



**EFFECT OF ELECTRO SPARK DISCHARGES BEFORE  
VIBROEXTRACTION ON HOPPER RAW MATERIALS**  
**ВПЛИВ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ РОЗРЯДІВ ПЕРЕД ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯМ НА  
ХМЕЛЕВУ СИРОВИНУ**

**Zaporozhets Y.V. / Запорожець Ю.В.**

*c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2356-2148

**Burlaka T.V. / Бурлака Т.В.**

*c.t.s. / к.т.н., ст. викладач*

ORCID: 0000-0002-2877-7386

*National University of Food Technologies, Kyiv, Vladimirskaya, 68, 01601*

*Національний університет харчових технологій, м. Київ, вул. Володимирська 68, 01601*

**Анотація.** Енергетична криза, збільшення попиту на продукцію з поліпшеними і екологічно безпечними якість викликали необхідність розвитку нових технологій вилучення екстрактивних речовин з рослинних матеріалів, які знаходять своє застосування в харчовій промисловості, косметології, хімічній промисловості тощо. Особливий інтерес представляють екстрактивні речовини, які є безпечними для навколишнього середовища і не роблять шкідливого впливу на здоров'я людини.

Значимість процесу екстрагування пояснюється його здатністю забезпечити практично повне вилучення екстрагованих речовин при невисокій температурі, що є запорукою отримання витягів високої якості.

В даний час пильну увагу в дослідженнях процесу екстрагування направлено на використання екологічних, енергетично ефективних технологій, які базуються на використанні безпечних видів розчинників. Розробка "зелених технологій" екстрагування на сьогоднішній день є широко обговорюваної тематикою в міждисциплінарних областях хімії, біотехнологій тощо.

**Ключові слова:** електрогідралічний ефект, електроіскрове оброблення, хміль, гранули, гіркі речовини, екстрагування, екстрагент, екстракт.

**Вступ.** Хмелярство є важливою галуззю сільськогосподарського виробництва, продукція якої має безліч застосувань, починаючи від пивоваріння і закінчуючи косметологією.

Через недосконалість механізму переходу до ринкових умов для сільськогосподарських підприємств у галузі хмелярства стало скорочення виробництва, зниження рівня конкурентоспроможності українського хмелю та витіснення вітчизняних виробників із внутрішнього ринку й традиційного зовнішнього ринку. Зростаюча потреба пивоварів в екстрактах хмелю, які не виробляють в Україні, коливання цін на хмелесировину на світовому і внутрішньому ринках, недостатньо збалансований сортовий склад хмеленасаджень не сприяли нормалізації розвитку галузі в умовах ринкових відносин. На сьогоднішній день, гостро постає задача в невідкладному вжитті заходів для забезпечення розвитку хмелярства та підвищення його конкурентоспроможності для виходу на світовий ринок.

Сучасний розвиток харчової промисловості України ставить дедалі жорсткіші умови до якості готової продукції, її асортименту, зниження втрат сировини та енергоресурсів. Одним з актуальних питань сьогодення є розроблення енергоощадних мало-відходних процесів перероблення сировини



на кінцевий продукт за рахунок впровадження нових способів інтенсифікації технологічних процесів. Основною проблемою традиційних способів оброблення рослинної сировини, яка є одним з основних об'єктів перероблення в харчовій, фармацевтичній, мікробіологічній, хімічній та інших галузях народного господарства, є недостатньо висока ефективність та глибина перероблення.

Для вдосконалення технології екстракції рекомендується використання різних методів обробки сировини або ж використовуюваного розчинника. На сьогоднішній день у харчових технологіях все більше застосовуються нетрадиційні методи оброблення, які передбачають різні фізичні впливи, зокрема мікрохвильові, електричні постійного та змінного струмів, ультрафіолетових променів та магнітних полів та ін.

Нині, перспективним напрямом у розробленні нових процесів харчових виробництв є застосування електрофізичних методів оброблення. Рядом дослідників, доведено перспективність електрофізичної обробки, як напрямку для харчової промисловості з метою інтенсифікації технологічних процесів і поліпшення якості продуктів і напівфабрикатів.

