

## USE OF NON-REAGENT MODIFIED WATER FOR INCREASE OF FOOD INDUSTRY EFFICIENCY AND IMPROVEMENT OF FOOD PRODUCTS QUALITY

A. Ukrainets, Yu. Bolshak, A. Marynin  
*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Non-reagent modification  
Redox state  
Biological activation  
of water  
Nutritional value of water  
Structural and energy  
state of water*

---

**Article history:**

Received 17.09.2017  
Received in revised form  
08.10.2017  
Accepted 20.10.2017

---

**Corresponding author:**

A. Ukrainets  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The Article presents general approaches to potable water quality improvement, both as food product and as raw material for food industry. It shows that potable water, as the most important food product despite absence of calories, has features of a food product and is characterized by presence of macro- and microelements which are highly important for physiology of life. The quantity of these elements is limited by current sanitary rules and standards and determine physiological usefulness of potable water. Results of influence of physical (reagentless) factors on physical and chemical features of water are provided, which led to the discovery of biological activeness of non-reagent modified water in food technology. This effect opens the way to development of new high efficient and ecologically perfect technologies for water treatment in food industry and food production. It allows improving consumer properties of food products and provides the possibility to acquire definite valuable healing properties in production process.

---

DOI: 10.24263/2225-2924-2017-23-5-1-24

---

## ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗРЕАГЕНТНО МОДИФІКОВАНОЇ ВОДИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ХАРЧОВОГО ВИРОБНИЦТВА І ПОЛІПШЕННЯ ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ

А.І. Українець, Ю.В. Большак, А.І. Маринін  
*Національний університет харчових технологій*

*У статті узагальнено підходи до вирішення проблеми поліпшення якості питної води як харчового продукту та як сировинного компонента харчового виробництва. Показано, що питна вода як найважливіший продукт харчування, який, попри відсутність калорій, має ознаки харчового продукту й характеризується вмістом важливих для фізіології життєдіяльності макро- та мікроелементів, кількісні показники яких обмежено чинними санітарними правилами та нормами, і які визначають фізіологічну повноцінність питної води. Наведено результати впливу фізичних (безреагентних) чинників на*

*фізико-хімічні властивості води, що призвели до відкриття явища біологічної активності безреагентно модифікованої води у харчових технологіях. Даний ефект відкриває шлях до розробки нових високоефективних та екологічно досконалих технологій переробки харчової сировини й виготовлення харчової продукції з полішеними споживчими властивостями і з можливістю набуття ними в процесі виробництва певних цінних оздоровчих властивостей.*

**Ключові слова:** *безреагентна модифікація, редокс-стан, біологічна активація води, харчова цінність води, структурно-енергетичний стан води.*

**Постановка проблеми.** Якість питної води є критичною для запобігання ризику для здоров'я від її вживання. Разом з тим вода є джерелом надходження до організму нутрієнтів (макро- та мікроелементів, необхідних для забезпечення фізіологічних процесів життєдіяльності). Через техногенне забруднення джерел водопостачання питно-господарська водопровідна вода втрачає свою функцію питної води, поступаючись продукції харчової промисловості — бутильованій питній воді.

Водночас вода є важливим сировинним компонентом харчової промисловості, яка за своєю специфікою вимагає дотримання особливих галузевих вимог показників якості води. Дотримання цих вимог є критичним для забезпечення підвищення ефективності харчового виробництва та підвищення якості кінцевої продукції. Актуальним є проведення всеохоплюючого аналізу сучасного стану усвідомлення впливу можливостей покращення показників якості води шляхом впровадження новітніх методів і технологій водообробки з метою оптимізації впливу показників якості питної бутильованої води на фізіологічні процеси в організмі та на ефективність застосування води як сировинного компонента харчових технологій з метою вдосконалення харчових технологій і підвищення якості продукції. Особливого значення набуває дослідження та використання фізичних методів впливу на воду задля регулювання її редокс-статусу для формування її особливого структурно-енергетичного стану як основи оздоровчих властивостей питної води та фактора оптимізації харчових технологій.

**Аналіз основних досліджень і публікацій.** Негативні прогнози кількісних і якісних показників водозабезпечення у світі спонукали гігієністів і технологів зосередитись на проблемі безпеки питного та господарського водопостачання. Достеменно визнано, що якість питної води є запорукою здоров'я та довголіття, а невирішені проблеми якості води є причиною 70% захворювань у світі. Фізико-хімічні та гігієнічні дослідження тривалий час зосереджувались на визначенні гранично допустимих концентрацій (ГДК) у питній воді та воді — сировинному компоненті харчових технологій. Накопичення наукових знань призвело до усвідомлення біологічної цінності й фізіологічної повноцінності питної води та суттєвого впливу якості води на якість харчових продуктів. При цьому якість води однозначно пов'язувалась з її хімічним, радіаційним і мікробіологічним вмістом. За цими критеріями Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) проводить глобальний аналіз факторів ризику для здоров'я, пов'язаних із вживанням питної води, та розробляє заходи управління ризиками.

