

УДК 664.85.037:634.18

Влияние температуры экстрагента на процесс получения экстракта из замороженных плодов рябины красной в аппарате с вибрационной насадкой

Канд. техн. наук П. П. ИВАНОВ¹, канд. техн. наук И. Б. ПЛОТНИКОВ²,
М. А. ХАЛТУРИН³

¹ipp7@yandex.ru, ²plotnikov-ib@mail.ru, ³longhair89@mail.ru

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности
650056, Россия, г. Кемерово, бульвар Строителей, 47

Использование замороженного плодово-ягодного сырья при производстве экстрактов позволяет не только снизить колебания производственного цикла связанные с сезонностью сбора сырья, но и увеличить выход экстрактивных веществ, вследствие разрушения клеточных оболочек кристаллами льда. В тоже время, использование замороженного сырья предполагает включение в технологический процесс дополнительной стадии — дефростации, что ведет к удлинению производственного цикла. Разработка и изучение работы оборудования позволяющего совместить процессы дефростации, измельчения и экстрагирования является актуальной задачей. В настоящих исследованиях установлен характер влияния температуры подаваемого экстрагента на процессы измельчения и экстрагирования замороженного плодово-ягодного сырья в аппарате с вибрационной насадкой на примере замороженных плодов рябины красной. Определено, что повышение температуры подаваемого экстрагента приводит к увеличению степени измельчения сырья, но сопровождается большим расходом энергии на работу вибрационной насадки. Изучение кинетики процесса экстрагирования в аппарате с вибрационной насадкой в зависимости от температуры подаваемого экстрагента показало, что температура подаваемого экстрагента не влияет на полноту извлечения сухих водорастворимых веществ, но оказывает значительное влияние на продолжительность процесса экстрагирования. На основе проведенных исследований определено рациональное значение температуры подаваемого в аппарат экстрагента.

Ключевые слова: экстрактор, насадка вибрационная, температура экстрагента, дефростация.

The influence of extracting agent temperature on the process of frozen ashberries extracting in the apparatus equipped with the vibrating nozzle

Ph. D. P. P. IVANOV¹, Ph. D. I. B. PLOTNIKOV², M. A. KHALTURIN³

¹ipp7@yandex.ru, ²plotnikov-ib@mail.ru, ³longhair89@mail.ru

Kemerovo Institute of Food Science and Technology
47 Stroiteley Boulevard, 650056 Kemerovo, Russia

The usage of frozen raw material while producing extracts makes it possible to lower the dependence of the production cycle on the seasonal prevalence of fruit harvesting and to increase the output of extractive substances due to the destruction of cell membranes by the crystals of ice. At the same time, the usage of frozen raw material presupposes the inclusion of an additional stage in the technological process — defrosting which leads to the extension of the production cycle. The development and analysis of the equipment, which allows combining the processes of defrosting, grinding and extracting, are urgent tasks. The current studies have established the influence of the temperature of the supplied extracting agent on the grinding and extracting of frozen fruit raw material in an apparatus with an oscillating nozzle taking frozen ashberries as an example. It has been defined that the increase in the temperature of the supplied extracting agent leads to the growth in grinding degree but it is accompanied by the great energy consumption on the operation of the oscillating nozzle. The analysis of extraction kinetics in the apparatus with the oscillating nozzle, depending on the temperature of the supplied extracting agent, shows that the temperature of the supplied extracting agent doesn't have an influence on the completeness of the extraction of dry soluble substances, but it has a significant effect on the duration of extraction. Based on the conducted researches, the rational temperature of supplied extracting agent has been determined.

Keywords: extractor, vibrating nozzle, extracting agent temperature, defrosting.

Процесс экстрагирования является широко распространенным процессом в свеклосахарной, маслоэкстракционной, пивобезалкогольной и других отраслях пищевой промышленности, а также в химической промышлен-

ности. Данный процесс характеризуется сложностью, обусловленной многоступенчатостью и значительным количеством технологических и конструктивных параметров, влияющих на качественные и количественные

характеристики [1–3]. Помимо этого, процесс экстрагирования может быть осложнен использованием сырья, имеющего различные структурно-механические свойства, и требующего проведения специальной подготовки перед экстрагированием [2]. Например, сушеное сырье в ряде случаев предполагает предварительное увлажнение и набухание, а замороженное сырье — дефростацию и измельчение и т. п.

