

## СУЧАСНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕЛЕКТРОАКТИВОВАНИХ ВОДНИХ СЕРЕДОВИЩ ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ В М'ЯСОПЕРЕРОБНІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

*Л. В. Баль-Прилипко, кандидат технічних наук, доцент*

*Б. І. Леонова, аспірантка\**

*О.М. Гармаш, здобувач\**

*Висвітлено результати наукових досліджень властивостей електроактивованих водних середовищ. За результатами комплексних досліджень процесу релаксації активованих водних середовищ залежно від варійованих зовнішніх параметрів встановлено, що активований стан водних середовищ є термодинамічно нестабільним.*

***Електроактивоване водне середовище, релаксація, водопровідна вода, електрохімічноактивована вода, рН, окисно-відновний потенціал.***

Нині важливим завданням, що стоїть перед фахівцями м'ясної промисловості, є концепція підвищення рівня екологічної безпечності технологій виробництва та готової продукції, зокрема зведення до мінімуму використання хімічних добавок під час виробництва м'ясних продуктів. Відомо, що рівень безпечності харчових продуктів залежить від безлічі факторів, серед яких визначальне значення має якість основної сировини, технологічних інгредієнтів, добавок і води. Проблему підвищення якості води можна вирішити за допомогою електроактивації. Електрохімічно активовані водні системи одержують шляхом обробки в катодній чи анодній камерах діафрагмового електрохімічного реактора. Слід зазначити, що терміни "вода" й "розчини" – тотожні, так як в природі не буває абсолютно чистої води, тому навіть дистиллят можна вважати дуже розведеним розчином [1]. Воду будь-якого мінерального складу та концентрації можна піддати електрохімічній обробці та отримати модифікований розчин – аноліт або католіт. Надходження електронів у воду з катода, також як і видалення електронів з аноду, супроводжується цілою серією електрохімічних реакцій на поверхні катода й анода. У результаті цих реакцій утворюються нові сполуки, змінюється вся система міжмолекулярних взаємодій, у тому числі перетворень зазнає і структура води, як розчинника.

Відомо, що рН внутрішнього середовища організму людини коливається в межах 7,0 – 7,5 (за виключенням рідин, що мають від початку кислу реакцію: шлунковий сік, сеча та ін.), а ОВП становить 100 – 200 мВ. Через різницю

---

\* Науковий керівник – кандидат сільськогосподарських наук, доцент В.П. Фещенко.

© Л. В. Баль-Прилипко, Б. І. Леонова, О.М. Гармаш, 2013

окисно-відновних потенціалів організму людини й води, що надходить із зовні, клітини організму зношуються й руйнуються. Але цей негативний процес можна уповільнити за умови, що вода, яка надходить в організм, матиме властивості близькі до внутрішнього середовища. Відомо, що активований стан водних середовищ після електроактивації характеризується метастабільним станом, що виражається поступовою релаксацією окислювально-відновного потенціалу й рН до стабільних значень.

**Мета дослідження** – дослідити властивості електроактивованих водних середовищ. Дані дослідження доцільно починати з вивчення явища релаксації, тому з цією метою нами була проведена уніполярна обробка питної води на електроактиваторі «Ізумруд».

**Матеріали і методи дослідження.** Зразки лужної фракції електроактивованої води та води з міської мережі водопостачання були відібрані в стерильну тару, в умовах лабораторії кафедри м'ясних, рибних та морепродуктів, а потім направлені на дослідження до Української лабораторії якості і безпеки продукції АПК.

**Результати дослідження та їх аналіз.** Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників водопровідної та електрохімічноактивованої води (католіт) подана в таблиці 1.

