

УДК 66.061.3/664

Влияние многократного экстрагирования и температуры при переработке листьев крапивы двудомной и березы повислой в аппарате с вибрационной тарелкой

А.В. Савенко, saven21@mail.ru

*Алтайский государственный технический университет им И.И. Ползунова,
Рубцовский индустриальный институт
658207, Россия, Рубцовск, ул. Тракторная, 2/6*

Д-р техн. наук **А.Ф. Сорокопуд** (научный руководитель)

*Кемеровский технологический институт пищевой промышленности (университет)
650056, Россия, Кемерово, б-р Строителей, 47*

Исследовали влияние многократного использования экстрагента и его начальной температуры на процесс экстрагирования сушеного растительного сырья в аппарате с вибрационной тарелкой, направленный на снижение энергоемкости технологии получения концентрированных экстрактов и сокращение времени технологического цикла. Переработке подвергались сушеные листья крапивы двудомной и березы повислой. Экстрагирование осуществлялось методом наложения низкочастотных механических колебаний в аппарате с вибрационной тарелкой периодического действия. Исследование влияния температуры и многократного использования экстрагента производилось на рациональных параметрах работы аппарата, выявленных в результате предшествующих исследований. Экстрагент нагревался до необходимой температуры вместе с камерой аппарата, оборудованной греющей рубашкой, после чего осуществлялась переработка сырья. При многократном экстрагировании в качестве экстрагента использовался экстракт, полученный от предыдущей экстракции. Полученный шрот подвергался повторному экстрагированию для учета потерь экстрактивных веществ. Экстрагирование во всех случаях производилось до достижения системой равновесной концентрации. Установлено, что увеличение начальной температуры экстрагента приводит к сокращению времени выхода на равновесную концентрацию, однако, затраты энергии на подготовку экстрагента более высокой температуры намного больше экономии энергии, возникающей в результате сокращения времени переработки в экстракторе. Рекомендованная начальная температура экстрагента равна 20°C. Многократное экстрагирование позволяет получить более насыщенные экстракты, что сокращает затраты энергии при концентрировании, однако, получаемая таким образом экономия покрывает затраты, возникающие в результате потерь экстрактивных веществ в сырье только при двукратном экстрагировании, поэтому рекомендованное количество проходов экстрагента равно двум.

Ключевые слова: экстрагирование растительного сырья; сухие листья крапивы и березы; температура экстрагента; многократное экстрагирование; аппарат с вибрационной тарелкой.

DOI: 10.17586/2310-1164-2017-10-1-59-66

The effect of multiple extraction and temperature in the processing of nettle and birch leaves in a device with vibrating plate

Alexander V. Savenko, saven21@mail.ru

*Altai State Technical University named I.I. Polzunova,
Rubtsovsk Industrial Institute
2/6, Traktornaya str., Rubtsovsk, 658207, Russia*

D.Sc. **Aleksandr F. Sorokopud** (supervisor academician)

*Kemerovo Technological Institute of Food Industry (University)
47, Stroitelej blvd., Kemerovo, 650056, Russia*

This article deals with the effect of extract antrepeated use and its initial temperature on the extraction of dried plant material in a device with vibration plate aimed at reducing the energy consumption of the technology for obtaining concentrated extracts and shortening the time of the technological cycle. The dried leaves of nettle and birch were processed. Extraction was carried out by the method of imposing low-frequency mechanical oscillations in a device with periodic vibration plate. Investigation concerning the influence of temperature and repeated use of the extractant was made on rational parameters of the apparatus resulted from our previous studies. The extractor was heated

to the required temperature together with the chamber of the apparatus equipped with a heating jacket, after which the raw materials were processed. For repeated extraction steps the extraction from the previous ones was used as the extractant. The resulting meal was subjected to repeated extraction to calculate the loss of extractive substances. In all cases the extraction was performed until the system reached equilibrium concentration. It was found that an increase in the initial temperature of the extractant leads to a reduction in the time to reach the equilibrium concentration, however, the energy spent to prepare the extractant of a higher temperature is much greater than the energy savings resulting from the reduction in the processing time in the extractor. As a result, the initial temperature of the extractant is recommended to be of 20°C. Multiple extraction procedure allows obtaining more saturated extracts. This reduces the energy costs when concentrating, however, the savings thus obtained cover the costs resulting from the loss of extractive substances in the raw material only when extracted twice. Therefore, it is possible to recommend the number of extractant passes equal to two.

