

ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСТРАКТОВ ЛИСТЬЕВ КРАПИВЫ ДВУДОМНОЙ И БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ В ВИБРАЦИОННОМ АППАРАТЕ

А.В. Савенко^{1,*}, А.Ф. Сорокопуд², В.В. Гриценко¹

¹Рубцовский индустриальный институт (филиал)
ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»,
658207, Россия, г. Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6

²ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт
пищевой промышленности (университет)»,
650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47

*e-mail: saven21@mail.ru

Дата поступления в редакцию: 02.06.2015

Дата принятия в печать: 08.07.2015

В настоящее время способ экстрагирования в поле низкочастотных механических колебаний можно считать одним из наиболее прогрессивных, но отсутствие необходимых данных сдерживает его применение в промышленных масштабах. В работе представлены результаты исследования процесса экстрагирования водой высушенных листьев крапивы двудомной и березы повислой в поле низкочастотных механических колебаний. Экстрагирование представленным способом характеризуется большим количеством факторов, оказывающих существенное влияние на кинетику и энергозатраты процесса (гидромодуль, частота и амплитуда колебаний, диаметр отверстий перфорированной тарелки, время экстрагирования). Выявить зависимости влияния этих факторов на процесс возможно лишь экспериментальным путем. Для получения необходимого количества данных был поставлен полный факторный эксперимент 2⁵, на основе которых в результате статистической обработки данных были получены экспериментально-статистические модели процесса. Полученные уравнения отображают зависимости изменения основных выходных параметров от изменения основных факторов, влияющих на процесс. Наиболее важными выходными параметрами, широко характеризующими процесс, являются конечная концентрация полученного экстракта и эффективность процесса, отображающая отношение количества полученных экстрактивных веществ к количеству затраченной энергии. В результате математического анализа полученных уравнений были выявлены оптимальные режимы процесса экстрагирования с выполнением условия, согласно которому оптимальным режимом следовало считать тот режим, при котором достигается максимально возможная концентрация для водного экстрагирования данным способом при максимальной эффективности. Достоверность полученных результатов подтверждена серией проверочных опытов, показавших отклонение выходных параметров не более чем на 5 % от расчетных.

Вибрационный аппарат, экстрагирование, оптимизация, листья крапивы, листья березы

Введение

Многовековые традиции российской медицины сформировали высокое доверие к лекарственным растениям практически во всех социальных группах населения. Спрос отечественных покупателей на растительные препараты значительно выше, чем в большинстве развитых стран, где, тем не менее, на долю лекарственных средств растительного происхождения приходится в последние годы около 20–25 % всех выписываемых рецептов [2]. Это связано с рядом преимуществ средств растительного происхождения перед синтетическими, а именно большей биосовместимостью фитопрепаратов, низкой токсичностью, а также утратой многих баз по производству химических субстанций и реактивов, необходимых для их изготовления. Ценным растительным сырьем для производства являются вегетативные органы растений, накапливающие в своих тканях в течение вегетационного периода витамины и полезные вещества [14].

Растения рода крапива и береза с давних пор известны своими полезными и лечебными свойствами. Народная медицина знает крапиву как противогрибковое, кровоостанавливающее средство. Береза

известна своими обеззараживающими, успокаивающими свойствами. Экстракты этих растений постепенно находят место и в пищевой промышленности. Это объясняется богатым химическим составом растений. Известны работы, посвященные изучению влияния экстракта крапивы на технологические свойства мясного фарша и готовой продукции [9]. Экстракт березы оказывает антиоксидантное воздействие на молочные продукты с высоким содержанием влаги [8]. Выпускается концентрированный экстракт листьев крапивы в качестве биологически активной пищевой добавки [1]. Стоит отметить широкую доступность этих растений на территории Алтайского края и всей Сибири. Таким образом, имеются предпосылки к промышленной переработке этих растений, для получения из них веществ, обладающих высокой биологической активностью. Экстрагирование является наиболее простым способом извлечения полезных веществ из растительного сырья с низким содержанием влаги. Литературные данные подтверждают использование в качестве исходного сырья листьев крапивы и березы, так как в этих органах растений накапливается значительное количество питатель-

ных веществ [8, 9]. Немаловажным является изменение содержания полезных веществ в растениях в течение вегетационного периода. Анализируя данные, представленные в работе [11], можно сделать вывод, что благоприятным временем для сбора листьев крапивы является период цветения. Для Сибирского региона это конец июня, начало июля. Наибольшее количество полезных веществ в березовых листьях наблюдается в мае [6]. Наиболее оправданным способом заготовки биомассы растений с точки зрения энергозатрат и последующей переработки является сушка в естественных условиях.

Различие широкого ряда свойств перерабатываемого сырья и содержащихся в нем компонентов, являющихся целевыми в процессе переработки, предопределяет множество способов экстрагирования. Однако можно выделить основные стадии, характерные для процесса экстрагирования твердых тел жидкостью в целом: 1) проникновение экстрагента вглубь частиц твердой фазы; 2) растворение экстрагентом целевых компонентов; 3) перенос масс растворенных компонентов к границе раздела фаз; 4) диффузионно-конвективный перенос растворенных компонентов в объем экстрагента [3].