З огляду на результати досліджень, наведені в таблиці 1, можна зробити висновок, що вода, піддана електроактивації, володіє покращеними показниками якості та безпечності порівняно з необробленою водопровідною водою. Дані зміни проходять наслідок набуття католітом комплексу аномальних властивостей. Так, окисно-відновний потенціал водопровідної води становить +350 мВ за рН=7,1, тоді як електроактивована вода має ОВП - 150 мВ за рН=7,5. Таким чином, електроактивована вода набуває антиоксидантних властивостей, а представлене відношення показників рН та ОВП дозволяє стверджувати, що така рідина є біологічно доступною та корисною для людини, оскільки знижуються затрати енергії на подолання різниці значень показника ОВП води та внутрішнього середовища організму людини.

Показник перманганатної окисності, що характеризує вміст у воді органічних сполук свідчить, що електроактивована вода містить менше таких сполук від водопровідної. Показник перманганатної окисності для водопровідної води становить 1,99 мг/дм<sup>3</sup>, тоді як електроактивована вода має лише 1,2 мг/дм<sup>3</sup>. Як видно з дослідних даних, вміст заліза в зразках істотно відрізняється. Так, у водопровідній воді та в електроактивованій він становить 0,1 мг/дм<sup>3</sup> та 0,003 мг/дм<sup>3</sup> відповідно. Така різниця вказує на осадження іонів заліза в процесі електроактивації та перехід його в нерозчинні сполуки, що випадають в осад. Показник загальної жорсткості електроактивованої води корелює з показниками вмісту кальцію, магнію, а також гідрокарбонат іонів у зразках води. Виходячи з даних, представлених у таблиці 1, загальна жорсткість води після електроактивації знизилась на 35,8 % і становить 3,64 ммоль/дм<sup>3</sup>, тоді як у водопровідної – становила 5,76 ммоль/дм<sup>3</sup>. У технології виробництва м'ясних продуктів «жорстка вода» гальмує процеси кольороутворення та гелеутворення, а в процесі варіння іони Ca<sup>2+</sup> утворюють

з білками нерозчинний осад, тому показник жорсткості води можна класифікувати як індикатор якості проходження хімічних реакцій та біохімічних перетворень у продукті протягом технологічного процесу.

### 1. Порівняльна характеристика фізико-хімічних показників водопровідної та електрохімічноактивованої води

Досліджуваний показник	Вид води				Норми досліджуваних показників відповідно до НД
	з міської мережі водопостачання		електрохімічно активована вода (католіт)		
	результати випробувань	похибка випробувань	результати випробувань	похибка випробувань	
Водневий показник рН, од.	7,1	0,02	7,5	0,03	6,5-8,5
ОВП, мВ	+350	5	-150	5	<+500 мВ
Електропровідність, См	0,27	0,01 0,01	0,23	0,01	<0,3 См
Окисність перманганатна (за Кубелем), мг/дм <sup>3</sup>	1,99	0,02	1,2	0,03	< 5,0 мг/дм <sup>3</sup>
Вміст заліза, мг/дм <sup>3</sup>	0,1	0,003	0,08	0,003	<0,2 мг/дм <sup>3</sup>
Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>	394	2	334	2	<1000 мг/дм <sup>3</sup>
Нітрати NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	< 50 мг/дм <sup>3</sup>
Загальна жорсткість, ммоль/дм <sup>3</sup>	5,76	0,01	3,64	0,01	<7 ммоль/дм <sup>3</sup>
Хлориди Cl <sup>-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	4	0,05	3,8	0,05	< 250 мг/дм <sup>3</sup>
Сульфати SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/дм <sup>3</sup>	<10	<10	<10	<10	< 250 мг/дм <sup>3</sup>
Вміст кальцію, мг/дм <sup>3</sup>	94,4	1,89	27,3	0,54	<130 мг/дм <sup>3</sup> (фізіологічно повноцінна вода)
Вміст магнію, мг/дм <sup>3</sup>	29,8	0,1	14,8	0,1	< 80 мг/дм <sup>3</sup> (фізіологічно повноцінна вода)
Гідрокарбонат-іони (HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ), мг/дм <sup>3</sup>	419,7 419,7	1,2	303,2	1,8	396,5 мг /дм <sup>3</sup>

