

УДК 62.9:536.242:664.87

ТЕХНОЛОГИЯ ВАКУУМНО-ИМПУЛЬСНОГО ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РАСТВОРИМЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ КРАПИВЫ И ХМЕЛЯ

Гуськов А.А., Родионов Ю.В., Анохин С.А., Гливенкова О.А., Плотникова С.В.

Проведены результаты исследования влияния вакуумно-импульсного метода на кинетику экстрагирования водорастворимых сухих веществ из крапивы двудомной и хмеля обыкновенного. Определено влияние температуры, вакуума и предварительных импульсов на интенсивность процесса экстрагирования. Вакуумно-импульсный метод по сравнению с обычным настаиванием и подогревом экстракта позволяет интенсифицировать процесс экстрагирования хмеля в 1,7 раза, крапивы – в 2 раза, сохраняя максимально возможное количество полезных и биологически активных веществ и витаминов.

Ключевые слова: экстрагирование, крапива двудомная, хмель обыкновенный, теплообменные процессы, вакуумные технологии.

Введение

На сегодняшний день всё больше появляется потребность в новых технологиях по переработке растительных материалов. Более востребованными становятся натуральные биологически чистые продукты, обладающие большим спектром витаминов и полезных веществ в таких сферах как производство пищевых и биологически активных добавок, лекарственных препаратов, косметики, в сельском хозяйстве и т.д. [1–3].

Большим спектром таких функций обладает крапива двудомная, в листьях которой присутствуют различные витамины (В2 и В6, С, К), каротин, дубильные вещества, хлорофилл, кальций, железо, магний. В растении присутствует также белок. Благодаря этому, траву используют и в сельском хозяйстве. Отмечается существенное повышение яйценоскости кур и удоев коров, если в корм животным добавлена крапива двудомная. Лечебные свойства растения также широко известны. В частности, трава обладает противовоспалительным и кровоостанавливающим действием. Растение оказывает противозудный, иммуностропный и поливитаминный эффект. Крапива способствует ускорению регенерации (заживления), нормализации общего обмена веществ. Свойства травы используются при терапии бронхолегочных патологий. Растение обладает отхаркивающим, антисептическим и обезболивающим эффектом. Трава оказывает противосудорожное действие, а также способствует восстановлению обоняния [4, 5].

Полезными свойствами славится и хмель обыкновенный. Шишки хмеля содержат эфирные масла, различные смолы и горечи, валериановую кислоту, аминокислоты, витамины, флавоноиды и др. Водный настой шишек хмеля помогает при отсутствии аппетита, улучшает пищеварение, действует как успокаивающее средство при перевозбуждении нервной системы и бессоннице. Прекрасный тера-

певтический эффект наблюдается и при лечении заболеваний почек и мочеполовой системы, при гипертонии и атеросклерозе, водянке, желтухе, гастрите и болезнях печени. Витамины, гормоны, а также флавоноиды, входящие в состав этого растения, оказывают положительное воздействие при лечении язв, укрепляют стенки капиллярных сосудов, обуславливают бактерицидное, антиаллергическое и болеутоляющее действие [6–9].

Ареал произрастания у этих растительных материалов очень распространён, позволяя производить заготовку в больших объёмах и не требуя значительных финансовых затрат.

Целью работы являлось исследование технологии вакуумного экстрагирования растворимых веществ из крапивы двудомной и хмеля обыкновенного с применением предварительных импульсов.

Объекты и методы исследований

В исследованиях использовали высушенные шишки (соплодия) хмеля обыкновенного (ГОСТ 21946–76) и измельчённые листья крапивы двудомной (ГОСТ 12529–67) (рис. 1).

Экстрагирование с гидромодулем 1:100 по объёму сырья проводили методами.

– Настаивание при температуре 20–22 °С.



Рис. 1. Высушенные шишки хмеля (слева) и листья крапивы двудомной (справа)



Рис. 2. Процесс проведения эксперимента с помощью магнитной мешалки

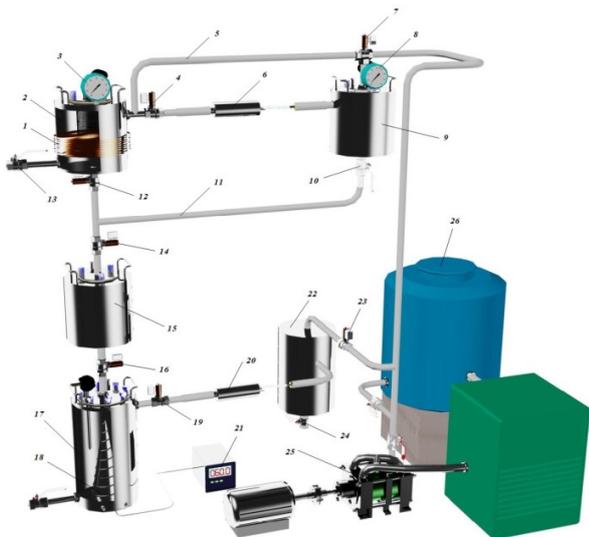


Рис. 3. Универсальная вакуумно-импульсная экстракционно-выпарная установка:

