разность между мощностью холостого хода ($N_{сх}$) и измеренной мощностью ($N_{изм}$) в заданный момент времени при проведении эксперимента:

$$N_i = N_{сх} - N_{изм}, \quad (4)$$

Выбор параметров работы аппарата: частота 10 Гц; амплитуда 7 мм; гидромодуль 1/3; диаметр 0,0025 м - принят на основе анализа литературных данных и результатов собственных предварительных исследований процесса экстрагирования (Сорокопуд, 2017а).

Результаты и их обсуждение

Влияние конструктивных параметров на выход сухих веществ

Проведены экспериментальные исследования по изучению влияния основного конструктивного параметра вибрационных тарелок (высота отбортовки) на изменение концентрации сухих веществ в экстракте плодов жимолости. Полученные данные представлены в Таблице 1.

Таблица 1
Изменение концентрации сухих веществ в экстракте

№ / время (минута)	высота отбортовки						
	8 мм	10 мм	12 мм	14 мм	18 мм	20 мм	22 мм
0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4
2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,7	1,8	1,8
3	1,3	1,3	1,4	1,7	1,8	1,8	1,85
4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,8	1,8	1,85
5	1,5	1,7	1,7	1,8	1,8	1,8	1,85
6	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85
7	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85
8	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85
9	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85
10	1,5	1,7	1,8	1,8	1,8	1,8	1,85

Анализ полученных значений показывает, что концентрация сухих веществ в экстракте возрастает с увеличением высоты отбортовки, при этом время достижения максимальной концентрации $C_{сх}$ уменьшается с ростом L . Максимальное значение концентрации $C_{сх}$ достигается уже при значении конструктивного параметра $L=12$ мм. Обработка данных с использованием методов регрессионного анализа позволила получить уравнение множественной регрессии в натуральном виде (4):

$$C_{сх} = -0,346 + 0,454 \cdot t + 0,084 \cdot L - 0,033 \cdot t^2 - 0,001 \cdot t \cdot L - 0,002 \cdot L^2, \quad (4)$$

Значимость уравнения регрессии (4) оценивалась с использованием F -критерия, при доверительном уровне 95% значение коэффициента множественной корреляции R^2 составило 0,93. Анализ уравнения (4) показывает, что продолжительность процесса в большей степени влияет на выход сухих растворимых веществ в раствор, в то время, как совместное воздействие исследуемых факторов проявляется в меньшей степени.

Исследование экстрагирования витамина С

При исследовании выхода биоактивных веществ

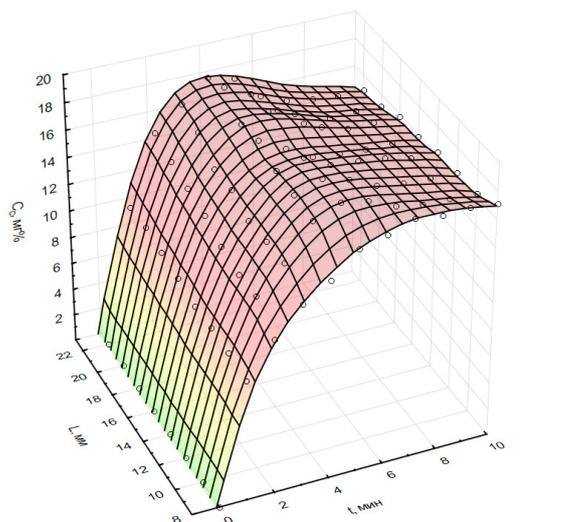


Рисунок 1. Изменение концентрации витамина С в экстракте.

Из Рисунка 1 следует, что зависимость по изменению содержания витамина С от исследуемых факторов имеет сложный характер. Первоначально, при увеличении продолжительности экстрагирования до 4 минут наблюдается рост выхода этого целевого компонента. После 5 минут извлечения происходит замедление процесса, что можно объяснить достижением равновесного состояния в исследуемой системе. При времени экстрагирования более 7 минут наблюдается уменьшение концентрации активного компонента вследствие влияния механического воздействия вибрационных тарелок, окисления кислородом воздуха и распада витамина С до значения 16 мг%. Концентрация витамина С в экстракте в исследованном диапазоне изменения параметров практически не зависит от изменения высоты отбортовки тарелки. Для количественного описания результатов эксперимента использовались процедуры регрессионного анализа. Полученное уравнение в натуральном виде (доверительный интервал 95%, значение коэффициента множественной корреляции $R^2 = 0,95$) представлено в виде полинома второй степени:

$$C_c = -0,448 + 5,23 \cdot t + 0,325 \cdot L - 0,37 \cdot t^2 - 0,034 \cdot t \cdot L - 0,004 \cdot L^2, \quad (5)$$

Из уравнения регрессии (5) следует, что время экстрагирования имеет положительную корреляцию с выходом и в большей степени влияет на процесс, чем изменение конструктивного параметра.

