

Запорожець Ю. В.

Зав'ялов В. Л.

Дашковський Ю. О.

*Національний
університет харчових
технологій*

УДК 664.061.4:084

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЕЛЕКТРОІСКРОВОГО ОБРОБЛЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВІБРОЕКСТРАГУВАННІ

В статье представлены результаты исследования предварительной обработки хмелевого сырья электроискровыми разрядами с последующим извлечением целевых компонентов в непрерывнодействующем виброэкстракторе с целью получения водноизомеризованного экстракта.

The results of research dedicated to the preliminary hops raw materials processing have been presented in this article. The preliminary processing is based upon the electro spark discharges application aiming at the extraction target components in the continuously operated vibroextractor with the view of receiving aqueous isomerized extract.

Ефективність використання віброекстракційної апаратури для перероблення рослинної сировини та її відходів обумовлена створенням інтенсивних гідродинамічних режимів турбулентними пульсуючими струменями, генерованими вібрувальними елементами [1]. Таким чином виникають сприятливі умови для зовнішнього масообміну. Але поряд з цим можуть існувати і лімітуючі обставини пов'язані із зменшенням різниці концентрацій на поверхні частинки сировини і в її середині — настає гальмівна стадія внутрішньої дифузії [2].

У зв'язку з цим виникає необхідність підсилення виходу цільових компонентів із речовини до її поверхні.

Проведення одночасних заходів для покращення внутрішньої і зовнішньої дифузії повинно привести до загального ефекту екстрагування. У зв'язку з цим заслуговують на увагу використання електрогідралічних методів оброблення рослинної сировини [3].

Метою роботи було дослідження доцільності попереднього оброблення водно-хмельової суспензії електроімпульсними розрядами з метою інтенсифікації процесу екстрагування цільових компонентів із хмельової сировини під дією низькочастотних механічних коливань.

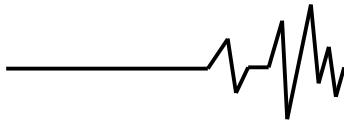
Суть цього способу полягає в утворенні ударної хвилі в рідині при виникненні в ній спеціально сформованого імпульсного високовольтного електричного розряду. При цьому в зоні, що оточує канал розряду, розвивається високий імпульсний тиск, який проявляється у формі вибухового механічного впливу на середовище, що знаходиться поблизу каналу.

При електричному розряді в рідині відбувається перетворення енергії розряду в механічну роботу, в енергію руху середовища.

Гідралічні імпульси, що виникають в результаті розряду в рідині, складаються з двох важливих факторів: основного — гідралічного удару і допоміжного — кавітаційного. Чим коротший імпульс, чим крутіший його фронт і вище амплітуда, тим коротший і сильніший гідралічний удар [4].

Динаміка радіального розширення каналу визначається з одного боку струмом розряду, а з іншого боку залежить від розвитку гідродинамічного ударно-хвильового процесу в рідкому середовищі, що оточує розряд.

Один імпульсний розряд виключає, принаймні, два гідралічних удари: перший — в момент утворення порожнини, другий — при її закритті. При визначальних умовах (висота стовпа рідини, тиску, розмір порожнини та ін.)



газова порожнина здійснює декілька пульсацій, що являється логічним наслідком розриву суцільності рідини і адіабатичного її стиснення.

Під час досліджень ставилась задача визначення раціональних режимів електроіскрового оброблення, при яких вихід цільового продукту із рослинної сировини буде найбільшим, без зниження його якості.

Разом з Інститутом імпульсних процесів та технологій НАН України (м. Миколаїв) було розроблено, виготовлено, змонтовано та налагоджено у залі експериментальних установок НУХТ генератор імпульсних струмів ГІТ 50-5х1/4С УХЛ4 [5].

Оброблення досліджуваних об'єктів проводили в розрядній камері спеціальної конструкції [6], зовнішній вигляд якої схематично наведено на рис. 1.