Keywords: extraction of plant material; dried leaves of nettle and birch; extracting temperature; multiple extraction; machine with vibration plate.

Введение

Экстракты из растительного сырья приобретают все большую значимость при производстве продуктов питания [1, 2]. Причиной тому является их высокая пищевая ценность, низкое содержание токсинов, высокие органолептические показатели [3]. Сочетание этих преимуществ делает продукты питания, содержащие в своей основе экстракты из сырья растительного происхождения, все более востребованными среди ценителей здоровой пищи. Крапива и береза с давних пор известны как источники многих витаминов, минералов, органических кислот [4–6].

Получить полезные вещества из трав, соцветий, листьев, корней, возможно путем экстрагирования, обладающего рядом преимуществ [7]. Альтернативой экстрагированию может служить отжим, однако низкое содержание влаги в таких видах сырья делает этот способ трудоемким или даже нецелесообразным. Экстрагирование же позволяет осуществлять заготовку сырья путем сушки в естественных условиях. С точки зрения сезонного фактора это позволяет распределить переработку сырья на годовой цикл, что в свою очередь позволяет применять оборудование меньшей производительности и стоимости. Экстракторы с вибрационной тарелкой отличаются надежностью, простотой изготовления и эксплуатации. Основной принцип их работы состоит в подводе к системе энергии в виде низкочастотных механических колебаний. Это позволяет создать в аппарате режим близкий к идеальному смешению [8]. Однако режимы работы, обеспечивающие максимальную эффективность использования подводимой энергии для разных видов сырья, будут отличаться ввиду различия свойств сырья (прочность, форма, размеры, пористость, порозность). Сложность состоит в том, что определение этих режимов возможно только экспериментальным методом.

При экстрагировании растительного сырья в аппарате с вибрационной тарелкой основными факторами, влияющими на процесс, можно считать [8–11]: соотношение фаз; частоту и амплитуду колебаний вибрационной тарелки; долю свободного сечения перфорированной тарелки, а также диаметр отверстий тарелки; высоту тарелки над дном аппарата; температуру экстрагента. Повышение температуры при экстрагировании в системе твердое тело–жидкость позволяет ускорить процессы диффузии экстрагируемых веществ в капиллярах твердого тела и массопередачи экстрагируемых веществ от поверхности раздела фаз в ядро потока [11]. Стоит отметить, что сокращение времени экстрагирования за счет подвода тепловой энергии не всегда оправдано с точки зрения общих энергозатрат. Увеличить концентрацию экстракта можно также путем многократного использования экстрагента, это позволит сократить энергозатраты при концентрировании. Однако недостатком этого метода являются потери экстрактивных веществ при перезагрузке аппарата и в шроте, возникающие вследствие уменьшения движущей силы процесса [9].

В представленной работе рассмотрено влияние многократного использования экстрагента и его начальной температуры на процесс экстрагирования высушенных листьев крапивы двудомной и березы повислой в аппарате с вибрационной тарелкой.

Объекты и методы исследования

На рисунке 1 изображена схема экспериментальной установки. Основным элементом является экстрактор с вибрационной тарелкой. Камера аппарата представляет собой цилиндрическую емкость 1, выполненную из нержавеющей стали, с внутренним диаметром 0,139 м. В верхней части установки на раме жестко закреплена крышка экстрактора 5 с патрубком для отбора проб 3. В камере установлен с возможностью возвратно-поступательного движения в вертикальной плоскости шток 4 с жестко закрепленной на нем горизонтальной перфорированной тарелкой 2, снабженной по периферии кольцом. Расстояние от дна аппарата до тарелки в верхней мертвой точке в настоящих исследованиях составило 45 мм. Штоку сообщаются возвратно-поступательные движения при помощи кривошипно-шатунного механизма 6 от электродвигателя переменного тока 7 марки АИРМ71В6У3. Тарелка представляет собой перфорированный цилиндрическим отверстиями диск диаметром 0,135 м, выполненный из нержавеющей стали, толщиной 0,003 м, доля свободного сечения отверстий составила 16,5% [12]. К нижней стороне диска по периферии коаксиально жестко прикреплено кольцо шириной 0,01 м. Плоскость диска тарелки параллельна дну аппарата. Высота слоя жидкости над тарелкой 10 мм.

