



ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

УДК 615.322

Экстракция лекарственных растений в растворах под воздействием ультразвуковых вибраций

А.А. Петруша

Донской государственный технический университет (г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация)

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния микровибраций на экстракты растительного сырья. Исследовано влияние частоты и амплитуды на формирование синусоидальных сигналов. Результаты экстракции оценивались по количеству твёрдого остатка после экстракции, вязкости, оптической плотности раствора, показателям газожидкостной хроматографии и газожидкостной хроматографии/масс-спектрометрии после экстракции валерианы. Наибольший эффект был получен при 70% этаноле. Этот результат был объяснён вращательными колебаниями кластеров растворителя. С увеличением количества этанола в растворе размер указанных кластеров уменьшается.

Ключевые слова: Эхинацея пурпурная, экстракт валерианы лекарственной, валериана лекарственная, акустический эффект.

Herb Extraction in Different Solutions by Ultrasound

Aleksandr A Petrusha

Don State Technical University (Rostov-on-Don, Russia)

Abstract. The article presents the results of the study of the influence of microvibrations on the extraction of plant raw materials. The influence of frequency and amplitude on the formation of sinusoidal signals is investigated. The extraction results were evaluated by the amount of solid residue after Echinacea extraction, the optical density of the solution, gas-liquid chromatography/mass spectrometry after valerian extraction. The greatest effect was obtained in 70% ethanol. This result was explained by rotational vibrations of solvent clusters. As the amount of ethanol in the solution increases, the size of these clusters decreases.

Keywords: Echinacea purpurea, valerian officinalis extraction, 70 % ethanol, water, acoustic effect.

Валериана пурпурная (*Echinacea purpurea*) — одно из самых распространенных и известных лекарственных растений, которое содержит множество биологически активных веществ и используется как лекарственное средство широкого спектра действия. Препараты на основе *E. purpurea* обладают иммуностимулирующими свойствами благодаря алкамидам, производным кофейной кислоты и полисахаридам [1–3]. Соотношение и фармакологическая активность соединений, выделенных из растения, варьируются в зависимости от метода приготовления настойки или экстракта [4].

Валериана лекарственная (*Valeriana officinalis*) — распространенное лекарственное растение, в лечебных целях используется вся корневая система этого растения [5–7]. Активность экстрактов валерианы обусловлена взаимодействием нескольких компонентов, а не одного ингредиента или класса компонентов. Корень и корневище богаты эфирными маслами, флавоноидами, алкалоидами, аминокислотами и лигнаноидами, которые обладают характерным ароматом. Валериана обладает седативным, снотворным, желчегонным, гипотензивным и улучшающим коронарное кровообращение действием. Наиболее распространенным препаратом валерианы является спиртовая настойка [8–12].

Целью данного исследования является изучение эффективности метода импульсной модуляции для различных характеристик системы, таких как концентрация раствора этилового спирта, частота и амплитуда генератора. Метод импульсной модуляции использует электрические импульсы для изгибания антенны. Вибрации, возникающие при изгибе антенны, могут способствовать тепло- и массопереносу [13]. Импульсная

модуляция — это модуляция информации, часто колебаний, в серию импульсов [14]. Низкоэнергетическая импульсная (звуковая) стимуляция может быть использована для максимально эффективного извлечения экстрактивных веществ из исходного растения.

Влияние частоты и амплитуды колебаний в генераторе на экстракцию *E. purpurea* в 70 % спиртовом растворе

Были исследованы изменения в эффективности вытяжки экстрактивных веществ и цикориевой кислоты в диапазоне частот (300–600 кГц) при экстракции в 70 % спиртовом растворе (таблица 1).

Таблица 1

Зависимость прироста ЭВ и ЦК от частоты:
время выдержки — 5 часов; амплитуда — 2,8 В; температура — 21°C

Частота, кГц	Прирост ЭВ, %	Прирост ЦК, %
—	10,9	1,6
300	10,2	1,6
325	10,1	1,6
350	11,1	1,6
375	10,4	1,6
400	10,8	1,6
450	9,7	1,51
475	12,1	1,74
500	10,2	1,59
550	10,2	1,44
600	10,2	1,36

Эффективность достигает своего максимума при частоте 475 кГц. Минимальная погрешность в результатах анализа экспериментов без и с вибрацией — 5 %.

После экстракции содержание экстрактивных веществ и цикориевой кислоты в настое. Эффективность вытяжки зависела от амплитуды сигнала на генераторе (таблица 2).

Таблица 2

Зависимость прироста ЭВ и ЦК от амплитуды сигнала на настое:
время выдержки — 5 часов, частота — 475 кГц

Амплитуда, В	Прирост ЭВ, %	Прирост ЦК, %
2,8	10,9	1,6
2,9	12,5	1,89
3,0	12,1	1,74
3,1	12,1	1,89
3,2	12,8	2,04
3,3	12,3	1,90
3,4	12,1	1,89

Минимальная погрешность в результатах анализа экспериментов без и с вибрацией — 5 %.