Обробка імпульсним електричним полем - це дбайлива, безтемпературна обробка харчового продукту, отримана в результаті енергоефективного, якісного технологічного процесу. Даний метод заснований на впливі імпульсного електричного поля на матеріал, розташований між двома пластинчастими електродами, що приводить до утворення пор на поверхні мембран клітин, що в свою чергу призводить до більш швидкому і легкому витяганню внутрішньоклітинних компонентів зі структури рослинного матеріалу.

**Метою роботи** є теоретичне і експериментальне дослідження процесу віброекстрагування цільових компонентів із хмелю та створення високоєфективного обладнання безперервної дії для отримання хмельових екстрактів.

Для досягнення цього необхідно вирішити такі основні завдання: проаналізувати літературні дані, дослідити фізико-хімічні характеристики цільових компонентів, дослідити механізм вилучення цільових компонентів з метою визначення лімітуючої стадії процесу, вивчити кінетичні закономірності процесу екстрагування.

**Матеріали і методи.** Матеріали для огляду – публікації вітчизняних і зарубіжних авторів, патенти та результати власних експериментальних досліджень із розроблення ефективних способів екстрагування рослинної сировини.

**Результати і обговорення.** Найбільша ефективність перетворення електричної енергії електроіскрового розряду в механічну може бути досягнута за рахунок максимального зниження передпробійних втрат енергії і вибору раціональної довжини міжелектродного проміжку.

Раціональну довжину міжелектродного проміжку визначали за формулою:

$$l_{opt} = 0,28 \cdot \sqrt{\frac{U \cdot r}{A^{1/2}}} \cdot \sqrt[3]{L \cdot C}, \quad (1)$$



де  $A$  - іскрова постійна розряду (для неініціюємих розрядів  $A=10^5$  Вс/м);  $r$  - просторова координата, що визначає відстань від осі 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 накопичуваного конденсатора, Ф.

Результати розрахунків наведені в таблиці 1.

Таблиця 1

**Відстань між електродами електродної системи електророзрядної камери в залежності від напруги розряду**

Напруга на електродах, U, В	Відстань між електродами, L, m	Напруга на електродах, U, В	Відстань між електродами, L, m
20000	0,027562	36000	0,036978
21000	0,028242	37000	0,037488
22000	0,028907	38000	0,037991
23000	0,029557	39000	0,038488
24000	0,030192	40000	0,038978
25000	0,030815	41000	0,039462
26000	0,031425	42000	0,039941
27000	0,032024	43000	0,040413
28000	0,032611	44000	0,040881
29000	0,033189	45000	0,041343
30000	0,033756	46000	0,041799
31000	0,034314	47000	0,042251
32000	0,034863	48000	0,042698
33000	0,035404	49000	0,043141
34000	0,035936	50000	0,043579
35000	0,036461		

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

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

де  $U_m$  – амплітудна напруга, В;  $R$  – електричний опір оброблюваного продукту, Ом;  $\gamma$  - електрична провідність оброблюваного продукту, См.