Использование замороженного плодово-ягодного сырья связано с тем, что сбор урожая носит сезонный характер, а замораживание как способ консервирования отличается своей простотой и экономичностью [4, 5]. Помимо решения задачи сохранности сырья на протяжении всего срока его переработки, замораживание позволяет подготовить плодово-ягодное сырье к переработке. Так в процессе медленного замораживания до температуры $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ влага, находящаяся в сырье, образует крупные кристаллы, которые разрывают клеточные оболочки, увеличивая выход экстрактивных веществ [4].

Как уже отмечалось, при выработке экстрактов из замороженного плодово-ягодного сырья характерно наличие стадий дефростации и измельчения. Современные технологии позволяют проведение данных стадий в одном аппарате [6], что способствует уменьшению общей продолжительности проведения процесса, сокращению межоперационных перемещений сырья, а высококоразвитая турбулизация системы взаимодействующих фаз, находящихся внутри аппарата, получаемая с помощью вибрационной насадки, приведет к интенсификации процесса экстрагирования и увеличению выхода целевых компонентов. Кроме того линия производства плодово-ягодных экстрактов с применением данного способа будет выгодно отличаться с точки зрения ресурсо- и энергосбережения [7].

Однако, несмотря на перспективность данного способа, его применению препятствует малая изученность факторов влияющих на протекание процесса. Одним из таких факторов является температура подаваемого экстрагента во многом определяющая скорость протекания, как подготовительных стадий процесса, так и непосредственно стадии экстрагирования.

Задачей настоящих исследований является определение рационального значения температуры подаваемого экстрагента, что позволит уменьшить затраты энергии на проведение процесса и повысить эффективность переработки замороженного плодово-ягодного сырья в целом.

Для исследований использовался экстрактор с вибрационной насадкой, позволяющий одновременно проводить ряд процессов — дефростацию, измельчение и непосредственно экстрагирование [7].

Схема экстрактора с вибрационной насадкой показана на рис. 1. Аппарат имеет цилиндрический корпус 1 с плоским дном. В корпусе соосно установлен шток 2 совершающий возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости с заданной амплитудой и частотой колебаний, передаваемых от кривошипно-шатунного механизма 4. Значение амплитуды и частоты колебаний определяется исходя из технологических особенностей процесса и физико-химических свойств перерабатываемого сырья [8]. На штоке жестко закреплена, перфо-

рированная свободными отверстиями цилиндрической формы, насадка 3, имеющая по периферии отбортовку, при этом величина зазора между корпусом аппарата и отбортовкой не превышает 2 мм. При возвратно-поступательном движении насадки, это обеспечивает формирование гидродинамического режима характеризующегося знакопеременным давлением по обе стороны перфорированной насадки [8, 9]. В этих условиях обеспечивается высокая скорость образования коротких кавитационных волн и вихрей при прохождении жидкости через отверстия перфорированных тарелок. Это способствует обновлению поверхности контакта фаз, уменьшению толщины пограничного слоя, измельчению частиц твердой фазы, что, в конечном счете, позволяет повысить скорость протекания всех процессов в аппарате [10, 11].

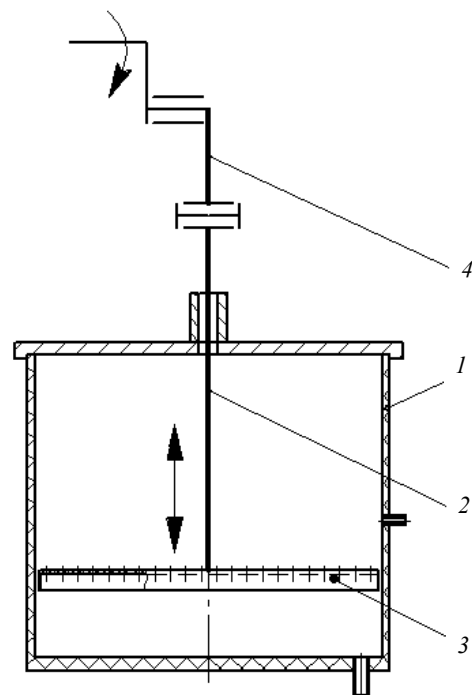


Рис. 1. Схема экстрактора с вибрационной насадкой

Для проведения исследований использовались замороженные плоды рябины красной сорта «Гранатная», собранные в 2012 г. в Кемеровском плодопитомнике ОАО «Плодпитомник-1».