Слід відмітити, що висока гідрокарбонатна жорсткість води викликає порушення кислотно-лужного балансу, тому збільшується вміст в організмі лужних сполук. Активна кислотність такої води більше 7 змушує шлунок виробляти додаткову кількість кислоти й провокує різного роду порушення життєдіяльності. Крім того, «зв'язуючи» корисні речовини, що містяться в їжі, «жорстка вода» навантажує баластом органи травлення. Така вода створює додаткове навантаження на нирки і, в деяких випадках, може служити причиною каменеутворення в них.

Уміст гідрокарбонат-іонів ( $\text{HCO}_3^-$ ) у електроактивованій воді становить  $303,2 \text{ мг/дм}^3$ , що, порівняно з показником водопровідної води ( $419,7 \text{ мг/дм}^3$ ), менше на 27,8 %. Щодо показника сухого залишку, то в зразку водопровідної води він становить  $394 \text{ мг/дм}^3$ , а електроактивованої –  $334 \text{ мг/дм}^3$ . Обидва показники знаходяться в межах норми, за яку прийнято показник 300–500  $\text{мг/дм}^3$ . Оскільки й високий, і низький рівень мінералізації води є небажаним явищем, то обидва дослідні зразки задовільняють цьому показнику. З огляду на перераховані переваги електроактивованої води, порівняно з водопровідною, можна зробити висновок про доцільність її застосування в технології м'ясних продуктів.

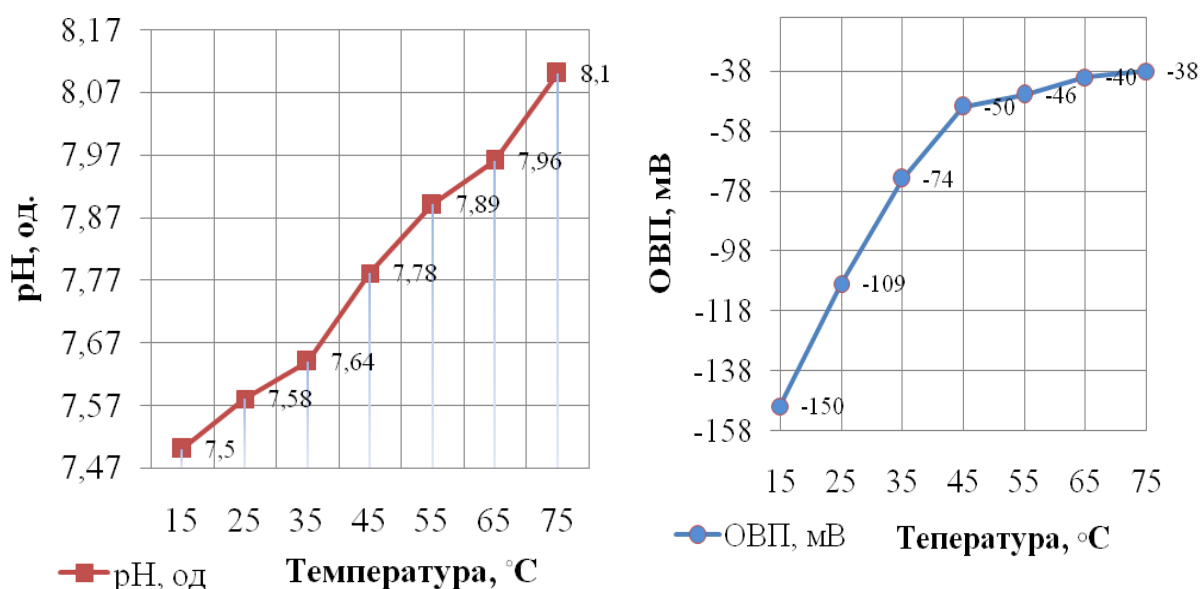
Оскільки електроактивовані розчини мають багато переваг над водопровідною водою, наступним етапом роботи було вивчення природи їх метастабільного стану. У технології виробництва м'ясопродуктів велике значення мають температурні впливи на сировину, тому доцільно дослідити поведінку електроактивованої води в процесі заморожування – розморожування та нагрівання до  $75 \text{ }^\circ\text{C}$ . Отриманий у процесі електроактивації католіт переливали в пластикові посудини місткістю 500 мл для заморожування за температури  $-18 \text{ }^\circ\text{C}$  протягом 48 годин. Заморожені зразки розморожували за кімнатної температури, вимірювання показників активної кислотності та окисно-відновного потенціалу проводили за температури  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для дослідження впливу нагрівання католіт відбирали в термотривкі скляні колби об'ємом 500 мл, поміщали в колбу термометр та нагрівали до температури  $100 \text{ }^\circ\text{C}$  на водяній бані. Вимірювання дослідних показників приводили після охолодження зразків до температури  $15 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для вимірювання показника рН та окисно-відновного потенціалу (ОВП) використовували багатофункціональний прилад «Combo». Абсолютна похибка вимірювань складала  $\text{pH} \pm 0,01 \text{ од.}$ , ОВП  $\pm 1 \text{ мВ}$ . Отримані дані наведені в таблиці 2.