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

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

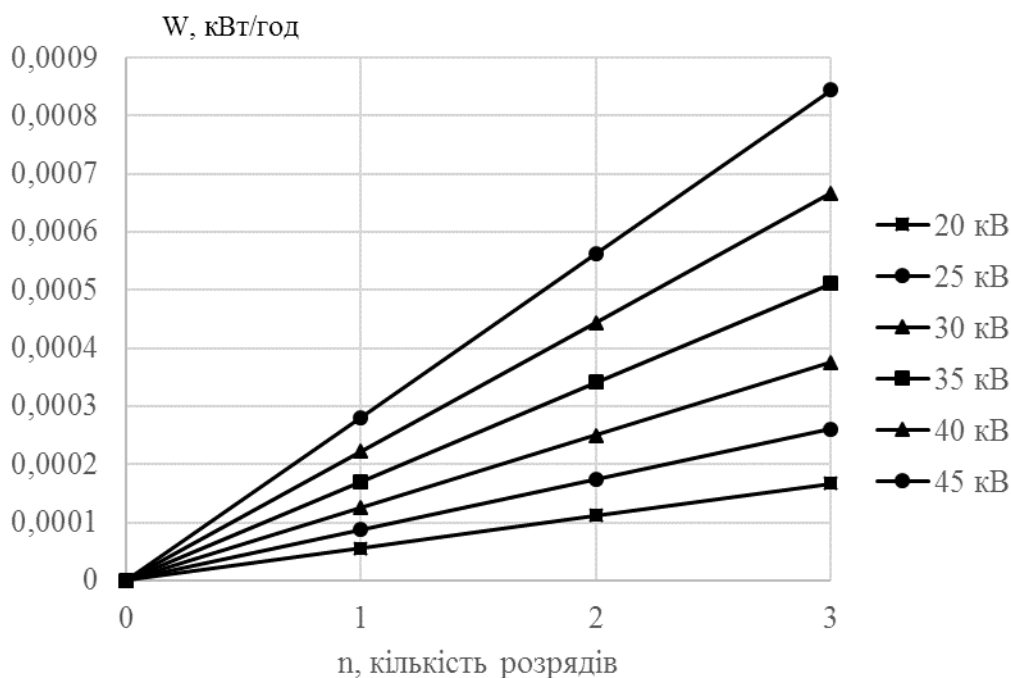
де  $W_3$  – запасена і що виділяється в однім імпульсі енергія, Дж;  $N$  – кількість розрядів, необхідна для оброблення однієї порції продукту, кг.

$$W_3 = \frac{U^2 C}{2}, \text{ Дж}, \quad (4)$$

де  $U$  – напруга, необхідна для пробиття міжторового проміжку, В;  $C$  – ємність конденсаторів, Ф.

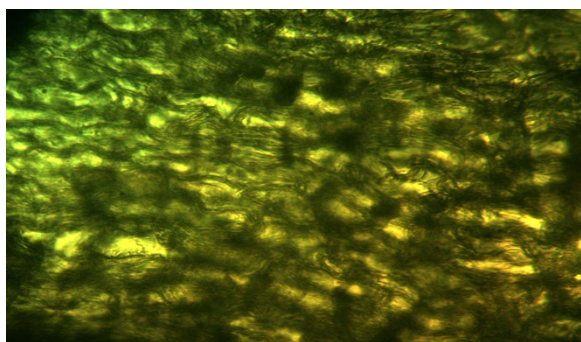


Витрати електроенергії електрогідравлічного активатора на оброблення суспензії при напрузі 20÷45 кВ та кількості розрядів 1-3 приведені на рис.1.

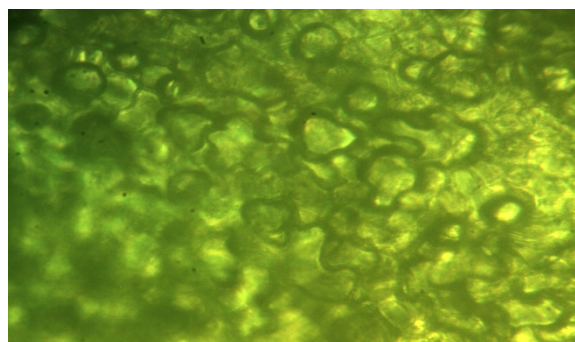


**Рис. 1. Витрати електроенергії на ЕІО оброблення хмелевої сировини залежності від наруги розряду та кількості розрядів.**

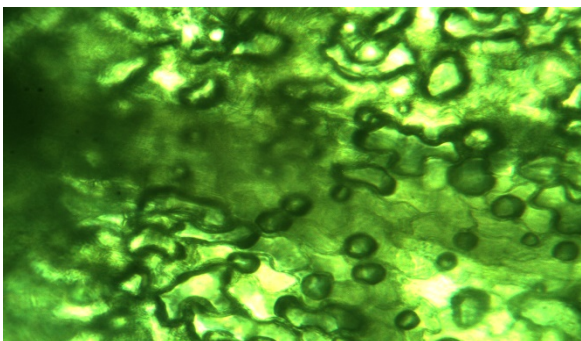
Дані розрахунки велися за методикою [1] виходячи з параметрів генератора та електророзрядної камери.