Важнейшим показателем, характеризующим процесс экстрагирования, является скорость извлечения целевых компонентов, то есть время достижения системой равновесной концентрации. На ход каждой стадии процесса оказывают влияние факторы, во многом определяющие ее динамику. Среди них: степень измельчения растительного сырья; полярность экстрагента; вязкость и поверхностное натяжение растворителя; температура процесса экстрагирования; соотношение твердой и жидкой фаз; количество экстракций; физическое воздействие (низкочастотные механические колебания, ультразвук, перемешивание и др.); порозность; продолжительность экстрагирования. На процесс экстрагирования также оказывают влияние: размер молекул извлекаемых веществ; заряд коллоидных частиц протоплазмы клетки; наличие живой протоплазмы; наличие воздуха в сырье; удельная загрузка экстрактора (загрузочная плотность); скорость подачи экстрагента и другие факторы [10].

Среди разнообразия способов экстрагирования особое место занимает способ наложения низкочастотных механических колебаний, отличающийся высокой эффективностью при низкой металло- и энергоемкости. Такое сочетание обеспечивается тем, что в аппарате создается высокоинтенсивный гидродинамический режим, вызывающий активное обновление межфазной поверхности [13]. Следует отметить, что подводимая механическая энергия в соответствии с заданным режимом работы равномерно распределяется по объему аппарата, создавая тем самым необходимые условия для измельчения частиц твердой фазы. К сожалению, влияние основных факторов, определяющих динамику процесса на его интенсивность, изучено недостаточно и требует исследования для каждого конкретного вида сырья отдельно. В связи с этим целью данной работы является изучение процесса экстрагирования

листьев крапивы и березы в аппарате с вибрационной тарелкой с целью выявления оптимальных режимов работы.

Объекты и методы исследования

Объектами исследования были высушенные в естественных условиях, неизмельченные листья крапивы и березы. В качестве экстрагента использовалась дистиллированная вода $t = (20 \pm 2) ^\circ\text{C}$.

Для достижения поставленной цели была изготовлена экспериментальная установка, за основу конструкции которой был взят емкостный экстрактор периодического действия с вибрационной тарелкой (рис. 1) [13].

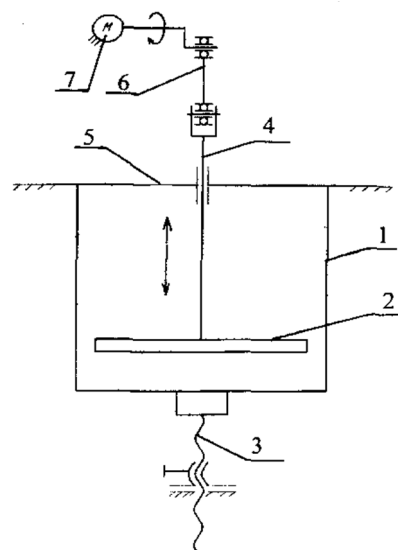


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Камера аппарата изготовлена из нержавеющей стали и состоит из цилиндрической емкости 1 диаметром 0,139 м, прижимаемой домкратом 3 к жестко закрепленной крышке 5. В объеме аппарата расположена перфорированная тарелка 2, жестко закрепленная на подвижном штоке 4. Образование низкочастотных колебаний происходит в результате работы кривошипно-шатунного механизма 6. Механическая энергия, сообщаемая тарелке, образуется в результате работы электродвигателя переменного тока АИРМ71В6У3, позиция 7. Регулировка частоты колебаний тарелки и регистрация потребляемой электродвигателем мощности осуществлялись с помощью промышленного частотного преобразователя АСН 550-01. Тарелка 2 представляет собой диск диаметром 0,135 м, толщиной 0,003 м, перфорированный цилиндрическими отверстиями и изготовленный из нержавеющей стали. К нижней стороне тарелки жестко прикреплено металлическое кольцо того же диаметра, высотой 0,01 м. Ось штока перпендикулярна дну аппарата, плоскость тарелки перпендикулярна штоку. В крышку экстрактора смонтирована поливинилхлоридовая трубка 8 с внутренним диаметром 0,006 м, через которую осуществлялся забор проб полученного экстракта для контроля содержания сухих веществ.

Основные факторы, влияющие на ход процесса при экстрагировании в аппарате с вибрационной тарелкой: гидромодуль, частота и амплитуда колебаний тарелки, диаметр отверстий тарелки. При исследовании процесса каждый фактор варьировался отдельно при прочих равных условиях, таким образом удалось четко выявить влияние на процесс каждого из них. Гидромодуль – соотношение твердой и жидкой (сырье/экстракт) фаз в аппарате. При его уменьшении происходит разбавление экстракта, при увеличении – чрезмерное уплотнение суспензии, что приводит к потерям целевого компонента в сырье, так как экстрагент быстро насыщается и теряет растворяющую способность. Частота и амплитуда колебаний тарелки – факторы, во многом определяющие интенсивность гидродинамической обстановки в аппарате. Их изменение влияет на степень турбулизации жидкости, то есть на интенсивность обновления межфазной поверхности. Отрицательное влияние увеличения частоты приводит к переизмельчению сырья, это негативно сказывается на сепарировании суспензии. К факторам, определяющим величину скоростей течения жидкости в аппарате, также можно отнести и диаметр отверстий. Уменьшение диаметра приводит к увеличению скоростей струй жидкости. Площадь отверстий составляла $\epsilon = 16,5\%$ от площади тарелки [13].