## 2. Аналіз впливу температури на процес релаксації електроактивованої води

Показник	Температурний вплив			
	заморожування – розморожування		нагрівання до $75 \text{ }^\circ\text{C}$	
	до	після	до	після
Показник рН, од	$7,5 \pm 0,01$	$7,64 \pm 0,01$	$7,5 \pm 0,01$	$8,1 \pm 0,01$
ОВП, мВ	$-150 \pm 1$	$-138 \pm 1$	$-150 \pm 1$	$-38 \pm 1$

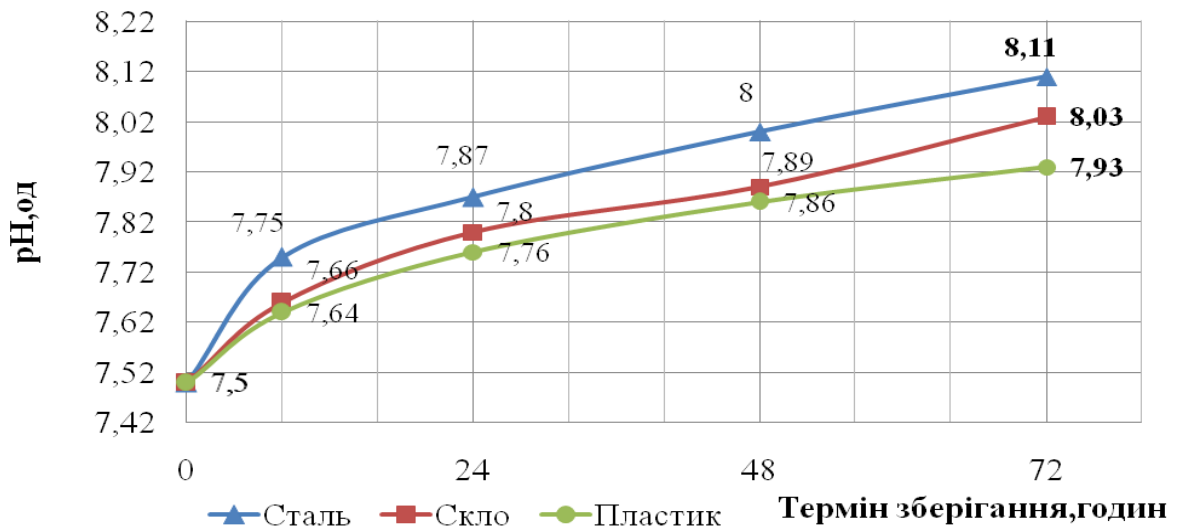
Аналізуючи дані таблиці 2, можна зробити висновок, що заморожування нейтрального католіту не призводить до повної втрати ним аномальних властивостей, що підтверджується дослідженнями [2]. Так, показник рН католіта після заморожування протягом 48 год. підвищився лише на 0,14 од. і залишився в зоні нейтральних значень, а показник окисно-відновного потенціалу підвищився на 12 мВ. Отже, заморожування католіту веде до значного уповільнення процесу релаксації. Можна зробити припущення, що можливим є консервування електрохімічно активованих розчинів з метою використання їх в ситуаціях, коли активація за певних умов неможлива.