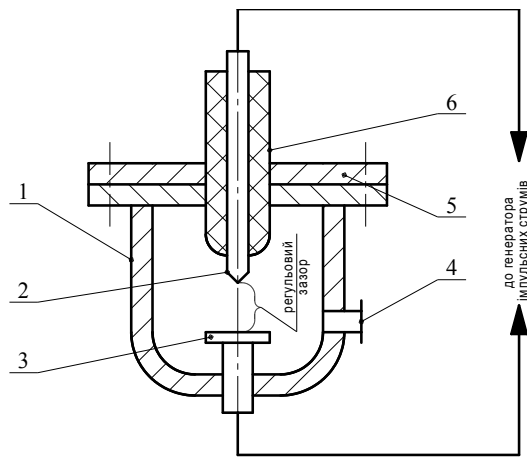


Рис. 1. Електророзрядна камера:
1 – корпус; 2 – анод; 3 – катод;
4 – патрубок; 5 – кришка; 6 – ізолятор

Під час проведення досліджень напругу розряду встановлювали, регулюючи зазор між торомі торового повітряного розрядника; змінювали міжелектродну відстань в електророзрядній камері та частоту розрядів. Проміжні відбори проб здійснювали через зливний патрубок 4 із спеціальним краном (див. рис. 1).

Враховуючи, що такі величини як: найбільша енергія, що накопичується на канал розряду, найбільші амплітуда та частота імпульсів, найбільші вихідна потужність, ємність є постійними величинами для генератора ГІТ 50-5х 1/4С. УХЛ4, визначали раціональні величини таких параметрів: робочу напругу, кількість імпульсних розрядів, відстань між електродами.

Для технологічної оцінки одержаного продукту визначали параметри згідно методик [7].

Дослідження проводили наступним чином. Після оброблення вихідного продукту електроіскровими розрядами проводили проміжну технологічну оцінку обробленого продукту, після чого цей продукт обробляли на віброекстракційній установці безперервної дії [8] і проводили кінцеве технологічне оцінення обробленого продукту.

Раціональну довжину міжелектродного проміжку визначали за формулою [9]:

$$l_{opt} = 0,28 \cdot \sqrt{\frac{U \cdot r}{A^{1/2}}} \cdot \sqrt[8]{L \cdot C}, \quad (1)$$

A - іскрова постійна розряду (для неініційованих розрядів $A=10^5$ Вс/м); r - просторова координата, що визначає відстань від вісі розряду до об'єкта впливу (у нашому випадку внутрішня поверхня розрядної камери вузла) в екваторіальній площині розряду, м; U_0 - початкова напруга на розрядному проміжку до моменту замикання каналу іскри, В; L - індуктивність розрядного контуру, Гн; C - ємність накопичувального конденсатора, Ф.

При виникненні імпульсного електричного розряду споживається імпульсна потужність, яку визначали за формулою [10]:

$$P_{imp} = \frac{U_m^2}{R} = U_m^2 \cdot \gamma, \quad (2)$$

U_m – амплітудна напруга, В; R – електричний опір оброблюваного продукту, Ом; γ - електрична провідність оброблюваного продукту, См.

Витрати електроенергії для оброблення заданого об'єму суспензії в раціональному режимі оброблення визначали за формулою:

$$W = W_3 N, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (3)$$

$W_3 = \frac{U^2 C}{2}$ – енергія накопичена і, що виділяється в одному імпульсі, Дж; N – кількість розрядів, необхідна для оброблення однієї порції продукту, кг; U – напруга, необхідна для пробиття міжторового проміжку, В; C – ємність конденсаторів, Ф.

Метою першої серії експериментів було отримання залежності накопичення загальних сухих речовин хмелю в екстрагенті (вода при $t=20^\circ\text{C}$), від параметрів електроіскрових розрядів. Результати експериментів наведено на рис. 2.

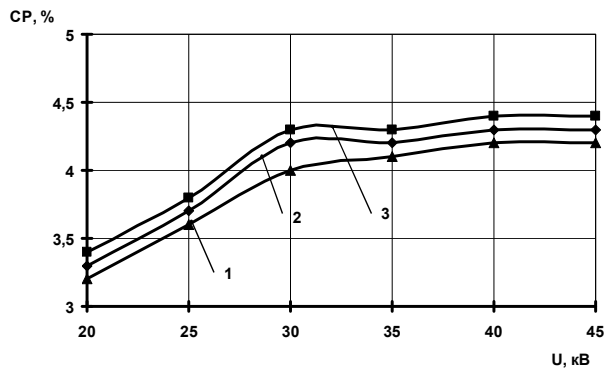
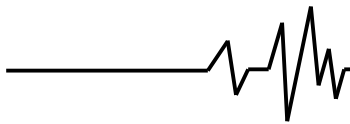


Рис. 2. Залежність вмісту сухих речовин від напруги розряду при обробленні водяної суспензії шишок хмелю 1 (крива 1), 2 (крива 2) і 3 (крива 3) електроіскровими розрядами

Аналіз наведених залежностей показує найбільшу динаміку накопичення сухих речовин при обробленні водяної суспензії шишок хмелю першим розрядом з напругою 30 кВ (візуально представлена на рис.3).

