

**Ю.О. Дашковський**, к.т.н., с.н.с.,  
Інститут продовольчих ресурсів НААН,  
**А.І. Українець**, д.т.н., проф.,  
Національний університет харчових технологій

## **РОЗВИТОК НАУКОВО-ТЕХНІЧНИХ ЗАСАД ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОІСКРОВИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ**

*В статті наведено дані по створенню нових процесів оброблення електроіскровими розрядами рослинної сировини, напівпродуктів і середовищ для покращення їх технологічних і харчових властивостей, інтенсифікації вилучення корисних компонентів рослинної сировини і більш ефективного використання невідновлювальних природних ресурсів України.*

*Ключові слова: водно-вапняна суспензія, дифузійний сік, електроіскрове оброблення, крохмаль, хмельовий екстракт.*

*В статье приведены данные по созданию новых процессов обработки электроискровыми разрядами растительного сырья, полупродуктов и сред для улучшения их технологических и пищевых свойств, интенсификации извлечения полезных компонентов растительного сырья и более эффективного использования невозобновляемых природных ресурсов Украины.*

*Ключевые слова: водно-известковая суспензия, диффузионный сок, электроискровая обработка, крохмал, хмелевой экстракт,.*

*The article shows the results of creating new processes of treatment raw materials, halfproducts and food media by electric discharges for improving technological and food properties of this objects, for intensifications of extraction of useful components and more effective use of unrenovable natural resources of Ukraine.*

*Key words: diffusion juice, electric discharge treatment, hop extract, starch, water-lime suspension.*

В агропромисловому комплексі сучасної України, що мала статус аграрної держави з розвиненими секторами м'ясо-молочної, цукрової, пивобезалкогольної, виноробної, харчоконцентратної, хлібопекарської, мікробіологічної та інших галузей, тривають процеси реструктуризації. Зміни світової кон'юнктури ринку харчових продуктів надають все помітнішого прискорення другій половині агропромислового комплексу – переробній.

В основу виробництва продуктів харчування покладено використання матеріальних потоків сировини біологічного походження з додаванням мінеральних ресурсів, які у процесах взаємодії між собою, енергетичними та інформаційними потоками визначають сукупність розвинутих харчових і мікробіологічних процесів і технологій, що створюються і безперервно розвиваються разом з іншими інтелектуальними і технічними надбаннями людського суспільства.

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 маловідходних 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,

мікробіологічної, хімічній та інших галузях народного господарства, є недостатньо висока ефективність та глибина перероблення.

В теперішній час перспективним напрямом у розробленні нових процесів і технологій харчових виробництв є застосування електрофізичних способів оброблення, особливо з імпульсним підведенням енергії. Одним із таких способів оброблення є здійснення високовольтних імпульсних електричних розрядів у рідині чи об'єкті оброблення, наслідком дії яких є електрогідралічний ефект, який за рахунок введення порцій енергії в імпульсному режимі перетворює її на механічну без додаткових проміжних ланок. Суть цього способу полягає у здійсненні всередині об'єму об'єкту оброблення спеціально сформованого імпульсного електричного (іскрового, кистьового чи інших форм) розряду, наслідком реалізації якого є утворення високих імпульсних гідралічних тисків, що здатні виконувати корисну механічну роботу та супроводжуються комплексом фізичних і хімічних явищ. Амплітуди цих імпульсних гідралічних тисків дозволяють віднести електрогідралічний ефект до ефектів нелінійної акустики і кваліфікувати його як вибух у рідині (об'єкті оброблення).

Дослідження електрогідралічного ефекту та застосування його для оброблення рослинної сировини дасть змогу отримати продукти та напівпродукти з покращеними фізико-хімічними властивостями й підвищити ефективність існуючих процесів.

Розвиток зазначених напрямків стримується недостатньо розвинутою теоретичною базою. Оцінка ефективності впливів окремих параметрів електроіскрових розрядів, пошук їх раціональних співвідношень, створення розвинених методик аналізу і синтезу на рівні створення нових процесів і промислового використання нових технологій дозволять досягти нового рівня в розв'язанні проблеми розроблення енергоощадних маловідходних процесів перероблення сировини на кінцевий продукт за рахунок впровадження нових способів інтенсифікації технологічних процесів.