Исследование экстрагирования фенольных веществ

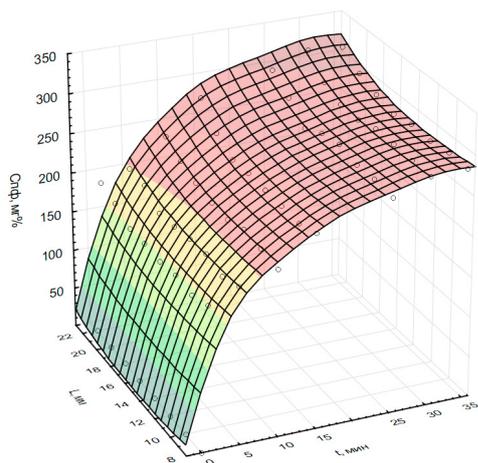


Рисунок 2. Изменение концентрации полифенольных веществ в растворе.

Из анализа зависимости на Рисунке 2 следует, что увеличение высоты отбортовки повышает содержание фенольных веществ в экстракте, которое достигает максимума при $L=22$ мм. Статистическая обработка опытных данных позволила получить регрессионное уравнение (6), которое показывает зависимость влияния высоты отбортовки тарелки и продолжительности процесса извлечения на изменение содержания полифенольных ($C_{пф}$) веществ в растворе.

$$C_{пф} = 136,88 + 14,61 \cdot t - 7,76 \cdot L - 0,2788 \cdot t^2 + 0,032 \cdot t \cdot L + 0,283 \cdot L^2, \quad (6)$$

Анализ полученного уравнения множественной регрессии (при доверительном интервале 95%, $R^2 = 0,93$) позволяет сделать предположение о значимости такого параметра, как высота отбортовки, на выход активных компонентов в раствор. При значениях L более 16 мм наблюдается увеличение выхода компонентов на 20%. Все это свидетельствует о том, что увеличение высоты отбортовки интенсифицирует процесс извлечения целевых компонентов в аппарате с вибрационной тарелкой, образующей НЧМК: увеличение высоты отбортовки создает большее сопротивление байпасированию фаз через кольцевую щель между тарелкой и корпусом. Увеличение высоты отбортовки усиливает эффекты сжатия и растяжения, накладываемые на фрагменты твердой фазы.

Изучение энергозатрат в процессе экстрагирования

В ходе исследований получено, что характер

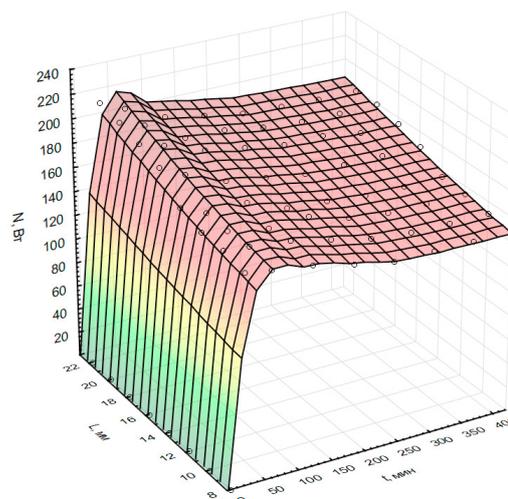


Рисунок 3. Изменение энергозатрат в процессе экстрагирования.

Влияние высоты отбортовки и времени на энергозатраты отражено в уравнении регрессии в натуральном виде:

$$N = 75,074 + 0,696 \cdot t + 1,029 \cdot L - 0,0015 \cdot t^2 + 0,0012 \cdot t \cdot L + 0,04 \cdot L^2, \quad (7)$$

Анализ полученных результатов (Рисунок 3, Таблица 2) показывает, что увеличение высоты отбортовки позволяет интенсифицировать процесс извлечения биоактивных компонентов из плодов жимолости, однако энергозатраты возрастают при некотором снижении времени.