На основе предварительных экспериментов и имеющихся рекомендаций [7, 13] были определены границы варьирования факторов и шаг наращивания. Гидромодуль j в экспериментах составил от 1:15 (0,066) до 1:50 (0,02) кг/кг с шагом $\Delta j = 1:5$ кг/кг. Частота колебаний n изменялась от 0,83 до 10 Гц с шагом $\Delta n = 0,83$ Гц, диаметр отверстий d – от 0,002 до 0,007 м с шагом $\Delta d = 0,0005$ м, размах колебаний тарелки $2A$, равный двойному значению амплитуды колебаний – от 0,01 до 0,022 м с шагом $\Delta A = 0,001$ м.

Экстрагирование осуществлялось до достижения системой равновесного состояния, однако максимальное время экстрагирования было решено ограничить 40 и 45 мин для листьев крапивы и березы соответственно, так как дальнейшее экстрагирование было нецелесообразным ввиду существенного замедления кинетики выхода сухих веществ на 30 и 35 мин процесса. Показателями процесса являлись: процентное содержание сухих водорастворимых веществ $C_{св.р}$, потребляемая электродвигателем мощность N , Вт, масса экстракта после фильтрации и отжима шрота $M_э$, кг. Показатель $C_{св.р}$ определялся рефрактометрическим методом [5] при помощи рефрактометра РЛ-2. Предел допускаемой погрешности измерения по шкале сухих веществ по сахарозе $\pm 0,01\%$. Измерение частоты вращения двигателя осуществлялось при помощи частотного преобразователя АСН 550-01, имеющего соответствующую функцию, с точностью $\pm 0,016$ Гц. Мощность, потребляемая электродвигателем, измерялась с помощью ваттметра Д 50041-5, класса точности 0,2.

Для решения задачи оптимизации критериями оценки режимов работы аппарата были приняты следующие показатели:

- 1) равновесная концентрация $C_{св.р}$, % мас;
- 2) эффективность процесса \mathcal{E} , кг/(Дж·с), определяемая по формуле [7]:

$$\mathcal{E} = \frac{M_э}{\tau_p^2 \cdot N_{ср}} \cdot \frac{C_{св.р}}{100}, \quad (1)$$

где $M_э$ – масса отфильтрованного экстракта после достижения системой равновесного состояния, кг; $C_{св.р}$ – значение равновесной концентрации, % мас.; $N_{ср}$ – среднее значение потребляемой электродвигателем мощности в ходе процесса, Вт; τ_p – время достижения системой равновесной концентрации, с.

Таким образом, значение эффективности отражает экономическую составляющую, характеризующую режим работы, то есть количество вещества, полученное на единицу затраченной энергии. Оптимальным же режимом следует считать режим, при котором достигается максимально возможная концентрация экстракта за минимальное время при минимальных энергозатратах, то есть при максимальном значении эффективности.

Результаты и их обсуждение

Полученные в результате экспериментальных исследований и проведенных на их основе расчетов данные представлены на рис. 2–15. Для более объективного представления процессов, происходящих во время экстрагирования в аппарате с вибрационной тарелкой, влияние варьирования каждого фактора при прочих равных условиях следует рассмотреть отдельно. Учитывая выявленную корреляцию между кинетикой процесса обоих объектов исследования, описать основные зависимости можно для них в обобщенном виде.

Увеличение гидромодуля (рис. 2 и 3) приводит к росту потребляемой энергии, так как уплотнение суспензии вызывает большее сопротивление перемещению тарелки в рабочем объеме.

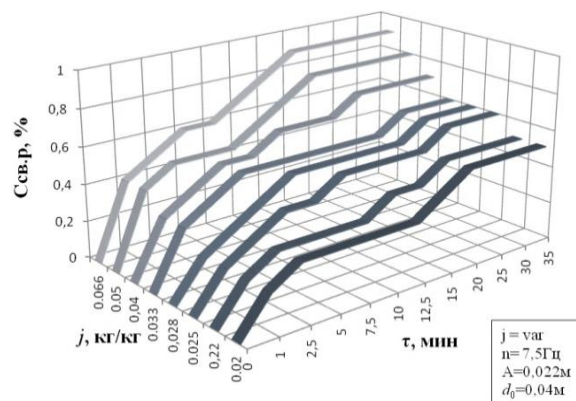


Рис. 2. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев крапивы

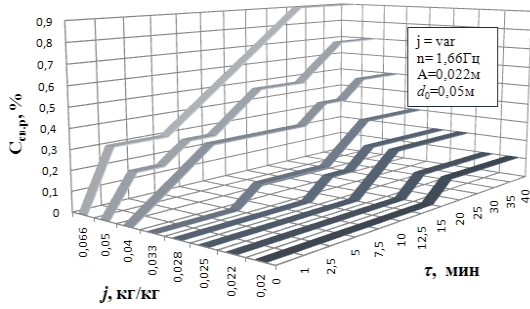


Рис. 3. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев березы

Вместе с мощностью возрастает и равновесная концентрация экстракта, так как вместе с увеличением количества твердой фазы увеличивается и количество потенциально растворимых веществ в объеме аппарата, а растворяющей способности экстрагента достаточно для достижения концентрации $C_{св.р} = 0,9$ %. Так как показатель эффективности процесса отображает баланс между затраченной энергией и количеством полученных веществ, то относительно большое увеличение потребляемой мощности при относительно небольшом увеличении равновесной концентрации, для гидромодуля $j = 0,066$ кг/кг (рис. 4 и 5), приводит к его снижению, несмотря на предшествующий рост.