Стосовно нагрівання католіту до температури 75–77 °С слід відзначити серйозне підвищення показників рН та ОВП. Активна кислотність наблизилась до слабо лужних значень після нагрівання рН=8,1 од. Окисно-відновний потенціал хоча й підвищився на 112 мВ, але залишився у від'ємному діапазоні значень і становив 38±1 мВ. Представлені результати свідчать про прискорення процесу релаксації зразка, тому нагрівання електроактивованого розчину вище 75 °С є не бажаним. На рисунку 1 представлено графіки залежності зміни показників рН (а) та ОВП (б) від температури.



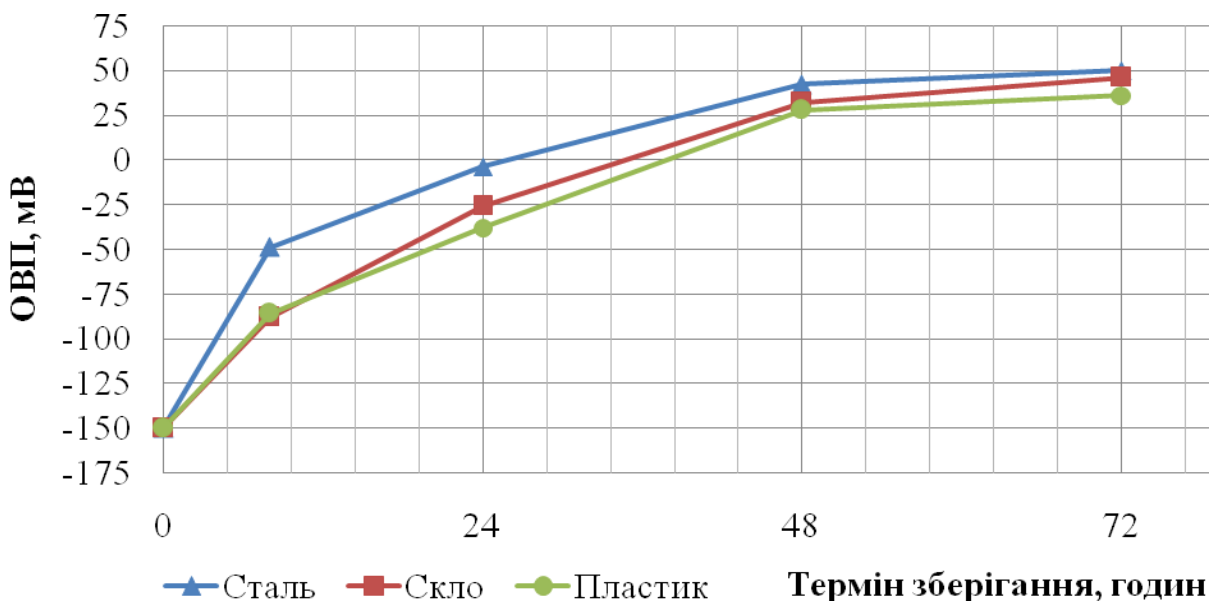
а) б)  
**Рис. 1. Залежність показників рН (а) та ОВП (б) електрохімічноактивованої води від температури**

З метою дослідження впливу часу та матеріалу тари на процес релаксації активованого водного середовища отримана в результаті електроактивації лужна фракція води була поміщена в ємності з пластику, нержавіючої сталі та скла. Дослідні зразки зберігались протягом 3 діб у закритій тарі без газового прошарку та за температури 4±1 °С. Динаміку зміни водневого показника рН залежно від матеріалу ємності наведено на рисунку 2.