Исследования проводились с использованием экстрагента (вода) температурой от 10 до 60 $^{\circ}\text{C}$ с интервалом варьирования 10 $^{\circ}\text{C}$. Верхняя граница температуры экстрагента (60 $^{\circ}\text{C}$) обусловлена термолabileностью компонентов сырья [4]. Выбор нижней границы температуры экстрагента (10 $^{\circ}\text{C}$) связан главным образом с естественным уменьшением температуры подаваемого экстрагента при минимальном значении отношения количества твердой и жидкой фаз, в случае многократного экстрагирования замороженного сырья, а также при проведении процесса в непрерывном режиме с использованием рециркуляции.

В соответствии с поставленной задачей, прежде всего, изучалось влияние температуры подаваемого экстрагента на стадию измельчения замороженного сырья.

Эффективность измельчения в аппарате оценивалась количеством неразрешенного исходного сырья за определенное время работы. В виду того, что плодово-ягод-

ное сырье обладает сложной структурой по сравнению с другими видами растительного сырья, оценка процесса измельчения, а именно определение дисперсности и степени измельчения сырья, является затруднительной, поскольку полученный в результате процесса шрот имеет широкий разброс значений размеров и форм составляющих его частиц, что существенно затрудняет анализ.

Нами предложено проводить качественную оценку процесса измельчения, определяя степень разрушения исходных плодов. При этом, чем меньше по окончании эксперимента оставалось неразрушенного сырья, тем меньше была дисперсность полученного шрота определенная визуально и с использованием набора сит. К неразрушенному сырью относились плоды, которые по окончании процесса сохраняли целостность оболочки. Таким образом, показатель эффективности количественного измельчения одновременно показывает и его качество.

Степень разрушения ζ , %, оценивалась по следующей формуле

$$\zeta = 100 \cdot \frac{m_{\text{разр}}}{m}, \quad (1)$$

где $m_{\text{разр}}$ — масса разрушенных плодов, кг;
 m — масса загруженных плодов, кг.

Замороженные до -18 ± 1 °С плоды, массой 500 г, загружали под вибрационную насадку аппарата и заливали экстрагентом (водой), объемом 2 л, обеспечивая гидромодуль 0,25 (1:4).

Через 40 с после включения аппарата производилась его остановка. Затем осуществлялось разделение полученной суспензии на шрот и жидкую среду, после чего определялась масса разрушенных и неразрушенных плодов в шроте. Время проведения эксперимента определялось по результатам предварительных исследований кинетики процесса экстрагирования, которые показали, что стадия дефростации занимает до 40 с. процесса при различных значениях температуры подаваемого экстрагента. При этом измельчение проходит параллельно дефростации, но с различной интенсивностью.

Амплитуда колебаний насадки составляла 14 мм, что являлось основным условием для осуществления процесса измельчения, а частота колебаний равнялась 13,3 Гц, что соответствовало ее рациональному значению [8].

Дальнейшим этапом исследований являлось определение характера влияния температуры подаваемого экстрагента на кинетику процесса получения экстракта из замороженных плодов рябины красной. Продолжительность процесса составляла 4 минуты, при этом отбор проб экстракта проводили каждые 20 с. В пробах определялось содержание сухих водорастворимых веществ с использованием рефрактометра ИРФ 454 Б2М.

Влияние начальной температуры экстрагента на процесс измельчения показано на рис. 2. Как видно из результатов исследования, повышение температуры подаваемого экстрагента приводит к увеличению степени измельчения сырья. Это можно объяснить тем, что повышение температуры подаваемого экстрагента приводит к ускорению процесса дефростации сырья. Плотная оболочка плодов теряет упругость при размораживании. В результате, под воздействием гидромеханических усилий размороженные плоды начинают разрушаться быстрее.

Следует отметить, что в рассматриваемый период затраты энергии (Э, Дж), на работу вибрационной насадки, создающей условия для измельчения плодов, при минимальных температурах экстрагента меньше (рис. 2). Это обусловлено тем, что за указанное время при обработке замороженных плодов экстрагентом с температурой до 20 °С не происходит достаточная для измельчения дефростация и плоды, сохраняя свойства твердого тела, отскакивают от вибрационной насадки без значительного разрушения. Вследствие чего неизменными остаются физико-химические и структурно-механические свойства обрабатываемой суспензии, кроме того не наблюдается закупоривание отверстий перфорированной насадки неразрушенными плодами. Однако, при дальнейшей обработке замороженных плодов рябины в аппарате с вибрационной насадкой, даже при температуре подаваемого экстрагента 10 °С создаются условия, необходимые для дефростации и измельчения сырья.