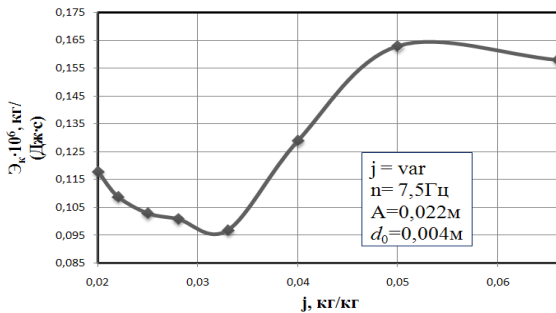


Рис. 4. Зависимость показателя эффективности от значения гидромодуля (листья крапивы)

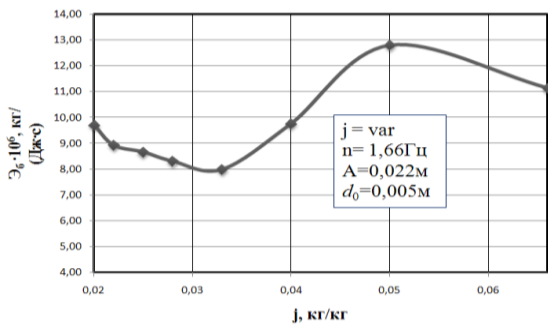


Рис. 5. Зависимость показателя эффективности от значения гидромодуля (листья березы)

Увеличение частоты колебаний вызывает рост уровня потребляемой энергии за счет большего сопротивления, оказываемого суспензией тарелке при ее перемещении в объеме аппарата, образование турбулентных завихрений и кавитационных областей. Это положительно сказывается на выходе

сухих веществ (рис. 6 и 7), так как растворенные вещества более интенсивно переносятся от границы раздела фаз в объем жидкости. Также увеличение накладываемой энергии на систему приводит к измельчению частиц твердой фазы, что увеличивает площадь контакта фаз. Однако, как показали предварительные опыты, экстрагирование с частотой более 10 Гц приводит к переизмельчению сырья, что негативно сказывается на дальнейшем процессе фильтрации. Как видно из диаграмм, изображенных на рис. 8 и 9, увеличение частоты колебаний перфорированной тарелки эффективно до точки, соответствующей экстремуму на кривой, что также объясняется существенным увеличением затраченной энергии относительно количества полученных экстрактивных веществ.

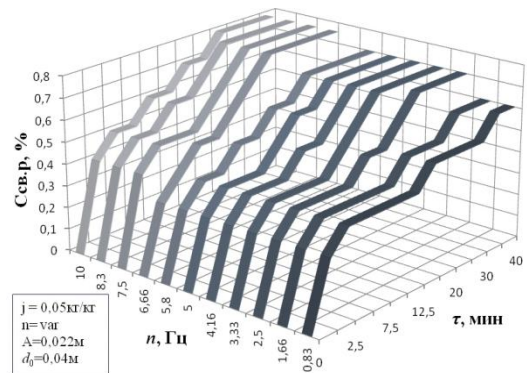


Рис. 6. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев крапивы

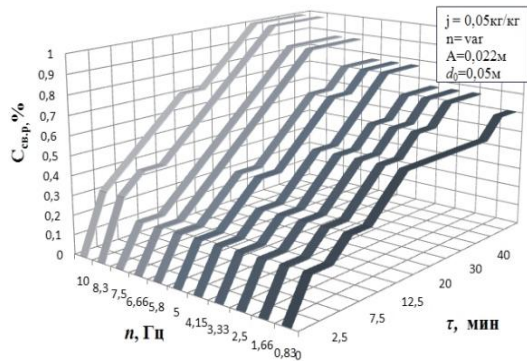


Рис. 7. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев березы

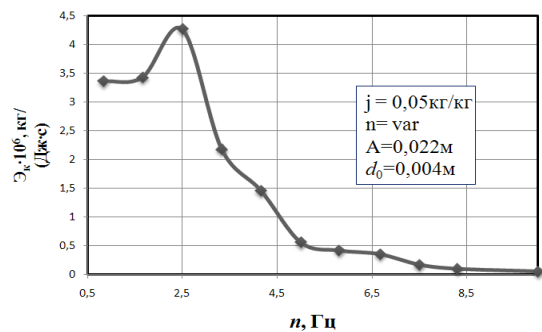


Рис. 8. Зависимость показателя эффективности от частоты колебаний перфорированной тарелки (листья крапивы)

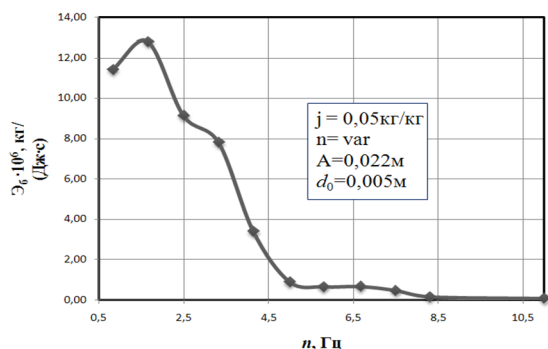


Рис. 9. Зависимость показателя эффективности от частоты колебаний перфорированной тарелки (листья березы)

Уменьшение диаметра отверстий перфорированной тарелки вызывает повышение уровня потребляемой энергии, так как тарелка с меньшими отверстиями при перемещении в жидкости испытывает большее гидравлическое сопротивление. С другой стороны, возрастают скорости движения жидкости в аппарате, что, как отмечено выше, благотворно сказывается на переносе растворенных веществ от границы раздела фаз в окружающий объем жидкости. Этим можно объяснить рост равновесной концентрации (рис. 10 и 11).

