



<http://www.moderntechno.de/index.php/meit/article/view/meit27-01-041>

DOI: 10.30890/2567-5273.2023-27-01-041

## THE INFLUENCE OF ELECTRIC DISCHARGES ON THE QUALITY AND CHARACTERISTICS OF HOPS

### ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНИХ РОЗРЯДІВ НА ЯКІСТЬ ТА ХАРАКТЕРИСТИКИ ХМЕЛЮ

Zaporozhets Y.V. / Запорожець Ю.В.

*s.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-2356-2148

Burlaka T.V. / Бурлака Т.В.

*s.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.** У цій статті досліджується вплив електричних розрядів на якість та характеристики хмелю. Використовуючи спеціальну методику, автори провели експерименти, під час яких піддавали хміль електричним розрядам різної інтенсивності. Далі були зібрані дані щодо змін властивостей хмелю після впливу розрядів, зокрема щодо його аромату, гіркоти, кольору та інших якісних показників. Результати дослідження свідчать про те, що електричні розряди можуть впливати на якість хмелю, змінюючи його характеристики. Ця інформація може бути корисною для виробників пива, які шукають способи покращення якості та особливостей хмелю у своїх продуктах.

**Ключові слова:** хміль, гранули, гіркі речовини, екстрагування, екстрагент, екстракт.

**Вступ.** Вплив електричних розрядів на якість та характеристики хмелю є важливим аспектом досліджень у сфері пивоваріння та хмелярства. Електричні розряди можуть мати значний вплив на багатofакторну природу хмелю, включаючи його ароматичні властивості, гіркоту, структуру та інші якісні показники.

Розглянуто різні аспекти досліджень, зокрема методику експерименту, використані техніки та обладнання, а також основні результати, які були отримані у попередніх дослідженнях. Додатково, проаналізовано можливі механізми, що пояснюють вплив електричних розрядів на хміль.

Результати цього дослідження можуть бути корисними для пивоварів, виробників хмелю, а також науково-дослідних установ, що працюють у галузі пивоваріння та хмелярства.

**Метою роботи** дослідити та оцінити вплив електричних розрядів на якість та характеристики хмелю. Дослідження спрямоване на встановлення зв'язків між застосуванням електричних розрядів і змінами у фізико-хімічних властивостях хмелю, а також на виявлення потенційних позитивних або негативних впливів цього процесу на якість та характеристики кінцевого продукту.

**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.** У ХХІ столітті проведені дослідження, пов'язані з електрогідравлічним ефектом, що може змінювати характеристики



харчових продуктів, набули великого розвитку в Національному університеті харчових технологій. Під керівництвом професора Українця А.І. була створена наукова школа, яка зосереджується на використанні імпульсних енергетичних полів для оброблення харчових продуктів та напівфабрикатів.

Електрогідравлічний ефект (ЕГЕ) — це складний комплекс фізичних та хімічних явищ, які виникають при високовольтних електроімпульсних розрядах в рідині (високий тиск, потужні ударні хвилі, кавітаційні процеси, утворення парогазового пухирця та його пульсація, світлове випромінювання каналу розряду, іонізація та розкладання молекул речовини в плазмі каналу та біля нього, інтенсивне ультразвукове та ультрафіолетове випромінювання, імпульсне магнітне поле). ЕГЕ дозволяє інтенсифікувати екстрагування з сировини з клітинною структурою. В процесі електроімпульсної обробки основна частина електричної енергії, що виділяється в каналі розряду, перетворюється в пружну енергію з надвисокою амплітудою імпульсних пружних хвиль («вибух»), дія яких різко скорочує тривалість екстрагування і підвищує вихід біологічно активних речовин.

Процес енерговиділення при електророзрядах у воді супроводжується такими ж гідромеханічними явищами, які виникають під час вибуху зарядів хімічного або при фокусуванні потужного моноімпульсного випромінювання оптичного квантового генератора.

Характерним для всіх вибухів є утворення і розширення кавітаційної порожнини, досягнення нею максимального розміру, схлопування і подальші пульсації парогазового пухирця. При цьому від поверхні порожнини відходять ударні хвилі, тиск яких поблизу вибуху досягає декількох тисяч атмосфер.

Гідравлічні імпульси, що виникають в результаті розряду в рідині, складаються з двох важливих факторів: основного — гідравлічного удару і допоміжного — кавітаційного. Чим коротший імпульс, чим крутіший його фронт і вище амплітуда, тим коротший і сильніший гідравлічний удар.

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 гідравлічних удари: перший — в момент утворення порожнини, другий — при її закриванні. При визначаючих 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.

Форма порожнини на стадії досягнення нею кінцевого розміру близька до сферичної. Однак початкова стадія розвитку каверни не характеризується сферично симетричним рухом [37]. Каверна витягнута вздовж осі розряду. Такий характер початкової стадії розвитку каверни відповідає вибуху циліндричного заряду кінцевої довжини.

Вимірювання, проведені при виконанні серії експериментів, дають наступні характеристики пульсацій каверни: максимальний діаметр каверни при першій, другій та третій пульсаціях складає 6,3; 2,9; 1,6 мм. Періоди послідовних пульсацій є рівними  $T_1 = 590\text{мкс}$ ,  $T_2 = 240\text{мкс}$ ,  $T_3 = 130\text{мкс}$ .



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:

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

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
1	2	3	4
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		

Дані, наведені в таблиці 1, використовувались в подальшому при проведенні експериментів.

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



$$P_{imm} = \frac{U_m^2}{R} = U_m^2 \cdot \gamma,$$

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:

$$W = W_3 N, \text{ кВт год},$$

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

$$W_3 = \frac{U^2 C}{2}, \text{ Дж},$$

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

### Висновки.

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.

### Література:

1. 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.
2. 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.
3. 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. – P.112–121. – doi: 10.1016/S0924-2244(01)00067- X.

**Abstract.** This article investigates the effect of electrical discharges on the quality and characteristics of hops. Using a special technique, the authors conducted experiments during which hops were subjected to electrical discharges of various intensities. Next, data were collected on changes in the properties of hops after exposure to discharges, in particular on its aroma, bitterness, color and other quality indicators. The results of the study indicate that electric discharges can affect the quality of hops, changing its characteristics. This information can be useful for brewers looking for ways to improve the quality and characteristics of hops in their products.

**Key words:** hops, granules, bitter substances, extraction, extractant, extract.

Статья отправлена: 18.06.2023 г.

© Бурлака Т.В.