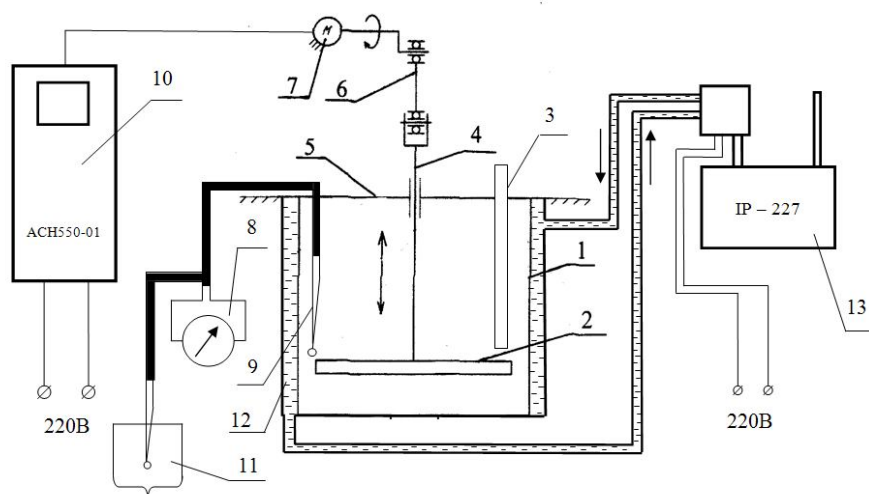


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки

Значения концентрации определялись рефрактометрическим методом [13]. Для регулирования частоты колебаний тарелки и фиксирования значений мощности в установке предусмотрен частотный преобразователь (АСН 550-01) 10. Для измерения температуры в камере аппарата предусмотрена термопара 9, один из концов которой погружен в сосуд Дьюара 11, цифровой вольтметр 8 модели ДТ 830В. Камера аппарата оборудована водяной рубашкой 12. Температура нагрева регулируется при помощи ультратермостата 13 модели IP-227 с точностью настройки температуры на выходе из ультратермостата $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$. Изучение влияния температуры экстрагента на кинетику выхода сухих водорастворимых веществ (СРВ) производилось в диапазоне от 20 до 60 $^{\circ}\text{C}$ с шагом варьирования 10 $^{\circ}\text{C}$, при работе аппарата на рациональных значениях таких параметров, как гидромодуль, частота и амплитуда колебаний, диаметр отверстий тарелки, выявленных в результате предшествующих исследований [14]. Экстрагент (вода) нагревался до необходимой температуры вместе со съемной камерой экстрактора. После достижения стационарного режима теплообмена между греющей рубашкой и экстрагентом производилась загрузка и переработка сырья. Эффективность процесса оценивалась по формуле [15]:

$$\mathcal{E} = \frac{\Pi}{E}, \tag{1}$$

где Π – производительность экстрактора, кг/с;
 E – энергетические затраты, Дж.

$$\Pi = \frac{M_{\text{э}}}{\tau_{\text{п}}} \cdot \frac{C_{\text{св.р}}}{100}, \tag{2}$$

где M_3 – масса экстракта после экстрагирования и фильтрования, кг;
 τ_p – время достижения состояния равновесия системы, с;
 $C_{св.р}$ – равновесная концентрация СРВ в экстракте, % масс.

$$E = N_n \cdot \tau_p + Q_B, \quad (3)$$

где N_n – среднее значение полезной мощности, потребляемой при экстрагировании, Вт (4);
 Q_B – количество энергии, затраченной на нагрев экстрагента, Дж (5).

$$N_n = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} N_i}{n}, \quad (4)$$

где N_i – значение полезной мощности при i -м измерении, Вт;
 n – количество i -х измерений.

$$Q_B = m \cdot C(t_2 - t_1), \quad (5)$$

где m – масса экстрагента;
 C – теплоемкость экстрагента;
 t_1 и t_2 – начальная и конечная температуры экстрагента.