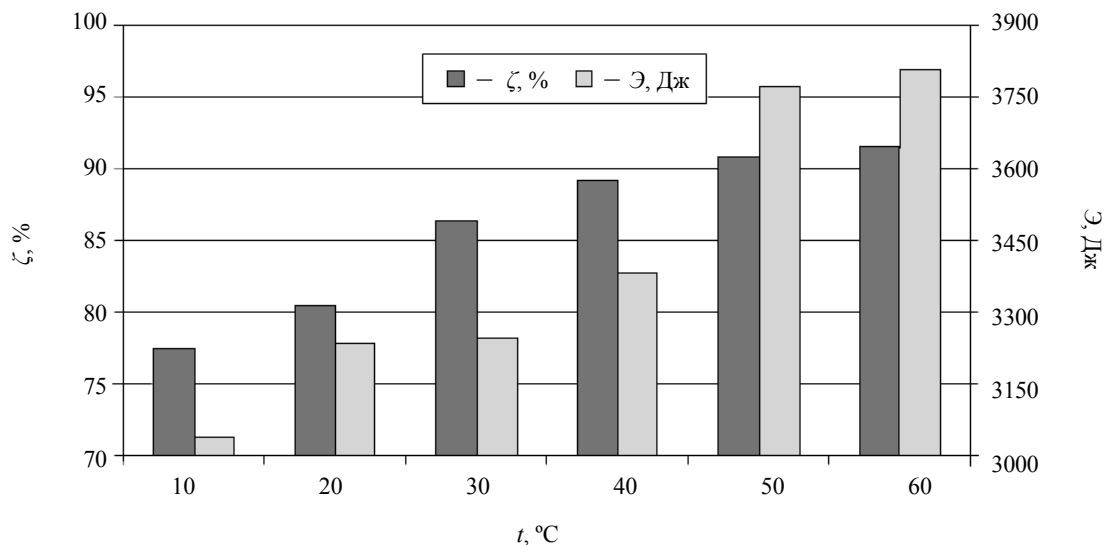


Рис. 2. Влияние начальной температуры экстрагента на степень разрушения замороженных плодов рябины красной и на энергию, затраченную на работу вибрационной насадки

Таблица 1

Результаты процесса экстрагирования замороженных плодов рябины красной в зависимости от температуры подаваемого экстрагента

| Температура подаваемого экстрагента, °С | Время получения экстракта, с | Концентрация сухих веществ в экстракте, % | Количество подведенной энергии, Дж |
|---|------------------------------|---|------------------------------------|
| 10 | 220 | 4,2 | 25136 |
| 20 | 200 | 4,2 | 23196 |
| 30 | 180 | 4,2 | 20704 |
| 40 | 160 | 4,2 | 18038 |
| 50 | 140 | 4,2 | 16550 |
| 60 | 140 | 4,2 | 16812 |

Изучение кинетики процесса экстрагирования в аппарате с вибрационной насадкой в зависимости от температуры подаваемого экстрагента показало, что температура подаваемого экстрагента не влияет на полноту извлечения сухих водорастворимых веществ (табл. 1), но оказывает значительное влияние на продолжительность процесса экстрагирования.

Сопоставление кинетических кривых экстрагирования замороженных плодов рябины с использованием экстрагента температурой 10 и 60 °С (рис. 3) показывает, что при минимальной температуре экстрагента создание условий для дефростации сырья является основным требованием для проведения процесса. В данном случае, использование экстрагента температурой 10 °С удовлетворяет этому требованию. Как видно из графика, при проведении процесса с использованием экстрагента температурой 60 °С стадия дефростации происходит с большей скоростью и в начале процесса сразу наблюдается рост концентрации сухих веществ в экстракте. При использовании экстрагента температурой 10 °С стадии дефростации и измельчения проходят медленнее, замедляя тем самым и стадию экстрагирования. Например, при подаче экстрагента температурой 10 °С стадия дефростации занимает первые 40 с процесса, после чего происходит интенсивное доразрушение плодов и последующий значительный рост концентрации сухих водорастворимых веществ в экстракте.