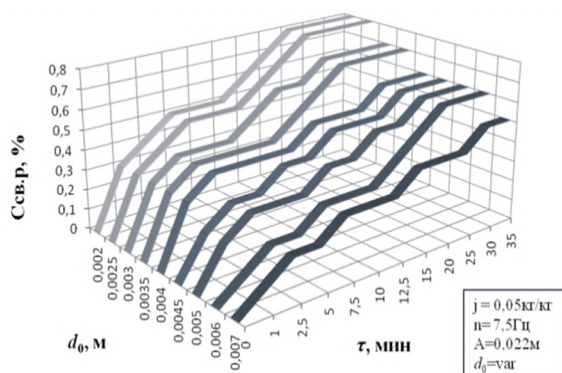


Рис. 10. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев крапивы

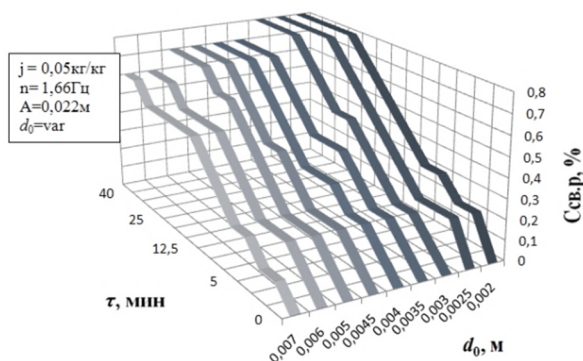


Рис. 11. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев березы

Важной выявленной особенностью является «засорение» частицами сырья отверстий тарелки. Наиболее выражено такое явление наблюдалось при диа-

метре отверстий $d_0 < 0,0025$ м. Закупорка отверстий тарелки приводит к искажению поля скоростей истечения жидкости, негативно сказываясь на процессе экстрагирования в целом. Это подтверждает показатель эффективности, который достигает максимального значения для листьев крапивы при $d_0 = 0,006$ м и при $d_0 = 0,004$ м для листьев березы (рис. 12 и 13).

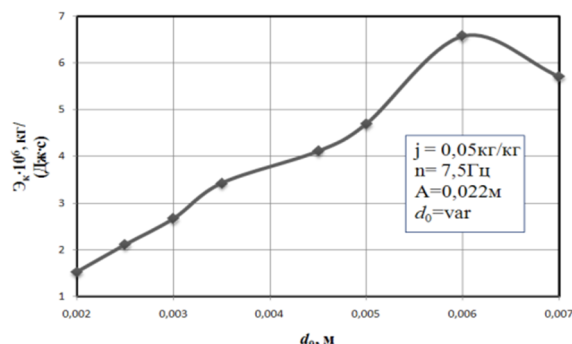


Рис. 12. Зависимость показателя эффективности от диаметра отверстий перфорированной тарелки (листья крапивы)

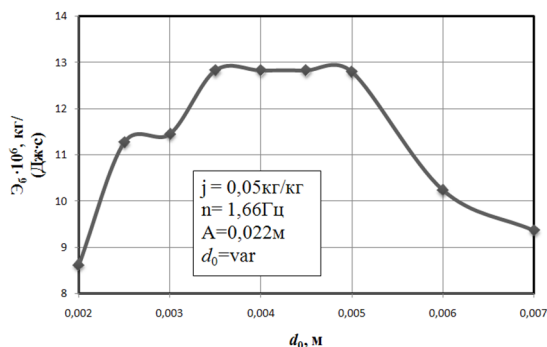


Рис. 13. Зависимость показателя эффективности от диаметра отверстий перфорированной тарелки (листья березы)

Нарращивание амплитуды колебаний ведет к росту потребления энергии на совершение колебаний, так как при большей амплитуде за один цикл вибрирующий орган проходит большее расстояние, на что требуется затратить большее количество работы. Существенно влияет увеличение этого фактора на значение равновесной концентрации ввиду большей интенсивности потоков жидкости (рис. 14 и 15).

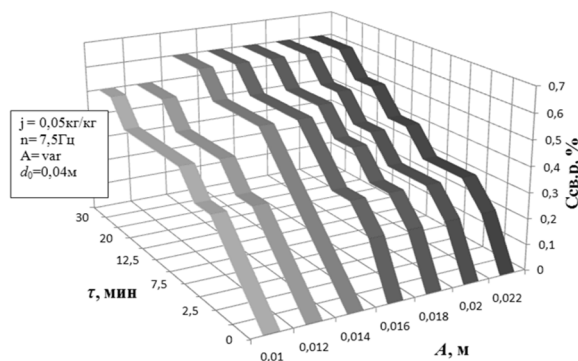


Рис. 14. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев крапивы

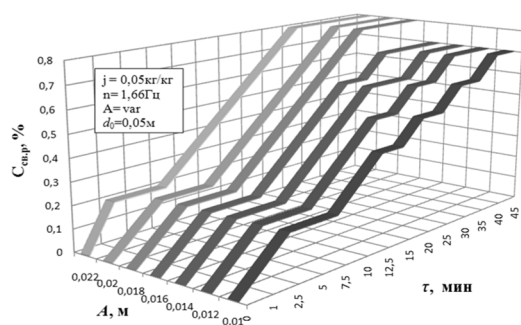


Рис. 15. Зависимость выхода сухих веществ от продолжительности экстрагирования листьев березы

Показатель эффективности же говорит о чрезмерном расходе энергии при экстрагировании с амплитудой более $A = 0,006$ м, так как на этом значении амплитуды для обоих объектов исследования, значение показателя Ξ имеет максимум (рис. 16 и 17).