Для определения массы экстрагента использовались лабораторные весы с точностью измерения 0,01 кг, t_1 и t_2 определялись при помощи термомпары, установленной в камере аппарата. Теплоемкость экстрагента (воды) при расчетах принята $C = 4200$ Дж/кг·К.

Методика проведения эксперимента по изучению влияния многократного экстрагирования на кинетику выхода СРВ состояла в следующем. В качестве экстрагента при последующих опытах использовался экстракт, полученный от предыдущего экстрагирования. Многократное использование экстракта производилось до прекращения роста его концентрации в процессе экстрагирования менее чем на 0,1%. Экстрагирование производилось до достижения системой равновесия. Полученный экстракт разделялся через набор сит, после чего отправлялся на фильтрование под вакуумом. При перегрузке экстракта наблюдались потери P (кг), СРВ определяемые по формуле

$$P = \frac{C_{св} \cdot (M_{суп} - M_3 - M_{ш})}{100}, \quad (6)$$

где $M_{суп}$ – масса полученной суспензии, кг;
 M_3 – масса экстракта, кг;
 $M_{ш}$ – масса шрота, кг.

Шрот, полученный после каждого прохода экстрагента, отправлялся на повторное экстрагирование водой для учета потерь СРВ. Экстрагирование шрота производилось при тех же параметрах работы установки, до достижения системой равновесного состояния. Полученная суспензия так же разделялась при помощи набора сит, после чего фильтровалась под вакуумом. Потери СРВ в шроте $P_{ш}$, кг определялись по формуле

$$P_{ш} = \frac{C_{свш} \cdot M_3}{100}, \quad (7)$$

где $C_{свш}$ – равновесная концентрация СРВ в экстракте шрота, % масс.

Прочие параметры работы экстрактора такие, как гидромодуль, частота и амплитуда колебаний тарелки, диаметр отверстий тарелки – соответствовали рациональным, выявленным в результате предшествующих исследований [14]. Для получения более достоверных данных на каждом режиме проводилась серия из трех опытов. Результаты опытов, значительно отличающиеся от средних исключались.

Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 и 3 показано влияние начальной температуры экстрагента на кинетику извлечения экстрактивных веществ из сухих листьев крапивы и березы.

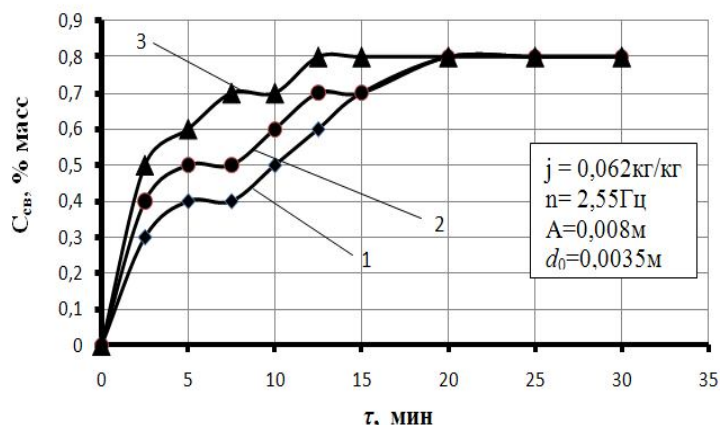


Рисунок 2 – Влияние начальной температуры на кинетику экстрагирования сухих листьев крапивы: 1 – $t = 20^{\circ}\text{C}$; 2 – $t = 40^{\circ}\text{C}$; 3 – $t = 60^{\circ}\text{C}$