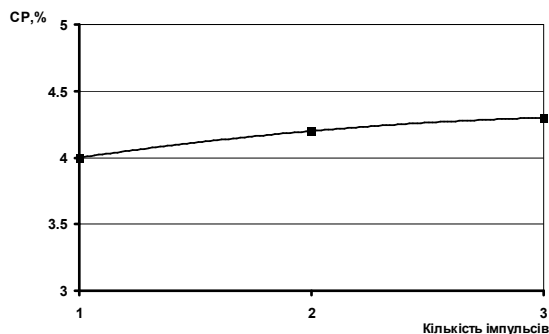


Рис. 3. Апроксимована залежність вмісту сухих речовин від кількості розрядів напругою 30 кВ при обробленні водяної суспензії шишок хмелю

Метою другої серії експериментів було отримання залежності величини гіркоти в складі сухих речовин екстракту від аналогічних параметрів електроіскрових розрядів. Результати експериментів наведено на рис. 4. Аналіз наведених залежностей показує наявність початку руйнації отриманих при обробленні першим розрядом технологічно цінних речовин хмелю при збільшенні кількості розрядів починаючи від двох. При цьому раціональною напругою розряду можна вважати 30 кВ, динаміку зміни одиниць ЕВС при якій показано на рис. 5.

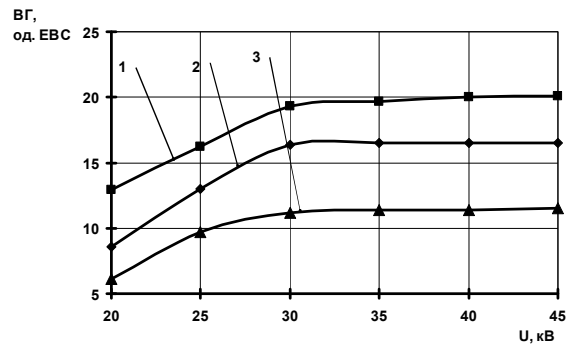


Рис. 4. Залежність вмісту гіркоти від напруги розряду при обробленні водяної суспензії шишок хмелю 1 (крива 1), 2 (крива 2) і 3 (крива 3) електроіскровими розрядами

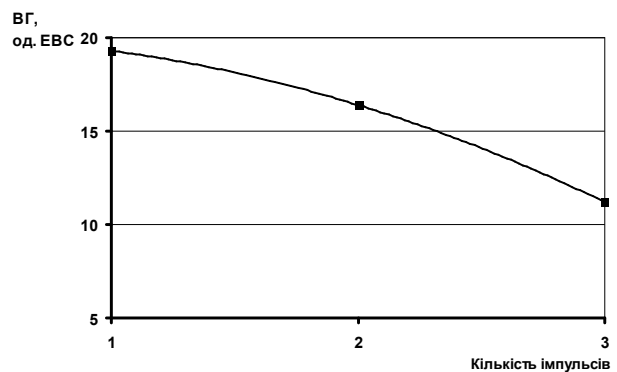
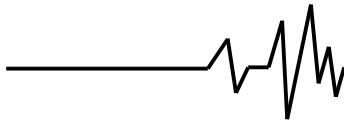


Рис. 5. Залежність вмісту гіркоти від кількості імпульсів при обробленні водяної суспензії шишок хмелю електроіскровими розрядами напругою 30 кВ

Таким чином, експериментальним шляхом встановлено, що кількість сухих речовин в хмельовому екстракті при попередньому електроіскровому обробленні водяної суспензії шишок хмелю перед віброекстрагуванням залежить від напруги розрядів і кількості імпульсів. При цьому найбільша швидкість екстракції має місце при обробленні одним розрядом напругою 30 кВ. При дослідженні динаміки накопичення величини гіркоти встановлено, що при обробленні суспензії більш ніж одним електророзрядом величина гіркоти зменшується внаслідок дії електровибуху структури речовин, що формують величину гіркоти. При цьому раціональною напругою розряду можна вважати таку, що не перевищує 30 кВ, з одним імпульсом.