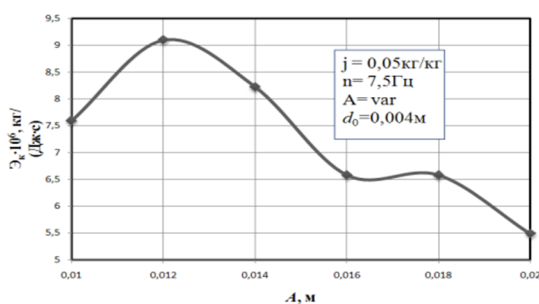


Рис. 16. Зависимость показателя эффективности от амплитуды колебаний перфорированной тарелки (листья крапивы)

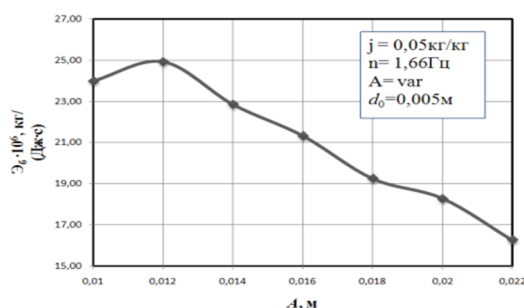


Рис. 17. Зависимость показателя эффективности от амплитуды колебаний перфорированной тарелки (листья березы)

Как было сказано выше, оптимальным стоит считать режим, при котором достигается максимально возможная концентрация при максимально возможном значении эффективности. Поэтому на основе полученных данных в среде программы статистической обработки экспериментальных данных для ЭВМ [12] получены экспериментально-статистические модели процесса (уравнения 2–5), описывающие изменение двух выходных параметров – выхода сухих веществ и эффективности процесса. R – коэффициент множественной корреляции, показывающий, насколько полученная математическая модель процесса соответствует экспериментальным данным. Для листьев крапивы и березы уравнения имеют вид:

$$C_k = 0,34067 + 14,8518474 * j + 0,016823 * n - 76,26172 * d + 1,83478 * 2A + 0,0000199 * \tau - 0,005787 * j * \tau - 0,00000238 * n * \tau + 0,01925 * d * \tau + 0,005374 * 2A * \tau, \quad (2)$$

$$R = 97,16 \%;$$

$$\Xi_k = 35,7398 - 51,384767 * j - 0,89579 * n + 1097,91342 * d - 1437,1589 * 2A - 0,01758635 * \tau + 0,0544975 * j * \tau + 0,0002631 * n * \tau - 0,043915 * d * \tau + 0,6407185 * 2A * \tau, \quad (3)$$

$$R = 98,13 \%;$$

$$C_b = -0,52256 + 20,97137 * j + 0,05836 * n - 90,8645 * d + 18,8846 * 2A + 0,00017 * \tau - 0,00226 * j * \tau - 0,00000746 * n * \tau + 0,018765 * d * \tau - 0,00462 * 2A * \tau \quad (4)$$

$$R = 99,3 \%;$$

$$\Xi_b = 94,89346 - 118,23248 * j + 2,69617 * n + 2363,45882 * d - 4378,1511 * 2A - 0,026663 * \tau + 0,1374 * j * \tau - 0,002834 * n * \tau - 1,6555 * d * \tau + 1,536132 * 2A * \tau, \quad (5)$$

$$R = 98 \%.$$

Поиск оптимальных параметров работы аппарата осуществлялся с использованием метода Ньютона в системе Microsoft Excel. Серия опытов по экстрагированию с полученными параметрами подтвердила достоверность полученных данных. Результаты оптимизации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Оптимальные параметры процесса

Объект исследования	Гидро модуль j , кг/кг	Частота колебаний тарелки n , Гц	Диаметр отверстий d , м	Амплитуда колебаний A , м	Продолжительность τ , с	Конечная концентрация $C_{св}$, % мас.		Эффективность процесса $\Xi \cdot 10^6$, кг/(Дж·с)	
						теоретическая	практическая	теоретическая	практическая
Листья крапивы	0,062	2,55	0,0035	0,0166	1093	0,8	0,8	6,92	6,63
Листья березы	0,0615	1,65	0,004	0,0216	1501	0,89	0,85	12,98	12,55

Проверка работы аппарата с заданными оптимальными режимами показала: полученные данные в результате экспериментальной проверки отличаются от расчетных не более чем на 5 %. Результаты

исследований позволяют в большей мере раскрыть потенциал представленного способа, пригодны для проектирования промышленных аппаратов с учетом фактора масштабного перехода [4].