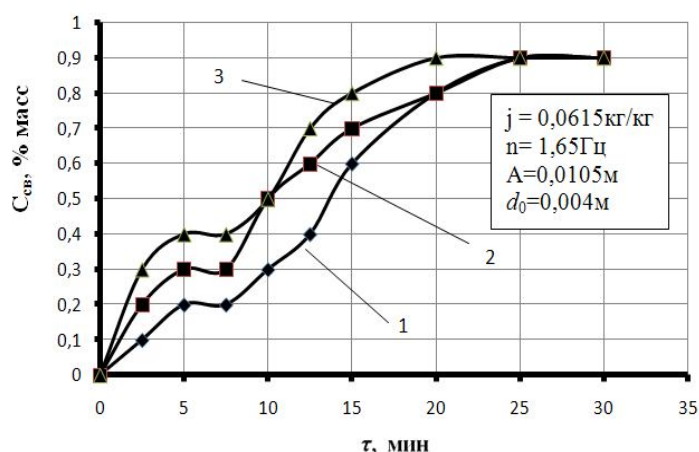


Рисунок 3 – Влияние начальной температуры на кинетику экстрагирования сухих листьев березы: 1 – $t = 20^{\circ}\text{C}$; 2 – $t = 40^{\circ}\text{C}$; 3 – $t = 60^{\circ}\text{C}$

Из результатов видно, что повышение температуры от 20 до 60°C способствует ускорению процесса экстрагирования с 20 до 12,5 мин и с 25 до 20 мин, при экстрагировании листьев крапивы и березы соответственно. Эффективность процесса при этом снижается (таблица 1) из-за увеличения энергозатрат, складывающихся из подведенной к системе механической и тепловой энергии.

Таблица 1 – Результаты исследования влияния начальной температуры экстрагента на кинетику процесса

Температура экстрагента, °C		Время достижения равновесной концентрации, мин	Значение равновесной концентрации, % масс	Энергия, затраченная на нагрев экстрагента, Дж·10 ⁻³	Количество подведенной энергии, Дж	Эффективность процесса, (кг/(Дж·с))·10 ⁶
начальная	конечная					
Высушенные листья крапивы						
20	22	20	0,8	-	1080	6,3
30	26	20	0,8	42	1080	0,1
40	35	15	0,8	84	810	0,08
50	42	15	0,8	126	810	0,05
60	47	12,5	0,8	168	675	0,04
Высушенные листья березы						
20	21	20	0,9	-	360	12,98
30	25	20	0,9	42	360	0,165
40	34	15	0,9	84	270	0,083
50	40	15	0,9	126	270	0,055
60	45	12,5	0,9	168	225	0,041

Анализ данных, представленных в таблице 1, показывает, что уменьшение затрат энергии, связанное с сокращением времени достижения равновесной концентрации, намного меньше затрат энергии, необходимых на нагрев экстрагента. Таким образом, подвод тепловой энергии приводит к увеличению затрат на получение готовой продукции.

На рисунке 4 и 5 показана кинетика выхода экстрактивных веществ при многократном использовании экстрагента. Согласно полученным данным, увеличение начальной концентрации приводит к увеличению времени достижения равновесия. Объяснением этому может служить, во-первых, увеличение плотности, динамической вязкости экстрагента, приводящей к уменьшению коэффициента молекулярной диффузии при работе аппарата, во-вторых, снижение движущей силы процесса.

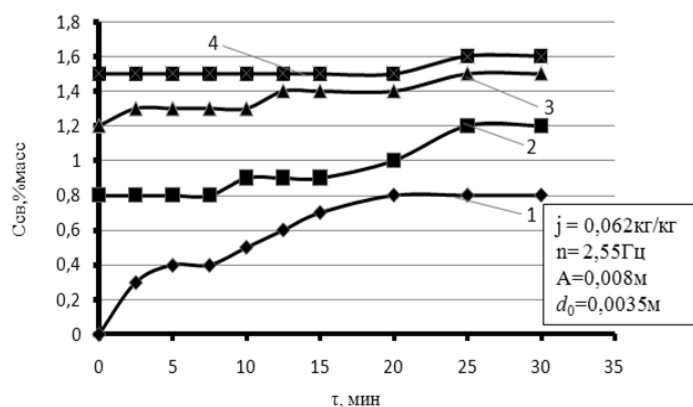


Рисунок 5 – Кинетика выхода СРВ из листьев березы при многократном использовании экстрагента:
 1 – $C_n = 0\%$ масс; 2 – $C_n = 0,8\%$ масс; 3 – $C_n = 1,2\%$ масс;
 4 – $C_n = 1,6\%$ масс