**Рис.2. Вихідна сировина.**



**Рис.3. Сировина після електроіскрового оброблення.**



**Рис.4. Сировина після електроіскрового оброблення та процесу віброекстрагування**





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 показано, що при обробленні більш ніж одним електророзрядом величина гіркоти зменшується внаслідок зміни під дією електровибуху структури речовин, що формують величину гіркоти. При цьому раціональною напругою розряду можна вважати напругу розряду, що не перевищує 30 кВ, а бажана кількість імпульсів при обробленні складає 1. Після визначення раціональних параметрів попередньої обробки сировини було проведено дослідження сумісного впливу електроіскрової обробки сировини і процесу віброекстрагування. Для візуального спостереження руйнації клітини під дією електроіскрової обробки було зроблено мікрофотознімки.

Представлені фотознімки свідчать про те, що в результаті проведення попередньої обробки сировини електроіскровими розрядами починає руйнуватися клітина, що в свою чергу призводить до виділення цільових компонентів хмелю ще до початку процесу віброекстрагування. Рис.4 показує глибоку руйнацію клітини в результаті сумісної дії попередньої обробки сировини та процесу віброекстрагування.

**Результати і висновки.** 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 показано, що при обробленні більш ніж одним електророзрядом величина гіркоти зменшується внаслідок зміни під дією електровибуху структури речовин, що формують величину гіркоти. При цьому раціональною напругою розряду можна вважати напругу розряду, що не перевищує 30 кВ, а бажана кількість імпульсів при обробленні складає 1.

### Література:

1. Рогов, И. А. Физические методы обработки пищевых продуктов / И. А. Рогов, А. В. Горбатов. – М.: Пищевая промышленность, 1974. – 584 с.
2. Святненко, Р. С. Вивчення впливу електрофізичних методів обробки на мікробіологічні показники харчових продуктів / Р.С. Святненко., А. І. Маринін., О. В Кочубей-Литвиненко // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2017. – Вип. 1(96). – С. 125–130.
3. Tiwari, B. K. Effect of nonthermal processing technologies on the anthocyanin content of fruit juices / B.K. Tiwari C.P. O'Donnell, P.J. Cullen // Trends in Food Science and Technology. – 2009. – 20. – P. 137 – 145. – doi: 10.1016/j.tifs.2009.01.058.
4. Wouters, P. I. Critical factors determining inactivation kinetics by pulsed electric field food processing / Wouters, P. I. Alvarez, I. Raso // Trends Food Sci.



Technol. – 2001. – №12. – Р.112–121. – doi: 10.1016/S0924-2244(01)00067- X.

5. Ушаков, В. Я. Импульсный электрический пробой жидкостей / В.Я. Ушаков. – Томск: изд. Томского унта, 1975. – 256 с.

6. До питання електрогідравлічного оброблення сировини рослинного походження / А. І. Маринін, В. В. Олішевський, В. П. Василів [та ін.] // Сучасні технології хімічних та харчових виробництв: I всеукраїнська конференція студентів та аспірантів, 26–29 травня 2008 р. Дніпропетровськ: тези доповідей. – Дніпропетровськ, 2008. – С. 23

**Abstract.** *The energy crisis, increasing demand for products with improved and environmentally friendly qualities have necessitated the development of new technologies for the extraction of extractives from plant materials, which are used in the food industry, cosmetology, chemical industry and more. Of particular interest are extractives that are safe for the environment and do not adversely affect human health.*

*The importance of the extraction process is due to its ability to provide almost complete extraction of extracted substances at low temperatures, which is the key to obtaining high quality extracts.*

*Currently, close attention in research on the extraction process is focused on the use of environmentally friendly, energy efficient technologies based on the use of safe types of solvents. The development of "green technologies" of extraction today is a widely discussed topic in the interdisciplinary fields of chemistry, biotechnology and more.*

**Key words:** *electrohydraulic effect, electrosparck treatment, hops, granules, bitter substances, extraction, extractant, extract.*

Статья отправлена: 11.06.2021 г.

© Бурлака Т.В.