Список литературы

1. Экстракт листьев крапивы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <http://www.biolit.info/>
2. Nature's nourishing botanical // Soap and Cosmet. – 2000. – V. 76, № 12. – P. 51–54.
3. Аксельруд, Г.А. Экстрагирование (система твердое тело-жидкость) / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. – Л.: Химия, 1974. – 256 с.
4. Городецкий, И.Я. Вибрационные массообменные аппараты / И.Я. Городецкий, А.А. Васин, В.М. Олевский, П.А. Лупанов; под ред. В.М. Олевского. – М.: Химия, 1980. – 192 с.
5. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. – Введ. 1991-07-01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
6. Демина, Л.Н. Процессы экстракции и совершенствование оборудования для получения эфирных масел и экстрактов из биомассы березы и смородины: дис. ... канд. техн. наук: 05.17.08 / Демина Лариса Николаевна. – Красноярск, 2007. – 179 с.
7. Дубинина, Н.В. Получение экстрактов из замороженного плодового сырья в вибрационном аппарате / Н.В. Дубинина, В.В. Гриценко, Ж.В. Симсиве // Техника и технология пищевых производств. – 2013. – № 1. – С. 69–75.
8. Природные антиокислители в мягких маргаринах и прогнозирование сроков годности / Л.В. Ленцова [и др.] // Масложировая промышленность. – 2002. – № 3. – С. 32–33.
9. Пластинина, З.А. Разработка путей использования крапивы коноплевой как биологически активного компонента в колбасных изделиях: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.04: защищена 1995 / Пластинина Зинаида Александровна. – Улан-Удэ, 1995. – 186 с. – Библиогр.: с. 172–185.
10. Плотников, И.Б. Совершенствование способа получения экстракта из замороженного ягодного сырья в аппарате с вибрационной тарелкой: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12: защищена 24.06.2011 / Плотников Игорь Борисович. – Кемерово, 2012. – 150 с. – Библиогр.: с. 111–121.
11. Попов, И.П. Некоторые товароведческие показатели крапивы двудомной и крапивы коноплевой / И.П. Попов, Д.Н. Шпанько, Е.А. Черкасова // Техника и технология пищевых производств. – 2009. – № 3. – С. 57.
12. Св-во о регистрации программы для ЭВМ. Исследование физико-химических и теплофизических характеристик экстрактов местного растительного сырья / Р.А. Гребнев, А.В. Савенко, Е.А. Дудник; правообладатель ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова». – № 2014614261; заявл. 12.03.2014; опубл. 21.04.2014.
13. Сорокопуд, А.Ф. Интенсификация экстрагирования плодово-ягодного сырья с использованием низкочастотного вибрационного воздействия / А.Ф. Сорокопуд, В.А. Помозова, А.С. Мустафина // Хранение и переработка сельскохозяйственного сырья. – 2000. – № 5. – С. 35–39.
14. Химический анализ лекарственных растений / под ред. Н.И. Гринкевич, Л.Н. Сафронич. – М.: Высш. шк., 1983. – 176 с.

THE PRODUCTION OF NETTLE AND BIRCH LEAVES EXTRACTS IN THE VIBRATION DEVICE

A.V. Savenko^{1,*}, A.F. Sorokopud², V.V. Gricenko¹

¹Rubtsovsk Industrial Institute (branch),
Altai State Technical University named after I. I. Polzunova,
2/6 Traktornaya Str., Rubtsovsk, 658207, Russia

²Kemerovo Institute of Food Science
and Technology (University),
47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia

*e-mail: saven21@mail.ru

Received: 02.06.2015

Accepted: 08.07.2015

At present, the method of extraction in the field of low frequency mechanical vibrations can be considered as one of the most progressive, but the lack of necessary data hinders its use on commercial scale. The paper contains the research results of the water extraction process of dried nettle and birch leaves in the field of low-frequency mechanical vibrations. The presented extraction method is characterized by a large number of factors having a significant influence on the kinetics and power supply of the process (hydronic, amplitude and frequency of oscillations, the diameter of perforated plate's holes, extraction time). To identify the impact dependence of these factors on the process is possible only by an experiment. A full factorial experiment ²⁵ to receive the necessary amount of data has been carried out. Due to the statistical data processing, we have got experimental-statistical model of the process. The obtained equations show the dependence of the change of main output parameters on the changes of general factors influencing the process. The most important output parameters, which widely characterize the process, are the final concentration of the extract and the efficiency of the process, showing the ratio of the obtained extractive to the amount of power supplied. Because of the mathematical analysis of the obtained equations there we have determined optimum modes of the extraction process within the realization of the condition under which an optimum regime should be considered the one when the maximum possible water extraction concentration is achieved at maximum efficiency of the given method. The results reliability is confirmed by a series of test experiments showing that the deviation of output parameters is not more than 5% of the calculated ones.