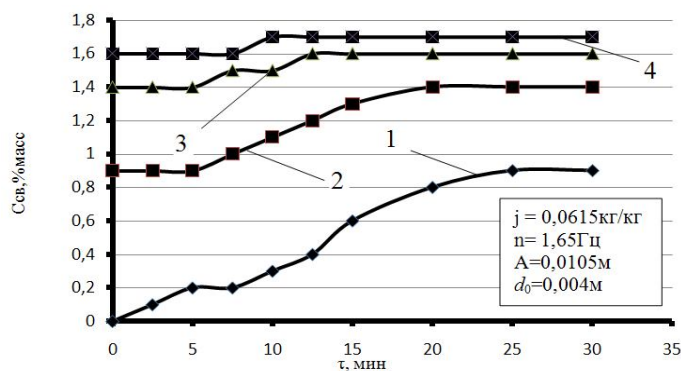


Рисунок 4 – Кинетика выхода СРВ из листьев крапивы при многократном использовании экстрагента:
 1 – $C_n = 0\%$ масс; 2 – $C_n = 0,8\%$ масс; 3 – $C_n = 1,2\%$ масс;
 4 – $C_n = 1,6\%$ масс

Полученные в результате эксперимента данные (таблица 2) говорят о том, что с увеличением числа проходов увеличиваются потери СРВ при перегрузочных операциях, а также в шроте, что объясняется уменьшением движущей силы процесса.

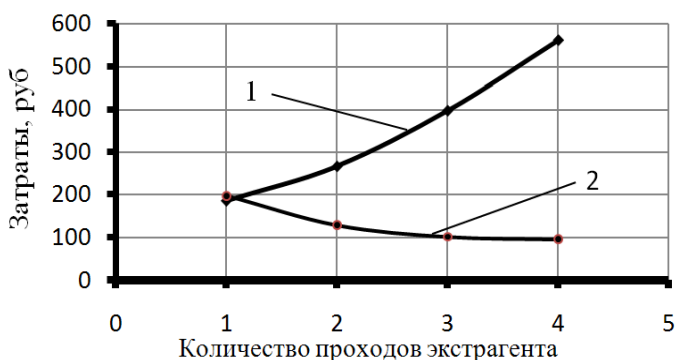


Рисунок 6 – Затраты на получение (1) и концентрирование (2) экстракта

В результате после четвертого прохода потери составили 33,5 и 25,4% от общего количества полученных СРВ. Для обоснования рационального количества проходов экстрагента были определены затраты отдельно на получение и концентрирование экстракта при многократном экстрагировании, учитывающие стоимость сырья и затраченной электроэнергии из расчета на 1 кг СРВ. На рисунке 6 показано изменение стоимости получения и концентрирования экстракта в зависимости от количества проходов экстрагента, при стоимости сырья 25 руб/кг. Из графика видно что более выраженный характер носят затраты, связанные с получением экстракта, в большей степени обусловленные стоимостью сырья. Менее выражено сокращаются затраты, связанные с концентрированием экстракта. При четвертом проходе стоимость получения экстракта превышает экономию на концентрировании примерно в 4,5 раза.

Таблица 2 – Результаты исследования влияния начальной концентрации экстрагента на кинетику процесса

Номер прохода	Экстракт		Шрот		Потери СРВ при перегрузке, г	Общие потери	
	$C_{св}, \%$	выход СРВ, г	$C_{свш}, \%$	выход СРВ, г		г	%
Высушенные листья крапивы							
1	0,8	6,8	0,1	0,196	0,024	0,22	2,5
2	1,2	9,9	0,5	1,176	0,06	1,236	11,5
3	1,5	12,4	1	3,136	0,105	3,241	20,8
4	1,6	13,2	1,7	6,43	0,153	6,583	33,5
Высушенные листья березы							
1	0,9	7,4	0,2	0,44	0,036	0,476	5,9
2	1,4	11,5	0,7	1,56	0,092	1,652	12,1
3	1,6	13,1	1,3	2,89	0,156	3,046	19
4	1,7	13,9	2	4,46	0,207	4,667	25,4

Выводы

Увеличение температуры экстрагента приводит к сокращению времени достижения равновесия в системе, однако это не оправдывает затрат, требуемых для нагрева экстрагента. В связи с этим можно рекомендовать начальную температуру экстрагента 20°C.