**Метою і завданням досліджень** було створення нових процесів оброблення електроіскровими розрядами рослинної сировини, харчових продуктів, напівпродуктів і середовищ для покращення їх технологічних і харчових властивостей, інтенсифікації вилучення корисних компонентів рослинної сировини і більш ефективного використання невідновлювальних природних ресурсів України.

**Об'єктом досліджень** були процеси електроіскрового оброблення (ЕІО) рослинної сировини, харчових продуктів і напівпродуктів та технологічних середовищ органічного і неорганічного походження внаслідок дії ефектів, що мають місце при здійсненні електроіскрових розрядів.

Предметом досліджень був взаємозв'язки між фізичними параметрами впливів електроіскрових розрядів і переведенням оброблюваних середовищ в стан з покращеними технологічними чи/і споживчими характеристиками.

Показано, що під час реалізації електроіскрових розрядів в середовищах при відносно малих відхиленнях від рівноваги характер збурень, які розповсюджуються в середовищі, добре описується рівнянням Бюргерса-Кортевега-де Вриза, яке описує повільні процеси спотворення профілю хвилі через наявність у середовища нелінійних та дисипативних властивостей [1].

Встановлено, що в дійсності реальні середовища, що містять бульбашки, характеризуються значними дисипативними втратами, основні з яких зв'язані з розсіюванням енергії при стисненні та розширенні бульбашок газу.

Встановлено, що при перепаді тиску  $>50$  МПа товщина фронту пружних хвиль набагато менша характерного розміру мікроорганізмів, що дозволяє розглядати останню як механізм деструкції мікроорганізмів ударною хвилею і найбільш вірогідно – подрібнення внаслідок розвитку нестійкості при обтіканні.

Аналіз результатів розрахунків свідчить про те, що існує діапазон параметрів, при яких за порядком величин масштаб пульсації майже зрівнюється з розмірами мікроорганізмів. При цьому, чим більша величина швидкості дисипації енергії, тим менша величина пульсацій, що формують стійкі утворення, тобто застосовувані нами енергії оброблення здатні реально зруйнувати чи зіпсувати стінки мікроорганізмів. При цьому перепад тиску  $\Delta P > (0,6 \dots 1,35) \times 10^2$  МПа є орієнтиром при практичній реалізації умов деструкції мікроорганізмів при однократній дії розряду.

Розраховано, що при одноразовій дії розряду зниження концентрації мікроорганізмів до потрібних санітарних норм (менше  $10^3 \frac{1}{d_m^3}$ ) реалізується при перепаді тиску на фронті ударної хвилі не менше 50 МПа.

Встановлено вплив параметрів розрядного контуру на тривалість електричного імпульсу, потужність розряду, енергію, що виділяється в каналі розряду, тиск, температуру і густину середовища [2].

Показано, що електрична ерозія при імпульсному розряді є наслідком термічного ефекту, механічних напружень на електродах і серії вибухових процесів, які обумовлюють імпульсні тиски в розрядному проміжку. При цьому величина електричної ерозії електродів тим більша, чим більший тиск і чим менший його коефіцієнт поверхневого натягу.

Встановлено, що величина електричної ерозії залежить від наступних основних факторів: теплофізичних констант речовини (граничної теплоти випаровування, теплової потужності і енергії розряду), величини імпульсних тисків в розрядному проміжку, коефіцієнта поверхневого натягу.

Досліджено вплив ЕІО на властивості водно-вапняної суспензії [3]. Встановлено ефект активації водно-вапняної суспензії, обробленої електроіскровими розрядами на 12-14% порівняно із активністю необробленої суспензії, та обґрунтовано доцільність застосування електрогідралічного ефекту для активації водно-вапняної суспензії. Також визначено раціональний режим оброблення, який становить: напруга розряду 30÷45 кВ при кількості розрядів 15÷10.

Встановлено, що ефект активації водно-вапняної суспензії після її ЕІО зберігається на протязі 120 хвилин — технологічний термін перебування водно-вапняної суспензії у вапняному відділенні цукрового заводу.