Півстоліття тому було розгорнуто нові дослідження впливу фізичних чинників на окислювально-відновлювальні властивості та стан кислотно-лужного балансу води. У результаті з'ясовано, що без будь-яких реагентів вода може набувати такого структурно-енергетичного стану, який неможливо відтворити за допомогою існуючих хімічних реагентів, досліджено позитивний вплив такої безреагентно модифікованої води на фізіологічні процеси життєдіяльності та якість харчових продуктів.

**Мета статті:** узагальнити сучасний стан усвідомлення фізико-хімічних, гігієнічних і технологічних аспектів формування та застосування безреагентно модифікованої води задля підвищення ефективності харчового виробництва й поліпшення якості продукції, надати приклади успішних досліджень і впроваджень у харчових технологіях безреагентно модифікованої води.

**Викладення основних результатів досліджень.** Вода є всюдишурою у нашому житті в усіх його проявах. Зокрема, гігієністи впевнились у розумінні того, що вода насправді є основним продуктом харчування людини. Доброякісна питна вода є визнаною запорукою здоров'я та довголіття при тому, що забруднені джерела водопостачання спричиняють 70% захворювань у світі [1]. Закономірно, що водопровідна вода питно-господарського призначення стрімко втрачає свою функцію основного джерела питної води, поступаючись продукції харчової промисловості — бутильованій питній воді.

Як сировинний компонент харчових технологій вода, як мінімум, мусить відповідати вимогам Держстандарту до води питної, призначеної для споживання людиною [2]. Чинні ДСанПіН [2] суттєво підвищили вимоги до якості води за хімічними, радіаційними та мікробіологічним показникам. Важливим є заснування нового критерію фізіологічної повноцінності питної води, що наблизило документ до рекомендацій ВООЗ щодо поліпшення якості питної води [4]. Вперше регламентовано нормативні правила виробництва та реалізації бутильованих вод, облаштування та експлуатації бюветних комплексів і розливу доочищеної питної води у тару споживача. Сформульовані нормативи для бутильованої води вищої категорії якості.

Вода як сировина харчового виробництва, відповідно до специфіки потреб галузі, регламентується рядом галузевих державних стандартів та інструкцій [3]. Специфіка харчового виробництва з урахуванням можливої взаємодії хімічних складових води з вмістом інших сировинних компонентів продукції, що може вплинути на гігієнічні та смакові показники продукції, в ряді випадків висуває більш суворі вимоги до якості води, ніж вимоги ДСанПіН 2.2.4-171-10 [5]. З часом, у другій половині ХХ ст. відбувся еволюційний перехід гігієнічної оцінки питної води за критерієм безпеки її вживання до критерію її біологічної цінності та фізіологічної повноцінності. Зрештою, результати досліджень впливу фізичних (безреагентних) чинників на фізико-хімічні показники води призвели до відкриття явища біологічної активності безреагентно модифікованої води [6]. Фізичний сенс активації води полягає в набутті молекулами води під дією фізичного фактора збудження квазінерівноважного термодинамічного стану. Характерною особливістю такого стану є те, що після зняття джерела фізичного впливу на воду, її молекули самочинно прямують до стану первинної рівноваги (процес релаксації). При

цьому збуджені молекули води здатні розсіювати у навколишнє середовище набутий надлишок енергії. При потраплянні активованих молекул води в клітини організму їх релаксація може супроводжуватись передачею енергії збудження оточуючому біологічному середовищу: структурована вода гідратного шару біомолекул, самі біомолекули, органели клітини. Ця енергія здатна витратитися на виконання певної біологічної роботи, що забезпечує життєдіяльність клітини [7].

Характерно, що при наявності набутого енергетичного збудження молекул води можливість позитивного біологічного відгуку на таку воду залежить перш за все від наявності у неї квазінерівноважного стану і практично не залежить від природи енергетичного збуджуючого чинника. У випадку, коли вода під впливом певного фізичного чинника переводиться із стану термодинамічної рівноваги у новий стан рівноваги, активації води не відбувається і, відповідно, релаксація не спостерігається. Це важливо пам'ятати тим, хто вважає будь-яку воду, яка характеризується від'ємним знаком величини окислювально-відновлюваного потенціалу, активованою (живою) водою.