Многokратное экстрагирование позволяет получить более насыщенные экстракты. Это сокращает затраты энергии при концентрировании, однако, получаемая таким образом экономия, покрывает затраты, возникающие в результате потерь СВВ в сырье только при двукратном экстрагировании, поэтому можно рекомендовать количество проходов экстрагента равное двум.

Литература

1. Ленцова Л.В., Парфенова Т.В., Вершинина А.Г., Кушнерова Н.Ф., Зайцева А.А. Природные антиокислители в мягких маргаринах и прогнозирование сроков годности // Масложировая промышленность. 2002. №3. С. 32–33.
2. Пластинина З.А. Разработка путей использования крапивы коноплевой как биологически активного компонента в колбасных изделиях: дис. ... канд. техн. наук. Улан-Уде, 1995. С. 172–185.
3. Гринкевич Н.И., Сафронич Л.Н. (ред.) Химический анализ лекарственных растений. М.; Высшая школа, 1983. 176 с.
4. Schotther M., Gansser D., Spitteller G. Ligandstrom the roots of *Urtica dioica* and their metabolites bind to human SHBG. *Planta Medica*. 1997, V. 63(6), pp. 529-532.
5. Демина Л.Н. Процессы экстракции и совершенствование оборудования для получения эфирных масел и экстрактов из биомассы березы и смородины: дисс. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2007. 179 с.
6. Попов И.П., Шпанько Д.Н., Черкасова Е.А. Некоторые товароведческие показатели крапивы двудомной и крапивы коноплевой // Техника и технология пищевых производств. 2009. №3. С.57.
7. Сорокопуд А.Ф., Дубинина Н.В. Об использовании растительных ресурсов для обогащения продуктов питания / Рубцовский индустриальный институт. Рубцовск, 2008. 10 с. Деп. в ЦИИТЭИагропром 18.02.08. № 3.
8. Городецкий И.Я., Васин А.А., Олевский В.М., Лупанов П.А. Вибрационные массообменные аппараты. М.: Химия, 1980. 192 с.
9. Кавецкий Г.Д., Васильев Б.В. Процессы и аппараты пищевой технологии. М.: Колос, 1999. 551 с.
10. Лысянский В.М., Гребенюк С.М. Экстрагирование в пищевой промышленности. М.: Агропромиздат, 1987. 188 с.
11. Аксельруд Г.А., Лысянский В.М. Экстрагирование (система твердое тело–жидкость). Л.: Химия, 1974. 256 с.
12. Иванов П.П. Разработка технологии и аппаратного оформления производства концентрированных плодово-ягодных экстрактов для молочной промышленности: дис. ... канд. техн. наук. Кемерово, 2002. С. 125–134.
13. ГОСТ 28562-90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. Введ. 1991-07-01. М.: Стандартинформ, 1990. 12 с.
14. Савенко А.В., Сорокопуд А.Ф., Гриценко В.В. Получение экстрактов листьев крапивы двудомной и березы повислой в вибрационном аппарате // Техника и технология пищевых производств. 2015. № 3. С. 101–108.
15. Дубинина Н.В., Гриценко В.В., Симсиве Ж.В. Получение экстрактов из замороженного плодового сырья в вибрационном аппарате // Техника и технология пищевых производств. 2013. № 1. С. 69–75.