Витрати електроенергії електрогідралічного активатора на оброблення суспензії при раціональних параметрах становить 0,000125 кВт год, а енергія розряду — 450 Дж.

Після визначення раціональних параметрів попереднього оброблення сировини було проведено дослідження сумісного впливу електроіскрового оброблення сировини і низькочастотних механічних коливань при віброекстрагуванні.

Експерименти проводили на пілотній установці (рис.6). Підготовлену рослинну сировину подавали у вертикальну частину завантажувального пристрою 2, де під дією штовхача 1 вона просувалась у нижню його частину, де розташований електророзрядний пристрій 3. В цій зоні сировина піддавалася електрогідралічній обробці поодиноким імпульсом при напрузі 30 кВ в каналі розряду. Далі сировина надходила в робочий об'єм апарата, де і відбувався власне процес віброекстрагування. Під дією вібротранспортувальної системи 5 сировина рухалась у верхню частину апарата протитечійно екстрагенту, де вивантажувалась через лоток 6. Зразки проб екстракту відбирались у нижній частині віброекстрактора через кран 4.

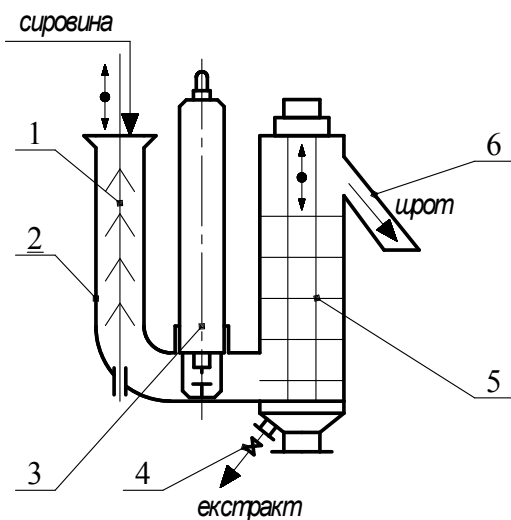


Рис. 6. Схема віброекстрактора з електророзрядним пристроєм:

- 1 — штовхач;
- 2 — завантажувальний пристрій;
- 3 — електророзрядний пристрій;
- 4 — кран;
- 5 — вібротранспортувальна система;
- 6 — лоток

З метою спостереження та для візуалізації наслідків руйнації клітини під сумісною дією електроіскрового оброблення та низькочастотних механічних коливань виконувались мікрофотознімки структури рослинної сировини.

Представлені фотознімки свідчать про те, що в результаті проведення попереднього оброблення сировини електроіскровими розрядами починає руйнуватися клітина, що в свою чергу призводить до виділення цільових компонентів хмелю ще до початку процесу віброекстрагування. Фото 3 показує глибoku руйнацію клітини в результаті сумісної дії електроімпульсів та низькочастотних механічних коливань при віброекстрагуванні.