1 – нагреватель ленточный; 2 – экстрактор; 3, 8 – вакуумметр; 4, 7, 10, 12, 13, 14, 16, 19, 23, 24 – клапан; 5, 11 – паропровод; 6, 20 – дистиллятор; 9, 22 – ёмкость сбора дистиллята; 15 – ёмкость подачи раствора для упаривания; 17 – выпариватель; 18 – нагреватель конусообразный; 21 – ПИД-регулятор; 25 – ЖВН; 26 – конденсатор



Рис. 4. Кривая выхода сухих растворимых веществ хмеля в экстрагент

В стеклянную колбу помещали сырьё и заливали экстрагентом (дистиллированная вода).

– Подогрев и помешивание раствора при температуре 52–54 °С с помощью магнитной мешалки ММ6 (рис. 2). В стеклянную колбу помещали сырьё и заливали предварительно подогретым до температуры 52 °С экстрагентом (дистиллированная вода).

– Подогрев раствора в вакууме при температуре кипения 52–54 °С на разработанной универсальной экстракционно-выпарной вакуумной установке [10]. В экстрактор установки помещали сырьё, подвергали импульсному воздействию (длительностью 0,2–0,5 с) для обеспечения более интенсивного вымывания целевого продукта из клеток сырья и под вакуумом заливали предварительно подогретым до температуры 52 °С экстрагентом (дистиллированная вода). Вакуум поддерживали на уровне 15–17 кПа с соответствующей температурой кипения 54–56 °С.

С определённой периодичностью отбирали пробы экстракта для определения в нём содержания сухих растворимых веществ рефрактометрическим способом. Рефрактометрия проводилась на лабораторном рефрактометре ИРФ-454 Б2М, откалиброванном по стандартным растворам. Для получения более достоверных данных на каждом режиме проводили серию из трёх опытов. Результаты, значительно отличающиеся от средних, исключались.

Вакуумное экстрагирование проводили на экспериментальной установке, предназначенной для экстрагирования растительных материалов и упаривания (концентрирования) растворов (рис. 3). В экстрактор 2 загружали сырьё, подвергали импульсному воздействию (создание и сброс вакуума), заливали предварительно подогретым экстрагентом. Температура раствора поддерживалась постоянной на уровне 54–54 °С с помощью ленточного нагревателя 1. Образующийся дистиллят в процессе экстрагирования возвращался обратно в экстрактор. По завершении экстрагирования, полученный экстракт сливался в ёмкость 15. В дальнейшем имеется возможность вакуумного упаривания (концентрирования) экстракта. Для этих целей предусмотрена ёмкость – выпариватель 17 с кону-



Рис. 5. Кривая выхода сухих растворимых веществ крапивы в экстрагент

сообразным нагревателем. Вакуум в установке создавался с помощью разработанного двухступенчатого жидкостно-кольцевого вакуумного насоса 25 (ЖВН) [11].

Результаты и их обсуждение

Полученные опытные данные по концентрациям сухих извлеченных веществ в экстракте по уравнению материального баланса пересчитывали в их концентрации в жидкой фазе.

На рис. 4 показано влияние режимов экстрагирования на кинетику извлечения экстрагируемых веществ из шишек хмеля обыкновенного первые 70 мин.

Анализ экспериментальных данных показывает, что процесс настаивания является самым длительным. Продолжительность полной экстракции при температуре 20–22°C составляет несколько суток. При нагреве экстрагента до температуры 52–54 °C с постоянным помешиванием видно, что процесс по сравнению с предыдущим протекает быстрее. За первые 10 мин показатель выхода сухих растворимых веществ (СВ) в экстрагент на 0,2% СВ больше. Полная экстракция при данном методе составила 50 мин. Экстрагирование под вакуумом с применением предварительных импульсов позволило сократить общее время до 30 мин. За первые 10 мин экстракции количество СВ составило 0,9%, что на 22% больше.

На рис. 5 показано влияние режимов экстрагирования на кинетику извлечения экстрагируемых веществ из крапивы двудомной в течение 120 мин.

Процесс настаивания крапивы по сравнению с другими методами экстрагирования также длится значительно дольше. При нагреве экстрагента до температуры 52–54°C с постоянным помешиванием в первые 10 мин выход сухих растворимых веществ в экстрагент достиг показателя 0,82%, при экстрагировании под вакуумом 0,84%. Полная вакуумная экстракция длилась 25 мин, что в 2 раза быстрее простого подогрева экстрагента.