Анализ эффективности процесса экстрагирования

В Таблице 2 представлены сравнительные данные расчета эффективности по формулам (1), (2), (3) и результаты их обработки.

Формулу (1) рекомендовано использовать для анализа энергоэффективности процесса при переработке замороженных плодов жимолости, вследствие особенностей процесса извлечения биологически активных веществ из такого сырья, а также из-за условий проведения эксперимента (Сорокопуд, 2017а). Как следует из графиков на Рисунке 1 и 2, процесс извлечения компонентов из замороженных плодов жимолости происходит достаточно быстро, достижение максимальной концентрации витамина С и сухих растворимых веществ фиксируется в пределах пяти минут. При проведении эксперимента период отбора проб был принят равным одной минуте, что обусловлено необходимостью оперативного проведения

Таблица 2
Результаты эксперимента

№ / время (минута)	Отбортовка, мм	$\Sigma C_{\text{сх}}$, %масс	$\Sigma C_{\text{е}}$, мг%	$\Sigma C_{\text{пф}}$, мг%	N, Вт	$\mathcal{E}_{\text{сх}}$	$\mathcal{E}_{\text{е}}$	$\mathcal{E}_{\text{пф}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	8	14	150,5	1659	17,66	0,79	8,52	31,30
2	10	15,3	155,4	1643	18,11	0,84	8,58	30,24
3	12	16,2	155,3	1656	18,31	0,88	8,48	30,14
4	14	16,8	155,6	1654	18,57	0,90	8,38	29,68
5	16	17,2	155,5	1640	19,83	0,87	7,74	27,58
6	18	17,3	157,1	1637	21,02	0,82	7,48	25,97
7	20	17,5	155,6	1732	21,24	0,82	7,32	27,17
8	22	18	155	1841	21,4	0,84	7,25	28,69

анализов на содержание витамина С, т.к. через 10-15 минут концентрация может уменьшаться от 2 до 9%, в зависимости от условий окружающей среды. Учитывая все вышесказанное, в случае, когда разница во времени достижения максимальной концентрации будет равной одной минуте, при одинаковых максимальных значениях, получили разницу в эффективности порядка 20%. Исходя из этого, предложенная для расчета энергоэффективности формула (1), в которой считается эффективность как сумма полученных результатов за весь эксперимент, является более точной, т.к. учитывает, как максимальные значения, так и скорость изменения концентраций в процессе эксперимента.

Заключение

На основании проведенных исследований установлена перспективность использования экстрактора с вибрационной насадкой для извлечения биоактивных соединений из плодово-ягодного сырья. Получены рекомендации по конструктивным параметрам вибрационной тарелки, позволяющим повысить эффективность процесса экстрагирования. Установлено, что увеличение высоты отбортовки тарелки до 12-16 мм (при размещении насадки на высоте 0,045...0,047 м от дна аппарата) повышает концентрацию активных компонентов в экстракте, снижает время достижения максимальной концентрации, что особенно важно для витамина С в связи с высокой чувствительностью его к режимам переработки.

Исследовано влияние конструкции отбортовки вибрационной тарелки на энергоэффективность процесса экстрагирования. Предложена расчётная формула для нахождения эффективности

извлечения биоактивных веществ, учитывающая время достижения максимальной концентрации активных компонентов.

Литература

- Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система «твердое тело - жидкость»). Л.: Химия, 1974. 256 с.
- Бакин И.А. Мустафина А.С., Лунин П.Н. Влияние комплексных технологических приемов обработки на экстрагирование ягодного сырья // Известия вузов. Пищевая технология. 2016. № 5-6 (353-354). С. 24-27.
- Боярских И.Г., Васильев В.Г., Кукушкина Т.А. Содержание биологически активных полифенолов *Lonicera Caerulea subsp. pallasii* в природе и культуре // Химия растительного сырья. 2018. № 2. С. 89-96. DOI: 10.14258/jcrpm.2018023452
- Городецкий И.Я. и др. Вибрационные массообменные аппараты. М.: Химия, 1980. 190 с.
- Елисеева Л.Г., Блинникова О.М. Ягоды жимолости съедобной - богатый источник биологически активных веществ // Хранение и переработка сельхозсырья. 2013. № 7. С. 18-21.
- Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Альянс, 2014. 752 с.
- Колесниченко М.Н., Козубаева Л.А. Химический состав и применение плодов жимолости // Современные проблемы техники и технологии пищевых производств: материалы XIV Международной научно-практической конференции. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. С. 20-21.
- Оробинская В.Н., Писаренко О.Н. Разработка малоотходной технологии экстрагирования