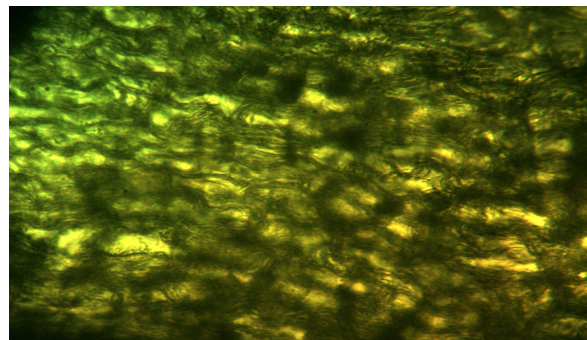


Фото 1. Вихідна сировина

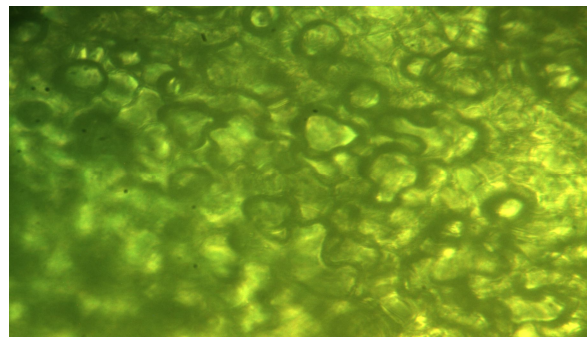


Фото 2. Сировина після електроіскрового оброблення

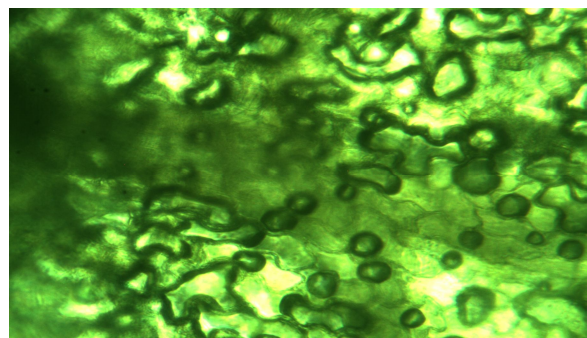
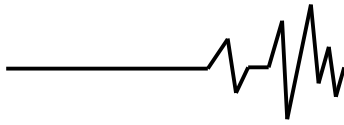


Фото 3. Сировина після електроіскрового оброблення та процесу віброекстрагування



В результаті проведених досліджень можна зробити висновок, що попередня обробка сировини електроіскровими розрядами з подальшим екстрагуванням водою у безперервнодіючому віброекстракторі дає можливість скоротити час екстрагування від 40 до 20 хв при незмінних якісних показниках екстракту. Що в свою чергу підкреслює переваги отримання водноізомеризованого екстракту даним способом, оскільки в цьому випадку можна отримати комплексний препарат, який містить не тільки водорозчинні гіркі речовини, а й весь комплекс речовин, які зазвичай потрапляють в пивне сусло при його охмелінні шишковим хмелем, але з більшим виходом.

Література

1. Зв'ялов В.Л. Механізм та особливості процесу віброекстрагування рослинної сировини / В.Л. Зв'ялов, П.П. Лобода, В.С. Бодров // Наукові праці НУХТ. – 2002. – С. 74–77.
2. Аксельруд Г.А. Экстрагирование. Система твердое тело – жидкость / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. – Л.: Химия, 1974. – С. 209–221
3. Маринін А.І. Розроблення та застосування імпульсного електрогідролічного способу оброблення сировини рослинного походження: Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / А.І. Маринін. – К., 2005. – 21 с.
4. Юткин Л.А. Электрогидравлический эффект и его применение в промышленности / Л.А. Юткин. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – С. 10–12.
5. Генератор импульсных токов ГИТ 50 – 5×1/4С УХЛ4. Паспорт АТКИ 435311.089 – 03 ПС. Проектно-конструкторское бюро электрогидравлики АН УССР. Николаев: – 1987.
6. Пат. 2994 України, МПК⁶ А 23 В 4/005, В 23 Н 7/00. Електророзрядна камера / Василів В.П., Українець А.І., Верченко Л.М., Дашковський Ю.О., Олішевський В.В., Маринін А.І.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № 2004032062; заявл. 19.03.04; опубл. 15.09.04, Бюл. № 9.
7. А.Є. Мелетьєв. Технологічний контроль виробництва солоду, пива і безалкогольних напоїв / А.Є. Мелетьєв, С.Р. Тодосійчук, В.М. Кошова; за ред. А.Є. Мелетьєва. – Вінниця: Нова Книга, 2007. – 392 с.
8. Пат. 27705 України, МПК⁶ В 01 D 11/02. Вібраційний екстрактор / Зав'ялов В.Л., Бодров В.С., Запорожець Ю.В.; заявник та патентовласник Національний університет харчових технологій. – № ; заявл. ; опубл. 12.11.07., Бюл. № 18.
9. Кривицький Є.В. Динаміка електровибуху в рідині / Є.В. Кривицький. – Київ: Наук. думка, 1986. – 208 с.
10. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники / Бессонов Л.А. – М.: Высшая школа, 1964. – 750 с.