Отмеченное в начале обработки повышение мощности на работу вибрационной насадки при более высоких температурах экстрагента (рис. 2 и 4) обусловлено тем, что быстрая дефростация поверхности плодов рябины при сохранении центральных слоев плода в замороженном состоянии затрудняет разрушение плода, при его прохождении через отверстия перфорации насадки. Это ведет к закупориванию отверстий и уменьшению доли живого сечения. В тоже время дефростация плодов при температуре подаваемого экстрагента 10÷30 °С способствует равномерному распределению тепла по всему объему плода и созданию благоприятных условий для его измельчения. Следует отметить, что по окончании процесса измельчения, наблюдается снижение мощности затрачиваемой на работу вибрационной насадки (при $t_s = 60$ °С после 100 с, при $t_s = 10$ °С после 140 с.) К моменту достижения предельного значения концентрации сухих веществ в экстракте мощность, затрачиваемая на ви-

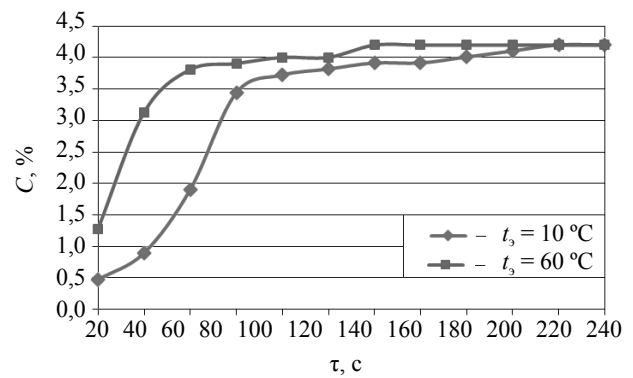


Рис. 3. Влияние начальной температуры экстрагента на кинетику экстрагирования замороженных плодов рябины красной

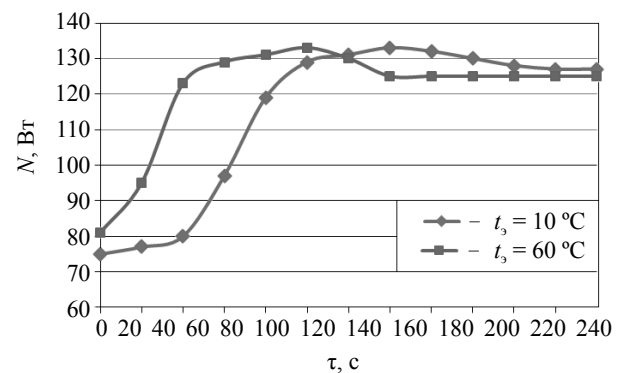


Рис. 4. Изменение затрат мощности на работу вибрационной насадки при экстрагировании замороженных плодов рябины красной экстрагентом с различной начальной температурой

рационной перемешивание полученной среды близка при различных температурах.

Из табл. 1 видно, что количество энергии, затраченной на работу вибрационной насадки, снижается с повышением температуры подаваемого экстрагента. Это объясняется сокращением времени обработки сырья в аппарате до достижения предельной концентрации сухих водорастворимых веществ. Однако, отмеченное снижение энергопотребления не компенсирует затраты энергии на нагрев экстрагента до температур выше 30 °С.

Таким образом, в качестве рациональной температуры подаваемого экстрагента для проведения процесса получения экстракта из замороженных плодов рябины красной при гидромодуле, равном 0,25, в аппарате с вибрационной насадкой, можно рекомендовать температуру 20÷30 °С. Использование экстрагента с меньшей температурой приведет к увеличению продолжительности процесса, а также недостаточной дефростации сырья и как следствие к снижению эффективности процесса. В тоже время применение экстрагента температурой выше 30 °С приведет к увеличению затрат энергии на подготовку экстрагента и на работу привода вибрационной насадки направленной на разрушение сырья, и несмотря на сокращение продолжительности процесса понижает его эффективность.

Список литературы

1. Романков П. Г., Курочкина М. И. Экстрагирование из твердых материалов. — Л.: Химия, 1983. 256 с.

2. Лысянский В. М., Гребенюк С. М. Экстрагирование в пищевой промышленности. — М.: Агропромиздат, 1987. 188 с.

3. Бабенко Ю. И., Иванов Е. В. Экстрагирование. Теория и практические приложения. — СПб.: НПО «Профессионал», 2009. 336 с.

4. Короткий И. А. Сибирская ягода. Физико-химические основы технологий низкотемпературного консервирования. — Кемерово, 2007. 146 с.

5. Андреева Е. В. Исследование процесса экстрагирования замороженных ягод клюквы в поле низкочастотных механических колебаний [производство плодово-ягодных экстрактов] // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. 2008. № 1. С. 208.