References

1. Lentsova L.V., Parfenova T.V., Verшинina A.G., Kushnerova N.F., Zaitseva A.A. *Prirodnye antiokisliteli v yagkikh margarinakh I prognozirovaniye srokov godnosti* [Natural antioxidants in soft margarines and prediction of shelf life]. *Fat and oil industry*. 2002, no. 3, pp. 32–33.
2. Plastinina Z.A. *Razrabotka putei ispol'zovaniya krapivy konoplevoi kak biologicheskii aktivnogo komponenta v kolbasnykh izdeliyakh* [Development of ways of use of a nettle konoplevy as biologically active component in sausages]. *Candidate's thesis*. Ulan-Ude, 1995, pp. 172–185.
3. Grinkevich N.I., Safronich L.N. (ed.) *Khimicheskii analiz lekarstvennykh rastenii* [Chemical analysis of medicinal plants]. Moscow, High school Publ., 1983, 176 p.
4. Schotther M., Gansser D., Spitteller G. Ligandstrom the roots of *Urtica dioica* and their metabolites bind to human SHBG. *Planta Medica*. 1997, V. 63(6), pp. 529-532.
5. Demina L.N. *Protsessy ekstraksii I sovershenstvovanie oborudovaniya dlya polucheniya efirnykh masel I ekstraktov iz biomassy breezy I smorodiny* [Processes of extraction and improvement of equipment for obtaining essential oils and extracts from biomass of birch and currant]. *Candidate's thesis*. Krasnoyarsk, 2007, 179 p.

6. Popov I.P., Shpan'ko D.N., Cherkasova E.A. Nekotorye tovarovedcheskie pokazateli krapivy dvudomnoi I krapivy Konoplevoi [Some merchandising indicators of a nettle two-blast furnace and nettles konoplevy]. *Equipment and technology of food productions*. 2009, no. 3, P. 57.
7. Sorokopud A.F., Dubinina N.V. *Ob ispol'zovanii rastitel'nykh resursov dlya obogashcheniya produktov pitaniya* [About use of vegetable resources for enrichment of food]. Rubtsovsk, 2008, 10 p. Depositor Center of information and technical and economic researches of agrarian and industrial complex 18.02.08, № 3.
8. Gorodetskii I.Ya., Vasin A.A., Olevskii V.M., Lupanov P.A. *Vibratsionnye massoobmennye apparaty* [Vibration mass-exchanged devices]. Moscow, Chemistry Publ., 1980, 192 p.
9. Kavetskii G.D., Vasil'ev B.V. *Protsessy I apparaty pishchevoi tekhnologii* [Processes and equipment of food technology]. Moscow, Kolos Publ., 1999, 551 p.
10. Lysyanskii V.M., Grebenyuk S.M. *Ekstragirovanie v pishchevoi promyshlennosti* [Extraction in the food industry]. Moscow, Agropromizdat Publ., 1987, 188 p.
11. Aksel'rud G.A., Lysyanskii V.M. *Ekstragirovanie (sistematverdoetelo–zhidkost')* [Extraction (system the solid body – liquid)]. Leningrad, Chemistry Publ., 1974, 256 p.
12. Ivanov P.P. Razrabotka tekhnologii I apparaturnogo oformleniya proizvodstva kontsentrirrovannykh plodovoyagodnykh ekstraktov dlya molochnoi promyshlennosti [Development of technology and hardware registration of production of the concentrated fruit and berry extracts for the dairy industry]. *Candidate's thesis*. Kemerovo, 2002, pp. 125–134.
13. *GOST 28562-90. Produkty pererabotki plodov I ovoshchei. Refraktometricheskii metod opredeleniya rastvorimyykh sukhikh veshchestv* [State Standard 28562-90. Products of processing of fruits and vegetables. Refraktometrichesky method of definition of soluble solids]. Moscow, Standartinform Publ., 1990, 12 p.
14. Savenko A.V., Sorokopud A.F., Gritsenko V.V. Poluchenie ekstraktov list'ev krapivy dvudomnoi I breezy povisloi v vibratsionnom apparate [Receiving extracts of leaves of a nettle a two-blast furnace and birches povisly in the vibration equipment]. *Equipment and technology of food productions*. 2015, no. 3, pp. 101–108.
15. Dubinina N.V., Gritsenko V.V., Simsive Zh.V. Poluchenie ekstraktov iz zamorozhennogo plodovogo syr'ya v vibratsionnom apparate [Receiving extracts from the frozen fruit raw materials in the vibration equipment]. *Equipment and technology of food productions*. 2013, no. 1, pp. 69–75.

Статья поступила в редакцию 20.02.2017