Самый значительных показатель выхода сухих растворимых веществ в экспериментах с обоими видами растительного сырья наблюдается в первые

10 мин. Это объясняется тем, что в первые минуты происходит массоперенос в пористых частицах материала. Через некоторое время при истощении периферийных слоев частиц скорость экстрагирования существенно снижается. В этот момент времени СВ остаются либо в ядрах (центральных областях) частиц, либо на значительном расстоянии от транспортных пор. Дальнейшее увеличение выхода СВ происходит только за счет молекулярной диффузии.

Применение вакуума при проведении экстракции позволило интенсифицировать процесс по сравнению с другими рассматриваемыми в данной работе процессами. Вакуумное экстрагирование хмеля протекает на 20 мин быстрее по сравнению с процессом простого подогрева экстрагента и на несколько часов быстрее по сравнению с настаиванием. Вакуумное экстрагирование крапивы протекает на 25 мин быстрее по сравнению с процессом простого подогрева экстрагента и на несколько часов быстрее по сравнению с настаиванием.

Показатели выхода сухих растворимых веществ по времени хмеля обыкновенного и крапивы двудомной зависят также и от сочетания физико-химических свойств материала и диффузанта, концентрации, температуры, структуры материала и других факторов. На показатель выхода СВ также влияет выбор оптимального гидромодуля. При выборе гидромодуля с небольшой разницей (к примеру, 1:10, 1:5 и т.п.) существует вероятность достижения максимальной (равновесной) концентрации СВ в экстракте, не позволяющей дальнейшему выходу СВ.

Выводы

Вакуумно-импульсный способ экстрагирования растительных материалов по сравнению с настаиванием и подогревом экстрагента интенсифицирует процесс, сохраняя при этом максимальное количество полезных и биологически активных веществ и витаминов за счёт низких температур кипения. Применение предварительных импульсов способствует быстрейшему протеканию массопереноса внутри частиц сырья.

Список литературы

- [1] Новое технологическое оборудование для комплексной переработки пищевого сырья растительного происхождения / Л. А. Сиваченко, Н. В. Курочкин, М. А. Киркор, Р. А. Бондарев, Т. Л. Сиваченко // Вестник Полоцкого государственного университета. Серия В: Промышленность. Прикладные науки. 2014. № 11. С. 52–58.
- [2] Адекенев, С. М. Эффективные технологии для комплексной переработки растительного сырья / С. М. Адекенев // В сборнике: Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья. материалы VII Всероссийской конференции с международным участием. 2017. С. 262–264.
- [3] Зимняков, В.М. К вопросу повышения уровня продовольственной безопасности России / В.М. Зимняков, А. А. Курочкин // Инновационная техника и технология. 2015. № 4 (5). С. 5–10.
- [4] Яцюк, В. Я. Биологически активные вещества крапивы двудомной / В. Я. Яцюк, Г. А. Чалый, О. В. Сошникова // Российский медико-биологический вестник им. академика И. П. Павлова. 2006. № 1. С. 25–29.
- [5] Zeipiņa, S. Stinging nettle – the source of biologically active compounds as sustainable daily diet supplement / S. Zeipiņa, I. Alsiņa, L. Lepse // Research for Rural Development 20th. 2014. P. 34–38.
- [6] Кароматов, И. Д. Пищевое и лечебное значение растения хмель обыкновенный / И. Д. Кароматов, Ш. Т. Атамурадова // Биология и интегративная медицина. 2018. № 1. С. 187–212.
- [7] Биологически активные вещества дикорастущего хмеля обыкновенного (*humulus lupulus* L.), произрастающего в республике Северная Осетия-Алания / А. В. Хмелевская, С. К. Черчесова, А. А. Компанцев, И. Т. Караева // Известия Горского государственного аграрного университета. 2017. Т. 54. № 2. С. 195–198.
- [8] Гусев, П. В. Влияние способа экстракции на состав и выход хмелевого экстракта / П. В. Гусев, В. Е. Струкова, В. Т. Христюк // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. 2011. № 4 (322). С. 15–17.
- [9] Иванова, Е. П. Разработка линии производства хмеле-тыквенной закваски / Е. П. Иванова // Инновационная техника и технология. 2015. № 3 (04). С. 17–22.
- [10] Универсальная экстрактно-выпарная установка растительного сырья / А. А. Гуськов, Ю. В. Родионов, В. П. Капустин, Д. В. Никитин, С. А. Анохин, В. В. Коновалов // Наука в центральной России. 2017. № 2 (26). С. 32–41.
- [11] Двухступенчатая жидкостно-кольцевая машина: пат. № 2551449 РФ, МПК F04C7/00, F04C19/00 / Гуськов А. А., Никитин Д. В., Платицин П. С., Родионов Ю. В.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Тамб. ГТУ». – № 2014127083/06; заявл. 02.07.2014; опубл. 27.05.2015, БИ № 15.