6. Патент 2341979 Российская федерация, МПК А23L 1/212. Способ получения экстрактов/А. Ф. Сорокопуд, М. В. Суменков; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. — №2007116408/13; заявл. 02.05.2007; опубл. 27.12.2008, Бюл. №36. 4 с.

7. Сорокопуд, А. Ф. Модернизация линии производства плодово-ягодных экстрактов/А. Ф. Сорокопуд, В. В. Сорокопуд, И. Б. Плотников, Л. В. Плотникова // Техника и технология пищевых производств. 2014. № 1. С. 110–114.

8. Халтурин М. А., Иванов П. П. Влияние режимных параметров вибрационного воздействия на процесс экстрагирования // Кузбасс: образование, наука, инновации. — Кемерово: Фирма ПОЛИГРАФ, 2013. Т. 1. С. 487–489.

9. Voshkin A. A., Kodin N. V., Kostanyan A. E. Column Miniextractors with a Vibrating Nozzle // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2010, Vol. 44, No. 4, P. 616–618.

10. Закономерности и перспективы применения виброэкстрагирования для переработки растительного сырья/Завьялов В. Л., Бодров В. С., Мисюра Т. Г. и др. // Пленарные докл. IV Международной конференции «ЭОС 2010». — Воронеж, 2010. — С. 2011.

11. Сорокопуд А. Ф., Иванов П. П. Использование системного анализа при исследовании аппаратов с вибрационной насадкой. // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия «Процессы и аппараты пищевых производств». 2014. № 1.

References

1. Romankov P. G., Kurochkina M. I. Extraction from solid materials. — Leningrad: Khimiya, 1983. 256 p. (in Russian).

2. Lysyanskii V. M., Grebenyuk S. M. Extraction in the food industry. — Moscow: Agropromizdat, 1987. 188 p. (in Russian).

3. Babenko Yu. I., Ivanov E. V. Ekstragirovanie. Teoriya i prakticheskie prilozheniya. — St. Petersburg: NPO «Professional», 2009. 336 p. (in Russian).

4. Korotky I. A. Sibirskaya yagoda. Siberian berry. Physical and chemical bases of technologies of the low-temperature conservation. — Kemerovo, 2007. 146 p. (in Russian).

5. Andreeva E. V. Research of process of extraction of the frozen berries of a cranberry in the field of low frequency mechanical oscillations [production of fruit and berry extracts]. *Pishcheyaya i pererabatyvayushchaya promyshlennost'*. 2008. No 1. p. 208. (in Russian).

6. Patent 2341979 Rossiiskaya federatsiya, MPK A23L 1/212. Method of receiving extracts. A. F. Sorokopud, M. V. Sumenkov, Kemerovo, №2007116408/13; yayavl. 02.05.2007; opubl. 27.12.2008, Byul. No 36. 4 p. (in Russian).

7. Sorokopud, A. F. Upgrade of a production line of fruit and berry extracts/A. F. Sorokopud, V. V. Sorokopud, I. B. Plotnikov, L. V. Plotnikova. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*. 2014. No 1. p. 110–114. (in Russian).

8. Khalturin M. A. Ivanov P. P. Influence of regime parameters of vibrational influence on extraction process. *Kuzbass: obrazovanie, nauka, innovatsii*. — Kemerovo: Firma POLIGRAF, 2013. Vol. 1. p. 487–489. (in Russian).

9. Voshkin A. A., Kodin N. V., Kostanyan A. E. Column Miniextractors with a Vibrating Nozzle. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*, 2010, Vol. 44, No. 4, P. 616–618.

10. Zav'yalov V. L., Bodrov V. S., Misyura T. G. Regularities and perspectives of application of vibroextraction for processing of vegetable raw materials. Plenary reports of the IV International conference «EOS 2010». Voronezh, 2010. p. 2011. (in Russian).

11. Sorokopud A. F., Ivanov P. P. Use of systems analysis in case of research of devices with a vibrational nozzle. *Nauchnyi zhurnal NIU ITMO. Seriya «Protsessy i apparaty pishchevykh proizvodstv»*. 2014. No 1. (in Russian).

Авторам и читателям журнала!

С 2014 года действует официальный сайт журнала
«Вестник Международной академии холода»

ВЕСТНИК
Международной
Академии Холода



JOURNAL
International Academy
of Refrigeration

ISSN 1606-4313

www.vestnikmax.com