На перший погляд, може здатися, що порівняно з продуктами харчування питна вода як джерело поповнення організму нутрієнтами, відіграє другорядну роль. Але в дослідях на тваринах виявлено, що у тварин, яких поїли водою, збагаченою цинком та магнієм, спостерігалась набагато більша концентрація цих важливих біогенних елементів у сироватці їх крові, ніж у тварин, яких годували кормами, у багатократно більше збагачених цинком і магнієм, аніж вода [7]. Встановлено також, що при кулінарній обробці продуктів у маломінералізованій воді втрата кальцію та магнію досягає 60%, що безперечно знижує їх споживчу цінність. Навпаки, кулінарна обробка продуктів у воді з підвищеною мінералізацією призводить до збагачення продуктів певними мінералами. Отож ми наочно бачимо, що питна вода з оптимальним вмістом макро- та мікроелементів має досить виразні ознаки харчової цінності харчових продуктів.

Природно, що постає питання критеріїв оцінки харчової цінності питної води. Як продукт харчування питна вода підпадає під дію харчового стандарту ООН Codex Alimentarius [8]. Хоча питна вода не характеризується традиційними для продуктів харчування показниками, стандарт ООН вимагає її відповідності критеріям мікробіологічної й токсикологічної безпеки, а також показниками її харчової цінності — наявністю важливих для організму солей і мікроелементів. Вміст у воді аніонів і катіонів мусить бути відображений на етикетці.

З інтенсивним розвитком у другій половині ХХ ст. електрохімічної активації води за допомогою діафрагмових електролізерів, у практику аналізу води долучилося визначення не тільки кислотно-лужного балансу (величини рН води), а також величини та знака окислювально-відновлювального потенціалу (ОВП) води. ОВП води зі знаком мінус (кілька десятків або сотень мілівольт) відбиває електронодонорний стан води, при якому у воді конденсується певна кількість вільних електронів, що надає такій воді відновлювальних властивостей. В анодній зоні діафрагмового електролізера наявна

вода, яка має величину ОВП зі знаком плюс (аноліт) з вираженими окислювальними електронпоприемними властивостями.

Досліджено й випробувано декілька найбільш ефективних методів активації води шляхом її обробки акустичним (ультразвуковим) опромінюванням; фізичною дегазацією; опроміненням червоним та інфрачервоним лазером; обробкою вихровим електромагнітним полем (ВЕМП); газовою плазмою внаслідок електричного пробую води під дією електричних імпульсів високої напруги та ін. Але найбільш поширеним на практиці для активації води є електрохімічний метод з використанням діафрагмового електролізера [9]. Як ми побачимо далі, цей метод найчастіше впроваджується і в харчових технологіях.

З розвитком електрохімічного методу біоактивації води зросло й кількість досліджень впливу вживання аноліту та католіту на показники якості здоров'я. В більшості таких праць досліджували зміну структурно-енергетичного стану води під дією безреагентного фізичного впливу на воду й аналізували зміну показників стану здоров'я людини залежно від набутого стану молекулами води.

Але спочатку було чітко зафіксовано позитивний вплив на показники здоров'я природної бутильованої води порівняно із вживанням водопровідної води. У статті [10] в дослідях з участю студентів-добровольців досліджено вплив на їх показники здоров'я водопровідної, бутильованої та свіжоталої води. Спочатку методом міжфазної тензометрії визначили поверхневий натяг води, а потім, після її вживання, вимірювали поверхневий натяг сироватки крові, стандартні показники імунограми та робили клінічний аналіз крові. До початку експерименту його учасники вживали водопровідну воду. Потім місяць вони вживали бутильовану воду, після чого у 67% досліджуваних людей покращились показники лімфоцитів і поліпшився показник, що визначає силу імунного відгуку.

Через місяць, після повернення до вживання водопровідної води, відбувся зворотний процес повернення показників лімфоцитів до початкових показників. Як встановлено, постійне вживання водопровідної води студентами-добровольцями викликало зниження у 22% з них рівня гемоглобіну, у 44% зниження рівню еритроцитів, а в 11% зниження швидкості осідання еритроцитів. Повернення до вживання бутильованої води призвело до поліпшення гематологічних показників. У 78% з них достеменно покращились показники розумової працездатності, у всіх зросли показники м'язової витривалості. У 67% спостерігалось покращення пам'яті та загального самопочуття, позитивного настрою та підвищення активності. При цьому зниження у 78% досліджуваних поверхневого натягу сироватки крові свідчить про наявність біологічної активності бутильованої води.