**Рис. 2. Динаміка водневого показника рН електрохімічноактивованої води в часі, залежно від матеріалу тари**

Таким чином, процес релаксації дослідних зразків залежить не лише від терміну їх зберігання, але й від матеріалу ємності та характеризується нестабільністю аномальних властивостей зразків у період зберігання. У перший день значення рН всіх зразків становило 7,5, що характерно для нейтрального католіту, але протягом трьох днів зберігання за сталої температури процес релаксації проходив не однаково для всіх трьох зразків. Найменші зміни показника рН відбулись у зразку, що зберігався в пластиковій тарі – на 3 добу зберігання він становив 7,93 од., зразок у скляній тарі мав рН=8,03, а в сталевій ємності цей показник становив 8,11. Для отримання повного уявлення про взаємозв'язок між матеріалом тари та зміною фізико-хімічних показників активованої води в процесі релаксації було досліджено показник окисно-відновного потенціалу (рис. 3).



**Рис. 3. Динаміка показника ОВП електрохімічноактивованої**

### **води в часі, залежно від матеріалу тари**

Аналогічно до попереднього графіка спостерігається нерівномірна релаксація показника ОВП залежно від матеріалу тари. Варто відмітити, що на другу добу зберігання жоден зі зразків не мав негативного значення ОВП. Але в останній день випробування зразок в пластиковій тарі володів найнижчим значенням окисно-відновного потенціалу, що становив +36 мВ. Можна припустити, що основною причиною підвищення ОВП католіту є окиснення відновників киснем, який входить до складу повітря.

**Висновки.** Узагальнюючи результати досліджень, доведено, що електроактивація води значно покращує показники її якості та безпечності, а це відкриває широкі можливості та перспективи для застосування активованих водних середовищ у технології м'ясних продуктів. Установлено, що активований стан водних середовищ є термодинамічно нестабільним, про що свідчать результати комплексних досліджень процесу релаксації активованих водних середовищ залежно від варіюваних зовнішніх параметрів. Так, доведено, що зберігання активованої води в пластиковій тарі сприяє певній стабілізації її аномальних властивостей, а використання скляної та сталеві тари веде до прискорення процесу релаксації. Нагрівання електроактивованої води до температури вище 75 °С є не бажаним, так як призводить до швидшої релаксації.

### **Список літератури**

1. Бордун І. Дослідження зміни спектрів пропускання електрохімічно активованої води у процесі релаксації / І. Бордун, В. Пташник, Н. Черновол // Вісник Львів. ун-ту. Серія фізика. – Львів. – 2010. – Вип. 45. – С. 100–106.
2. Прилуцкий В. И. Электрохимически активированная вода: аномальные свойства, механизм биологического действия / В. И. Прилуцкий, В. М. Бахир. – М. : ВНИИИ мед. техники, 1997. – 232 с.

*Представлены результаты научных исследований свойств электроактивированных водных сред. По результатам комплексных исследований процесса релаксации активированных водных сред в зависимости от варьируемых внешних параметров установлено, что активированное состояние водных сред является термодинамически нестабильным.*

**Електроактивованна водна среда, релаксація, водопроводна вода, електрохімічноактивованна вода, рН, окислительно-восстановительный потенциал.**

*Deals with the results of research elektroaktyvovanyh properties of aqueous media. As a result of comprehensive research process relaxation activated aqueous media varied depending on external parameters established that activated state of water environment is thermodynamically unstable.*

**Elektroaktyvovane aquatic environment, relaxation, tap water, elektrohimichnoaktyvovana water, pH, redox potential.**