Встановлено, що активація водно-вапняної суспензії відбувається за рахунок впливу ЕІО на:

- дисперсність твердої фази суспензії, що підвищує питому поверхню твердої фази  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  в 2,2 рази порівняно із необробленою суспензією;
- підвищення питомої електропровідності водно-вапняної суспензії на 10% та її вапняної води на 14% , що пояснюється зростанням розчинності вапна у вапняній воді;
- зв'язане вапно, яке присутнє у водно-вапняній суспензії, дає змогу утилізувати непогашене вапно, яке в цукровому виробництві відділяється у відходи.

На прикладі глюкози встановлено, що при використанні активованої електроіскровим способом водно-вапняної суспензії відбувається підвищення ступеню розкладу нецукрів на 15,9% порівняно із дефекацією неактивованою суспензією. При цьому ефект не знижується при зменшенні витрат вапна від 100 до 80%  $\text{CaO}$  до маси глюкози.

При використанні активованої електроіскровим способом водно-вапняної суспензії підвищується ефект очищення дифузійного соку в середньому на 3,2%, знижується забарвленість на 9% та вміст солей кальцію на 29% порівняно з очищенням неактивованою водно-вапняною суспензією. Хоча має місце незначне погіршення фільтраційно-седиментаційних властивостей соку, що на нашу думку пояснюється умовами проведення експерименту.

В результаті досліджень впливу режимів ЕЮ на розклад цукрози, як основної складової дифузійного соку не виявлено руйнуючої дії ЕЮ на цукрозу. Висунуто гіпотезу, що пояснює збільшення електропровідності та зниження рН<sub>20</sub> середовища.

Встановлено, що раціональним режимом ЕЮ сокостружкової суміші, при якому досягається приріст чистоти дифузійного соку до 1,2 %, є напруга 35 кВ та кількість розрядів 7...10. При цьому візуальне вивчення змін, що відбуваються в клітині внаслідок електрогідралічного ефекту, дозволяє зробити висновок про денатурацію цитоплазми, розпад її на крупні суспендовані частинки.

Показано, що внаслідок структурних змін в клітині після ЕЮ сокостружкової суміші досягається збільшення проникності тканини та ступеня плазмолізу в межах 53...98 %.

Доведено, що внаслідок ЕЮ при вибраних раціональних режимах має місце зменшення кількості контамінуючої мікрофлори в середньому на 71...87 % порівняно з контролем, наслідком чого є зменшення втрат цукрози.

Встановлено, що ЕЮ сокостружкової суміші з подальшою температурою екстрагування 60 °С дозволяє отримати приріст чистоти дифузійного соку – 1,98 %, при цьому вміст пектинових речовин зменшується на 23 %, високомолекулярних сполук на 46 %, загального азоту на 36 %.

Встановлено, що ЕЮ сприяє отриманню зернового крохмалю підвищеної чистоти, звільненого від мінеральних речовин, білків та зв'язаних жирів, який за реологічними властивостями та фракційним складом відрізняється від нативного [4]. Даний крохмаль може використовуватись у харчових продуктах як структуроутворювач або для виробництва цукристих сиропів шляхом застосування ферментів.

Показано доцільність поєднання у технології кислотної модифікації крохмалю оброблення електроіскровими розрядами з хімічним процесом кислотного гідролізу полісахаридних ланцюгів, що дозволить суттєво скоротити загальну тривалість технологічного циклу виробництва і зменшити витрати реагентів.

Встановлено, що раціональним режимом оброблення електроіскровими розрядами суспензії порошку цикорію та інуліну [5], що сприяє найбільшому переходу редукувальних речовин, є режим з напругою 35 кВ та кількістю розрядів 20...30, причому незалежно від концентрації твердої фракції.

Експериментально встановлено вплив режимів електроіскрового оброблення на подрібнення порошку цикорію, наслідком чого є збільшення дисперсності і, відповідно, покращання процесу гідролізу. Доведено, що зростання кількості розрядів призводить до активації рекомбінаційних процесів. За допомогою оброблення електроіскровими розрядами водної суспензії необсмаженого порошку цикорію було отримано фруктозо-олігосахаридну суміш.

Встановлено, що оброблення електроіскровими розрядами водної суспензії шишок хмелю інтенсифікує процес екстрагування цільових компонентів із хмельової сировини [6]. При цьому раціональним є оброблення 1 розрядом напругою 35 кВ.