TECHNOLOGY VACUUM-IMPULSIVE EXTRACTION OF SOLUBLE SUBSTANCES FROM NETTLE AND HOPS

Guskov A.A., Rodionov Yu.V., Anokhin S.A., Glivenkova O.A., Nikitin D.V.

The results of the investigation of the effect of the vacuum-pulse method on the kinetics of extraction of water-soluble dry substances from common nettle and hop are obtained. The effect of temperature, vacuum and preliminary pulses on the intensity of the extraction process is determined. The vacuum-pulse method in comparison with the usual infusion and heating of the extract makes it possible to intensify the hop extraction process by a factor of 1.7, nettle extraction process – by a factor of 2, preserving the maximum possible number of useful and biologically active substances and vitamins.

Keywords: *extraction, common nettle, common hop, heat and mass transfer processes, vacuum technologies.*

References

- [1] Sivachenko L. A., Kurochkin N. V., Kirkor M. A., Bondarev R. A., Sivachenko T. L. Novoe tekhnologicheskoe oborudovanie dlya kompleksnoj pererabotki pishchevogo syr'ya rastitel'nogo proiskhozhdeniya [New technological equipment for complex processing of food raw materials of plant origin]. Vestnik Polockogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya V: Promyshlennost'. Prikladnye nauki, 2014, No 11. pp. 52–58.
- [2] Adekenov S. M. Effektivnye tekhnologii dlya kompleksnoj pererabotki rastitel'nogo syr'ya [Effective technologies for complex processing of vegetable raw materials]. V sbornike: Novye dostizheniya v himii i himicheskoi tekhnologii rastitel'nogo syr'ya. materialy VII Vserossijskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem, 2017, pp. 262–264.

- [3] Zimnyakov V.M., Kurochkin A.A. K voprosu povysheniya urovnya prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossii [On the issue of increasing the level of food security in Russia]. *Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, No 4 (5), pp. 5–10.
- [4] Yacyuk V.YA., G.A. Chalyj, Soshnikova O.V. Biologicheski aktivnye veshchestva krapivy dvudomnoj [Biologically active substances of nettle dioecious]. *Rossijskij mediko-biologicheskij vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2006, No 1, pp. 25–29.
- [5] Zeip̄a S., Als̄a I., Lepse L. Stinging nettle – the source of biologically active compounds as sustainable daily diet supplement. *Research for Rural Development 20th*, 2014, pp. 34–38.
- [6] Karomatov I.D., Atamuradova Sh.T. Pishchevoe i lechebnoe znachenie rasteniya hmel' obyknovennyj [Food and medicinal value of the plant hops ordinary]. *Biologiya i integrativnaya medicina*, 2018, No 1, pp. 187–212.
- [7] Hmelevskaya A.V., CHERchesova S.K., Kompancev A.A., Karaeva I.T. Biologicheski aktivnye veshchestva dikorastushchego hmelya obyknovennogo (*humulus lupulus* L.), proizrastayushchego v respublike Severnaya Osetiya-Alaniya [Biologically active substances of wild hops ordinary (*humulus lupulus* L.), grown in the Republic of North Ossetia-Alania]. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, T. 54, No 2. pp. 195–198.
- [8] Gusev P.V., Strukova P.V., Hristyuk V.T. Vliyanie sposoba ehkstrakcii na sostav i vyhod hmelevogo ehkstrakta [Effect of the extraction method on the composition and yield of hop extract]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Pishchevaya tekhnologiya*, 2011, No 4 (322), pp. 15–17.
- [9] Ivanova E.P. Razrabotka linii proizvodstva hmele-tykvennoj zakvaski [Development of the production line of hops-pumpkin starter]. *Innovacionnaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, No 3 (04), pp. 17–22.
- [10] Guskov A.A., Rodionov Yu.V., Kapustin V.P., Nikitin D.V., Anohin S.A., Kononov V.V. Universal'naya ehkstraktno-vyparnaya ustanovka rastitel'nogo syr'ya [Universal extracto-evaporation plant materials]. *Nauka v central'noj Rossii*, 2017, No 2 (26), pp. 32–41.
- [11] Guskov A.A., Nikitin D.V., Platicin P.S., Rodionov Yu.V. Dvuhstupenchataya zhidkostno-kol'cevaya mashina [Two-stage liquid ring machine]. Patent RF № 2551449 RF, MPK F04C7/00, F04C19/00 /; zayavitel' i patentoobladatel' FGBOU VPO «Tamb. GTU». – № 2014127083/06; zayavl. 02.07.2014; opubl. 27.05.2015, BI No15.