Под воздействием вибраций с частотой 475 кГц и амплитудой 3 В количество получаемого сухого остатка возросло на 17 % по сравнению с экспериментом без вибраций.

2. Влияние частоты и амплитуды колебаний в генераторе на экстракт эхинацеи в горячей воде

При воздействии частот в диапазоне 50–350 кГц было замечено изменение эффективности вытяжки ЭВ и цикориевой кислоты во время экстракции эхинацеи в горячей дистиллированной воде с рН=7,5 (таблица 3).

Таблица 3

Зависимость прироста ЭВ и ЦК от частоты:
время выдержки — 2 часа, амплитуда — 2,8 В, температура — 90°C

Частота, кГц	Прирост ЭВ, %	Прирост ЦК, %
–	25,8	1,98
50	29,7	2,19
100	19,1	1,74
150	21,5	1,89
175	23,8	1,98
200	30,4	2,42
225	31,5	2,57
228	32,9	2,73
250	29,8	2,42
275	29,6	2,42
300	30,7	2,42
350	30,8	2,42

Наибольший результат импульсного метода был замечен при частоте в 228 кГц. Прирост остатка возросло на 27 %.

При использовании импульсного метода установлено следующее:

- под воздействием вибраций частотой 475 кГц и амплитудой 2,8 В прирост остатка твердого вещества при экстракции в 70 % растворе этанола возрастает на 17 %;
- при концентрации этанола 40 %, частоте 350 кГц и амплитуде 2,8 В происходит прирост на 10 % [15];
- при экстракции в горячей воде под воздействием вибраций частотой 228 кГц и амплитудой 3,2 В происходит прирост на 35 %.

3. Влияние частоты и амплитуды колебаний на прирост остатка при экстракцию валерианы в 40 % спиртовом растворе

Под воздействием частоты в диапазоне от 200 до 400 кГц в течение четырех часов на корневища валерианы в 40 % растворе этанола происходит прирост остатка валериановой кислоты. Максимальные значения прироста обнаружались при частоте 350 кГц (таблица 4). Минимальная погрешность в результатах анализа эксперимента составила 0,5 %.

Таблица 4

Зависимость прироста ВК, борнилацетата и валеренала от частоты:
время выдержки — 4 часа, амплитуда — 2,8 В, температура — 60°C

Частота, кГц	Максимум ВК	Максимум борнилацетата	Максимум валеренала
–	2020	1290	1320
200	1110	1020	1090
250	1480	980	1100
300	1660	1060	1170
350	2860	1430	1520
375	2460	1070	1270
400	2230	980	1260

Выяснилось, что оптимальная частота в данном эксперименте равна оптимальной частоте для 40 % спиртового экстракта эхинацеи. Может быть и так, что оптимальная частота вибраций крайне зависима от типа и размера сырого материала. Зависимость получения ВК от амплитуды сигнала сложна, но имеется оптимальная амплитуда, и она отлична от таковой для экстракта эхинацеи (таблица 5).

Таблица 5

Влияние амплитуды сигнала на экстракцию:
время выдержки — 4 ч, частота — 350 кГц, температура — 60°C

Амплитуда, В	Максимум ВК	Максимум борнилацетата	Максимум валеренала
2,4	1850	1000	1150
2,5	3000	1640	1570
2,6	2800	1320	1510
2,7	2850	1210	1170
2,8	2860	1430	1520
2,9	2500	1510	1430
3,0	1810	1630	1430
3,1	2730	1680	

Наибольший прирост ВК из экстракта валерианы был замечен при частоте 350 кГц. Влияние амплитуды на экстракцию борнилацетата и валеренала отличается от влияния частоты.

Таким образом, оптимальные частота и амплитуда во время вытяжки ЭВ следующие значения:

- в 40 % спиртовом растворе — 350 кГц и 3,0 В; прирост продукта — 35 %
- в 70 % спиртовом растворе, частота 475 кГц и амплитуда 3,0 В; прирост продукта — 17 %

В горячей воде при 228 кГц и 3,2 В, прирост возрастает на 17 %. Наибольший результат от использования импульсного метода (таблица 6).

Таблица 6

Влияние амплитуды сигнала на экстракцию:
Время выдержки — 2 ч, частота — 350 кГц, температура — 90°C

Амплитуда, В	Прирост ЦК, %
2,4	2,42
2,5	2,65
2,6	2,65
2,7	2,19
2,8	2,72
2,9	2,49
3,0	2,57
3,1	2,49
3,2	2,8
3,3	2,57

Для экстрактов валерианы в 40 % спиртовом растворе оптимальная частота воздействия похожа на наиболее эффективно для экстракта эхинацеи в 40 % спиртовом растворе — 350 кГц, но амплитуда оказалась чуть иной — 2,5 вместо 3,0 В. Вероятно, фактором, определяющим оптимальную частоту, является состав растворителя.