- биологически активных веществ из плодово-ягодного сырья методом низкочастотного вибрационного воздействия // *Международный научно-исследовательский журнал*. 2015. № 7. (38). Часть 2. С. 117-122.
- Попов А.М., Кравченко С.Н., Елькина О.В. Рынок экстрактов и обогащенных ими продуктов (г. Новокузнецк) // *Практический маркетинг*. 2009. № 3 (145). С. 31-34.
- Остриков А.Н. и др. Процессы и аппараты пищевых производств. СПб.: ГИОРД, 2012. 616 с.
- Кравченко С.Н. и др. Совершенствование процесса экстрагирования в производстве быстрорастворимых напитков // *Хранение и переработка сельхозсырья*. 2018. № 1. С. 5-10.
- Сорокопудов В.Н. и др. Совершенствование сортимента нетрадиционных садовых культур России // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 11-1. С. 115-121.
- Ворыханов А.Е. и др. Совершенствование технологии переработки льна и использованием вибрационного экстрактора // *Техника и технология пищевых производств*. 2012. № 24. С. 103-107.
- Сорокопуд А.Ф., Игушов Н.В. Особенности переработки замороженных плодов жимолости в аппарате с вибрационной тарелкой // *Вестник Международной академии холода*. 2017а. № 3. С. 3-9.
- Сорокопуд А.Ф., Игушов Н.В., Мустафина А.С., Варфаломеева И.Ю. Способ получения экстрактов: пат. 2624958 Рос. Федерация; заявл. 16.11.2015; опубл. 11.07.2017б. Бюл. № 20. 3 с.
- Тимошин А.В. Качественный состав плодов жимолости различных сортов, введенных в культуру в Красноярском крае // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. 2010. № 7 (46). С. 52-54.
- Шишацкий Ю.И., Никель С.А., Буданов А.В., Власов Ю.Н. Влияние наложения низкочастотных механических колебаний на эффективность экстрагирования // *Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий*. 2018. Т. 80. № 1 (75). С. 25-29.
- Школьникова М.Н., Аверьянова Е.В. Практические аспекты использования растительного сырья Алтайского края в производстве многокомпонентных напитков // *Ползуновский вестник*. 2013. № 4-4. С. 168-172.
- Celli G.B., Ghanem A., Su Ling Brooks M. Haskap berries (*Lonicera caerulea* L.) - a critical review of antioxidant capacity and health-related studies for potential value-added products // *Food Bioprocess Technol*. 2014. No. 7. pp. 1541-1554.
- Li F., Chen G., Zhang B., Fu X. Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents // *Food Research International*. 2017. Vol. 100. Part 2. P. 19-30. doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.035
- Rupasinghe H.P.V., Arumuggam N., Amararathna M., de Silva A.B.K.H. The potential health benefits of haskap (*Lonicera caerulea* L.): Role of cyanidin-3-O-glucoside // *Journal of Functional Foods*. 2018. Vol. 44. P. 24-39. doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.023
- Hidalgo G.-I., Almajano M.P. Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content, and radical scavenging determination: a review // *Antioxidants*. 2017. Vol. 6. Iss. 1. No. 7. P. 27. doi: 10.3390/antiox6010007
- Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka I. Iridoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevest.) // *Molecules*. 2017. Vol. 22. Iss. 3. No. 405. P. 20. doi:10.3390/molecules22030405
- Khatab R., Celli G.B., Ghanem A., Brooks M.S.-L. Effect of frozen storage on polyphenol content and antioxidant activity of haskap berries (*Lonicera caerulea* L.) // *Journal of Berry Research*. 2015. Vol. 5. No. 4. P. 231-242. doi: 10.3233/JBR-150105
- Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries // *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. No. 16. P. 24673-24706. doi:10.3390/ijms161024673

An Increasing of Extraction Efficiency of Bioactive Agents of a Honeysuckle Berries in a Vibration Extractor

Alexander F. Sorokopud

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, Russian Federation, 650000
E-mail: aleksandr.sorokopud@gmail.com*

Anna S. Mustafina

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, Russian Federation, 650000
E-mail: mustafina_as@mail.ru*