**Практичне значення одержаних результатів.** Підтверджено прогнози стосовно перспективності використання нових процесів оброблення електроіскровими розрядами рослинної сировини, харчових продуктів, напівпродуктів і середовищ для покращення їх технологічних і харчових властивостей, інтенсифікації вилучення корисних компонентів рослинної сировини і більш ефективного використання невідновлювальних природних ресурсів України.

Встановлено, що в промислових умовах електроіскровий спосіб при раціональному режимі оброблення (напруга 30÷45кВ, кількість розрядів 15÷10) сприяє підвищенню активності водно-вапняної суспензії на 14÷15%

Очищення дифузійного соку активованою електроіскровим способом водно-вапняною суспензією сприяє підвищенню ефекту очищення соку на 3% порівняно із очищенням соку неактивованою водно-вапняною суспензією. Сік II-ої сатурації, одержаний очищенням активованою електроіскровим способом водно-вапняною суспензією, має на 9% меншу забарвленість та на 22% менший вміст солей кальцію. Це підтверджує дані, які одержані в лабораторних умовах. Фільтраційно-седиментаційні властивості нефільтрованого соку I-ої сатурації при очищенні активованою електроіскровим способом водно-вапняною суспензією не погіршуються порівняно із соком, який очищений неактивованою водно-вапняною суспензією.

Розроблено, виготовлено змонтовано і випробувано у виробничих умовах конструкцію дослідно-промислової електроіскрової установки для оброблення сокостружкової суміші, що базується на використанні нового компактного портативного електророзрядного пристрою «СКІФ-140». В результаті виробничих досліджень встановлено, що ЕІО сокостружкової суміші при напрузі розрядів 35 кВ та їх кількості 7...10 з подальшим екстрагуванням при температурі 68 °С сприяє збільшенню чистоти дифузійного соку до 1,4 %, при цьому загальний ефект очищення дифузійного соку зростає на 9...11 %, зменшення втрат в жомі на 0,1 % до маси буряку за рахунок зменшення неврахованих втрат.

Запропоновано нову технологічну схему отримання дифузійного соку з використанням ЕІО, яка в порівнянні з типовими схемами дає можливість використовувати пару менших енергетичних потенціалів та вести процес екстрагування в області знижених температур.

Запропоновано апаратно-технологічну схему отримання хмельових екстрактів з попереднім обробленням сировини електроіскровим розрядом і подальшим екстрагуванням під дією низькочастотних механічних коливань.

### **Література**

1. Дашковський Ю.А. О механизме деструкции микроорганизмов от воздействия ударной волны / Ю.А. Дашковський // Электронная обработка материалов. –2009. – № 5. – С. 86–90.

2. Дашковський Ю.О. Пристрої і методики контролю електричних параметрів електроіскрових розрядів / Ю.О. Дашковський, В.В. Олішевський, В.П. Василів // Наук. праці УДУХТ. – 2001. – Ч.2, № 10. – С. 152.

3. Підвищення активності вапняного молока під впливом електрогідролітичного ефекту / А.І. Українець, Ю.О. Дашковський, Л.М. Верченко [та ін.] // Наукові праці НУХТ. – 2004. – Додаток до журналу №15. – С. 62.

4. Електрогідролітичний ефект в харчовій промисловості / А.І. Українець, Ю.О. Дашковський, В. Олішевський [та ін.] // Актуальні питання та організаційно-правові засади співробітництва України та КНР у сфері високих технологій: VII Міжнародна науково-практична конференція, 2 червня 2010р., Київ тези доп. — К., 2010. — С. 186–188.

5. Патент на корисну модель 14753 Україна, МПК (2006) С 13 К 11/00. Спосіб отримання фруктозо-олігосахаридних сумішей / Українець А.І., Попова І.В., Лисенко Г.О., Хомічак Л.М., Дашковський Ю.О., Василів В.П., Маринін А.І.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій – № 200512662; заявл. 27.12.2005; опубл. 15.05.2006, Бюл. № 5.

6. Патент на корисну модель 53759 Україна, МПК (2009) В 01 D 11/02. Віброекстракційна лінія виробництва хмельових екстрактів / Запорожець Ю.В., Зав'ялов В.Л., Дашковський Ю.О.; заявник і патентовласник Національний університет харчових технологій. - № 2010 10648; заявл. 03.09.2010; опубл. 11.10.2010, Бюл. №19.