Vibration device, extraction, optimization, nettle leaves, birch leaves

References

1. *Jekstrakt list'ev krapivy* [Extract of nettle leaves]. Available at: <http://www.biolit.info/> (accessed 14 February 2012).
2. Nature's nourishing botanical. *Soap and Cosmet*, 2000, vol. 76, no. 12, pp. 51–54.
3. Aksel'rud G.A., Lysjanskij V.M. *Jekstragirovanie (sistema tverdoe telo-zhidkost')* [Extraction (system solid-liquid)]. Leningrad, Chemistry Publ., 1974. 256 p.
4. Gorodetskiy I.J., Vasin A.A., Olevskiy V.M., Lupanov P.A. *Vibracionnye massoobmennye apparaty* [Vibrating mass transfer devices]. Moscow, Chemistry, 1980. 192 p.
5. GOST 28562-90. *Produkty pererabotki plodov i ovshej.Refraktometricheskij metod opredelenija rastvorimyh suhih veshhestv* [State Standard 28562-90. Products of fruits and vegetables.Refractometric method for determining the soluble solids]. Moscow, Standartinform Publ., 2010. 12 p.
6. Demina L.N. *Processy jekstrakcii i sovershenstvovanie oborudovanija dlja poluchenija jefirnyh masel i jekstraktov iz biomassy berezy i smorodiny*. Diss. kand. tehn. nauk [The extraction processes and improving equipment for essential oils and extracts from biomass birch and currants. Diss. cand. tech. sci.]. Krasnojarsk, 2007. 179 p.
7. Dubinina N.V., Gricenko V.V., Simsiye Zh.V. Poluchenie jekstraktov iz zamorozhennogo plodovogo syr'ja v vibracionnom apparate [Preparation of extracts from frozen fruit raw material in a vibratory machine]. *Tekhnika i tekhnologija pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2013, no. 1, pp. 69–75.
8. Lencova L.V., Parfenova T.V., Vershinina A.G., Kushnerova N.F., Zajceva A.A. Prirodnye antioksidanti v mjagkih margarinah i prognozirovaniye srokov godnosti [Natural antioxidants in soft margarines and prediction of shelf life]. *Fats Industry*, 2002, no. 3, pp. 32–33.
9. Plastinina Z.A. *Razrabotka putej ispol'zovanija krapivy Konoplevoj kak biologicheski aktivnogo komponenta v kolbasnyh izdelijah*. Diss. kand. tehn. nauk [Develop ways to use nettle Konopleva as a biologically active ingredient in sausages. Diss. cand. tech. sci.]. Ulan-Ude, 1995. 186 p.
10. Plotnikov I.B. *Sovershenstvovanie sposoba poluchenija jekstrakta iz zamorozhennogo jagodnogo syr'ja v apparate s vibracionnoj tarelkoj*. Diss. kand. tehn. nauk [Improving the process for the preparation of an extract from the frozen berries in the device with a vibration plate. Diss. cand. tech. sci.]. Kemerovo, 2012. 150 p.
11. Popov I.P. Nekotorye tovarovedcheskie pokazateli krapivy dvudomnoj i krapivy Konoplevoj [Some indicators merchandising nettle and nettle]. *Tekhnika i tekhnologija pishchevykh proizvodstv* [Food Processing: Techniques and Technology], 2009, no. 3, P. 57.
12. Grebnev R.A., Savenko A.V., Dudnik E.A. *Issledovanie fiziko-himicheskikh i teplofizicheskikh harakteristik jekstraktov mestnogo rastitel'nogo syr'ja* [Study of physico-chemical and thermal characteristics of extracts local herbs]. Certificaten of registration of the computer program, no. 2014614261, 2014.
13. Sorokopud A.F., Pomozyova V.A., Mustafina A.S. Intensifikacija jekst - ragirovanija plodovo-jagodnogo syr'ja s ispol'zovaniem nizkochastotnogo vibracionnogo vozdeystvija [Intensification extraction fruit raw material using a low-frequency vibration exposure]. *Khranenie i pererabotka sel'khoz syr'ia* [Storage and processing of farm products], 2000, no. 5, pp. 35–39.
14. Grinkevich N.I., Safronich L.N. *Himicheskij analiz lekarstvennykh rastenij* [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, Graduate School, 1983. 176 p.

Дополнительная информация / Additional Information

Савенко, А.В. Получение экстрактов листьев крапивы двудомной и березы повислой в вибрационном аппарате / А.В. Савенко, А.Ф. Сорокопуд, В.В. Гриценко // Техника и технология пищевых производств. – 2015. – Т. 38. – № 3. – С. 101-108.

Savenko A.V., Sorokopud A.F., Gricenko V.V. The production of nettle and birch leaves extracts in the vibration device. *Food Processing: Techniques and Technology*, 2015, vol. 38, no. 8, pp. 101-108 (In Russ.).

Савенко Александр Валентинович

аспирант кафедры техники и технологии машиностроения и пищевых производств, Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 658207, Россия, г. Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6, тел.: +7 (38557) 2-24-50, e-mail: saven21@mail.ru

Сорокопуд Александр Филиппович

д-р техн. наук, профессор кафедры машин и аппаратов пищевых производств, ФГБОУ ВО «Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)», 650056, Россия, г. Кемерово, б-р Строителей, 47, тел. +7 (3842) 73-40-40, e-mail: MAPP@kemtipp.ru

Гриценко Вячеслав Владимирович

канд. техн. наук, доцент кафедры техники и технологии машиностроения и пищевых производств, Рубцовский индустриальный институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», 658207, Россия, г. Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6, тел.: +7 (38557) 5-98-26, e-mail: gritsenko8@rambler.ru

Alexander V. Savenko

Postgraduate Student of the Department of Technique and Technology of Mechanical Engineering and Food Industries, Rubtsovsk Industrial Institute (branch), Altai State Technical University named after I. I. Polzunova, 2/6 Traktornaya Str., Rubtsovsk, 658207, Russia, phone: +7 (38557) 2-24-50, e-mail: saven21@mail.ru

Alexander F. Sorokopud

Dr. Sci. (Eng.), Professor of the Department of Machines and Equipment for Food Production, Kemerovo Institute of Food Science and Technology (University), 47, Boulevard Stroiteley, Kemerovo, 650056, Russia, phone: +7 (3842) 73-40-40, e-mail: MAPP@kemtipp.ru

Vjacheslav V. Gricenko

Cand. Tech. Sci., Associate Professor of the Department of Technique and Technology of Mechanical Engineering and Food Industries, Rubtsovsk Industrial Institute (branch), Altai State Technical University named after I. I. Polzunova, 2/6 Traktornaya Str., Rubtsovsk, 658207, Russia, phone: +7 (38557) 5-98-26, e-mail: gritsenko8@rambler.ru