Igor A. Bakin

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, Russian Federation, 650000
E-mail: bakin@kemsu.ru*

Nikolai V. Igushov

*Kemerovo State University
6 Krasnaya Street, Kemerovo, Russian Federation, 650000
E-mail: nikolai.igushov@ya.ru*

The article is devoted to a research of the extraction device with a vibration nozzle for extraction of bioactive agents from fruit and berry raw materials. It is determined that process accelerates due to effect of a bypassing of phases through a ring slot between a plate and the case. Recommendations about the constructional parameters of a vibration device allow to increase efficiency of extraction of honeysuckle blue berries are obtained.

Keywords: extraction, fluctuations, honeysuckle, efficiency, extractor

References

- Aksel'rud G. A., Lysyanskij, V. M. Ekstragirovanie (sistema "tverdoe telo - zhidkost") (Extraction (solid-liquid system)). L.: Himiya. 1974. 256 s. (in Russian)
- Bakin I.A., Mustafina A.S., Lunin P.N. Vliyanie kompleksnyh tekhnologicheskikh priemov obrabotki na ekstragirovanie yagodnogo syr'ya (Influence of complex technological methods of processing on extraction of berry raw materials) // Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. 2016. No 5-6 (353-354). S 24-27. (in Russian)
- Boyarskih I.G., Vasil'ev V.G., Kukushkina T.A. Soderzhanie biologicheskii aktivnykh polifenolov Lonicera Caerulea subsp. pallasii v prirode i kul'ture (Content of biologically active polyphenols Lonicera Caerulea subsp. pallasii in nature and culture) // Himiya rastitel'nogo syr'ya. 2018. No 2. S. 89-96. DOI: 10.14258/jcprm.2018023452/ (in Russian)
- Celli G.B., Ghanem A., Su Ling Brooks M. Haskap berries (*Lonicera caerulea* L.) - a critical review of antioxidant capacity and health-related studies for potential value-added products. Food Bioprocess Technol. 2014. No. 7. pp. 1541-1554.
- Eliseeva L.G., Blinnikova O.M. Yagody zhimolosti s"edobnoj - bogatij istochnik biologicheskii aktivnykh veshchestv (Berries edible honeysuckle - a rich source of biologically active substances) // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2013. No 7. S. 18-21. (in Russian)
- Fuhua Li, Gu Chen, Bin Zhang, Xiong Fu. Current applications and new opportunities for the thermal and non-thermal processing technologies to generate berry product or extracts with high nutraceutical contents. Food Research International. Volume 100. Part 2. October 2017. pp. 19-30. doi.org/10.1016/j.foodres.2017.08.035.
- H.P.Vasantha Rupasinghe, Niroshaathevi Arumuggam, Madumani Amararathna, A.B.K.H.De Silva. The potential health benefits of haskap (*Lonicera caerulea* L.): Role of cyanidin-3-O-glucoside.