4. Объяснение полученных результатов

Известно, что вибрации улучшают ток жидкости по трубам, снижая степень замедляющей движение турбулентности [16]. Возможно также, что влияние вибраций (вибрации образуются при электромагнитных преобразованиях тока в замкнутом проводнике) заставляют сгустки жидкостей вибрировать и вращаться в проводящей ткани растительного материала.

Оптимальная частота, требуемая для раскрутки скоплений, зависит от массы и радиуса частиц. Размер скоплений чистой воды больше и для их раскручивания требуется меньшая частота [16], чем для скоплений из смеси воды и этанола. Возможно, дальнейшее нарастание частоты и амплитуды сверх оптимальных приводит к нарушениям в системе и хаотизации тока жидкости в проводящей ткани.

Заключение. Были подобраны такие состояния низкоэнергетического деформационного импульса, воздействие которых повышает продукт экстрактивных веществ из препаратов эхинацеи на воде и 70 % спиртовом растворе. Для вытяжки валерианы использовался 40 % спиртовой раствор. Наилучший результат замечен в водных экстрактах эхинацеи. Прирост продукции экстрактивных веществ достигал 35 % при

воздействии на препараты вибраций частотой 228 кГц и амплитудой 3,2 В. Выявлено, что оптимальная частота зависит от вида растворителя.

Библиографический список

1. Симонович Е.И., Гончарова Л.Ю., Шиманская Е.И. Влияние удобрений на содержание некоторых тяжёлых металлов и биологическую активность в чернозёме обыкновенном при возделывании эхинацеи пурпурной (*Echinacea purpurea* Moench. – убрать точку). *Фундаментальные исследования*. 2012;9:69–72.
2. Wagner H., Hikino H., Farnsworth N. *Economic and Medicinal Plant Research*. London;1989. p. 252–31.
3. Мамчур Ф.И., Василишин А.А. *Химический состав и фармакологические особенности растений рода Echinacea (Asteraceae)*. Ростов-на-Дону; 2006. 413 с.
4. Муравьев И.А. *Технология лекарств*: главы 1–2. Москва: Медицина; 1980. 395 с.
5. Chen H.-W., Wei B.-J., He X.-H., et al. Chemical Components and Cardiovascular Effects of *Valeriana officinalis* L. s.l. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*. 2015;3:1–12. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0309-4>
6. Penzkofer M., Baron A., Naumann A., et al. Characterization of essential oil of *Valeriana officinalis* L. s.l. by using histological imaging techniques. *Phytochemistry Letters*. 2018;14:41. <https://doi.org/10.1186/s13007-018-0309-4>
7. Государственная фармакопея Российской Федерации. Москва: Министерство здравоохранения; 2018. 7024 с.
8. Blumenthal M., Goldberg A., Brinckmann J. *Herbal Medicines: Commission E Monographs*. Integrative Medicine Communications; 2000. p. 394–400.
9. Hendriks H., Geertsma H.J., Malingré T. The presence of valerenol and crypto-fauroinol in the essential oil of *Valeriana officinalis* L. s.l. collected in the north of France. *Pharmaceutisch Weekblad Scientific Edition*. 1981;3:1316–1320. <https://doi.org/10.1007/BF01033888>
10. Sakamoto T., Mitani Y., Nakagawa T. Chemical constituents and effects of Japanese Valerian Root Extract. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 1992;40:758–762. <https://doi.org/10.1248/cpb.40.758>
11. Houghton P. *Valeriana officinalis*. Amsterdam: Harwood Academic Publisher; 1997. p. 21–54.
12. Shi J.-L., Liu Y. Chemical constituents and bioactivities of *Valeriana officinalis* L. *World Phytomedicines*. 2006;1:1–10.
13. Амосов В.И., Петруша А.А., Лозова С.В. и др. Способ получения экстракта валерианы, обладающего седативными свойствами. Патент № 2098115. 1997. 10 с.
14. Gholami M., Ghobadipour N.G., Vedernikov D.N. Resonant Acoustic Effect on Extraction of Birch Inner Bark with Ultrasound. *Journal of Plant Raw Material*. 2019;3:285–290.
15. Петруша А.А., Лозова С.В., Ведерников Д.Н. Increase in the Yield of Cinnamic Acids Derivatives from *Echinacea purpurea* L. by the Action of Weak Acoustic Effects. *Химия Растительного Сырья*. 2021;2:327–331.
16. Taylor R.E. Diffusion in oscillatory pipe flow. *Journal of Fluid Mechanics*. 1983;133:233–244. <https://doi.org/10.1017/S0022112083001883>

Об авторе:

Петруша Александр Александрович, студент кафедры «Безопасность жизнедеятельности и инженерная экология» (Т–Университет) Донского государственного технического университета (344003, РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), skuggan_alexander576@mail.ru

About the Author:

Aleksandr A Petrusa, Bachelor's degree student of the Life Safety and Environmental Engineering Department (T–University), Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, RF), skuggan_alexander576@mail.ru