- Journal of Functional Foods. May 2018. Volume 44. pp. 24-39. doi.org/10.1016/j.jff.2018.02.023
- Hidalgo G.-I., Almajano M.P. Red fruits: extraction of antioxidants, phenolic content and radical scavenging determination: a review. *Antioxidants*. 2017. Volume 6. Issue 1. No. 7. 27 p. DOI: 10.3390/antiox6010007.
- Kasatkin A. G. Osnovnye processy i apparaty himicheskoy tekhnologii (Basic processes and apparatus of chemical technology). M.: Al'yans, 2014. 752 s. (in Russian)
- Kolesnichenko M.N., Kozubaeva L.A. Himicheskij sostav i primenenie plodov zhimolosti (Chemical composition and application of honeysuckle fruit) // V sbornike: Sovremennyye problemy tekhniki i tekhnologii pishchevyh proizvodstv : materialy XIV Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Barnaul: Izd-vo AltGTU. 2013. S. 20 - 21. (in Russian)
- Kucharska A.Z., Sokół-Łętowska A., Oszmiański J., Piórecki N., Fecka I. Iridoids, Phenolic Compounds and Antioxidant Activity of Edible Honeysuckle Berries (*Lonicera caerulea* var. *kamtschatica* Sevest.). *Molecules*. 2017. volume 22. Issue 3. No. 405. 20 p. doi:10.3390/molecules22030405
- Orobinskaya V.N., Pisarenko O.N. Razrabotka maloobrodatnoy tekhnologii ekstragirovaniya biologicheskii aktivnyh veshchestv iz plodovoyagodnogo syr'ya metodom nizkochastotnogo vibracionnogo vozdejstviya (Developing of low waste technologies by extraction active compounds from the a fruit raw material of low-frequency vibration exposure) // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. 2015. No 7. (38). Chast' 2. S. 117–122. (in Russian)
- Popov A.M., Kravchenko S.N., El'kina O.V. Rynok ekstraktov i obogashchennyh imi produktov (g. Novokuzneck) (Market extracts and enriched their products (Novokuznetsk)) // Prakticheskij marketing. 2009. No 3. (145). S. 31-34. (in Russian)
- Processy i apparaty pishchevyh proizvodstv (Processes and apparatus of food production) / Ostrikov A.N. (i dr.). SPb.: GIOR. 2012. 616 s. (in Russian)
- Rabie Khattab, Giovana Bonat Celli, Amyl Ghanem and Marianne Su-Ling Brooks. Effect of frozen storage on polyphenol content and antioxidant activity of haskap berries (*Lonicera caerulea* L.). *Journal of Berry Research*. 2015. Volume 5. No 4. pp. 231-242. DOI: 10.3233/JBR-150105
- Shishackij Yu.I., Nikel' S.A., Budanov A.V., Vlasov Yu.N. Vliyanie nalozheniya nizkochastotnyh mekhanicheskikh kolebanij na effektivnost' ekstragirovaniya (Effect of the imposition of low-frequency mechanical oscillations on the extraction efficiency) // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernyh tekhnologij. 2018. T. 80. No 1. (75). S. 25-29. (in Russian)
- Shkol'nikova M.N., Aver'yanova E.V. Prakticheskie aspekty ispol'zovaniya rastitel'nogo syr'ya Altajskogo kraja v proizvodstve mnogokomponentnyh napitkov (Practical use vegetable materials Altai kraj drinks in production multicomponent) // Polzunovskij vestnik. 2013. No 4-4. S. 168-172. (in Russian)
- Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries. *International Journal of Molecular Sciences*. 2015. No. 16. pp. 24673-24706. DOI:10.3390/ijms161024673.
- Sorokopud, A. F., Igushov N. V. Osobennosti pererabotki zamorozhennyh plodov zhimolosti v apparate s vibracionnoj tarelkoj (The processing of honeysuckle frozen fruits in the apparatus with vibrating plate) // Vestnik Mezhdunarodnoj akademii holoda. 2017a. No 3. S. 3–9. (in Russian)
- Sovershenstvovanie processa ekstragirovaniya v proizvodstve bystrorastvorimyyh napitkov (Improvement of the extraction process in the production of instant drinks) / S.N Kravchenko (i dr.) // Hranenie i pererabotka sel'hozsyr'ya. 2018. No 1. S. 5-10. (in Russian)
- Sovershenstvovanie sortimenta netradicionnyh sadovyh kul'tur Rossii (Improvement of assortment of non-traditional garden cultures of Russia). Sorokopudov V.N. (i dr.) // Fundamental'nye issledovaniya. 2013. No 11-1. S. 115-121. (in Russian)
- Sovershenstvovanie tekhnologii pererabotki l'na i ispol'zovaniem vibracionnogo ekstraktora (The improvement of the flax seed processing technology with the use of vibratory extractor). Voryhanov A.E. (i dr.) // Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv. 2012. No 24. pp 103-107. (in Russian)
- Sposob polucheniya ekstraktov (Method for obtaining extracts): pat. 2624958 Ros. Federaciya. Sorokopud A.F., Igushov N. V, Mustafina A.S., Varfalomeeva I.Yu; zayavl. 16.11.2015; opubl. 11.07.2017b. Byul. № 20. 3 s. (in Russian)
- Timoshin A.V. Kachestvennyj sostav plodov zhimolosti razlichnyh sortov, vvedennyh v kul'turu v Krasnoyarskom krae (Quantitative and qualitative structure of the various kinds honeysuckle fruits introduced into culture in Krasnoyarsk city) // Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2010. No 7. (46). S. 52-54. (in Russian)
- Vibracionnyye massoobmennyye apparaty (Vibration mass transfer apparatus) / Gorodeckij Ya. I. (i dr.). M.: Himiya. 1980. 190 s. (in Russian)