Таким чином, встановлено наявність біологічної цінності бутильованої води, вживання якої достеменно покращує показники здоров'я учасників експерименту [10].

Дослідникам впливу на показники здоров'я зміни структурно-енергетичного стану безреагентно модифікованої води довелося спочатку самостійно визначити, які фізичні параметри здатні якісно чи навіть кількісно характери-

зувати структурно-енергетичні зміни у фізично модифікованій воді, а потім, на цій основі, вивчати біологічний відгук тест-об'єктів різного рівня (аж до організму людини) на перебування у досліджуваній воді, або ж на її вживання [7]. У таких новаторських дослідженнях, як [11; 12] вивчали такі види фізичного впливу на воду:

- інфрачервоне випромінення (ІЧ);
- електромагнітне поле (ЕМП);
- фільтрація крізь алмазний пісок (АП);
- вихрові електромагнітні поля (ВЕМП).

Для досліджень використовували водопровідну воду (ВВ) з хімічним складом, характерним для рівнинних річок східно-європейського регіону (до яких відносяться річки дніпровського басейну), та артезіанську воду (АВ). Встановлено [11], що при контакті як ВВ, так і АВ з поверхнею частинок алмазного піску ступінь структурованості води (ССВ) зростає у 3...3,5 раза. При обробці води ІЧ випроміненням лазера цей структурний показник зменшується на 35%. Спостерігався і зворотний процес: вода, оброблена ЕМП, зменшувала ступінь структурованості до 0,48-0,54%, а потім протягом 7 діб ССВ спонтанно повертався до початкового рівня [11]. Встановлено, що при низькій (0,48%) і високій (0,78%) ССВ спостерігався негативний вплив на морфофункціональний стан внутрішніх органів. Вживання піддослідними тваринами води, безреагентно модифікованої різними способами з проміжною величиною ССВ між вказаними крайніми значеннями, характеризується мінімальними негативними морфофункціональними наслідками.

Вода за своєю природою є структурою речовиною. Вона структурується в об'ємі, утворюючи водні асоціати (кластери), час життя яких дуже короткий, але вільні молекули знову утворюють асоціати і ця динамічна система співіснування двох фаз води знаходиться у вічному русі. Але принципове значення має здатність води структуруватися особливим чином на межі розділу вода/іони, молекули, макромолекули, поверхня твердого тіла. У тонкому шарі граничної води її фізико-хімічні властивості кардинально відрізняються від властивостей об'ємної води. Взагалі, в природі найбільш яскраві та важливі процеси (включаючи процеси життєдіяльності) відбуваються на фазових межах. Структура граничної води залежить від природи та властивостей поверхні, з якою вода межує. Показово, що особливості структури граничної води визначає функціональний стан поверхні, з якою вода межує. Наприклад, макромолекули білків у живих клітинах зберігають нативну структуру завдяки льодоподібній структурі у граничній щодо білків води. При підвищенні температури структура граничної води деформується і білки денатурують (згортаються). Для білків людини така гранична температура, яка зберігає нативну структуру білків, складає 42° С. Тому температура тіла, вища за 42°, несумісна з життям. Всередині живої клітини існує оптимальний фізіологічний баланс структурованої та вільної води, який забезпечує нормальний перебіг біофізичних і біохімічних процесів (рідинно-кристалічний стан внутрішньоклітинного водного середовища). Структурований стан внутрішньоклітинної рідини особливо важливий для оптимального перебігу в ній біоенергетичних процесів. Як вважає В.Л. Воєйков [13],

енергія електронного збудження не релаксуватиме досить довго у структурованій воді, що може бути вкрай важливим у біоенергетиці клітин.

Цікаво, що вищенаведена помірна ССВ характерна для природних поверхневих і підземних вод східно-європейського регіону, що, очевидно, свідчить про адаптаційну причину переваги вод з природною ССВ перед штучно структурованою та штучно деструктурованою питною водою. Про це варто пам'ятати перед прилавками із пристроями, які структурують воду.

У [12] показано, що посуд, у якому зберігається вода, може активно впливати на її ССВ. Наприклад, ССВ води у металічному посуді (срібло, мельхіор) зростає у 1,5 раза, а в посуді із структурно-аморфного матеріалу (скло, кераміка, емальована сталь) показник ССВ води зменшується. Звичайний пісок підземних водонасичених горизонтів (двоокис кремнію) структурує воду як алмаз, але ССВ води при цьому значно менший. Сонячне світло здатне структурувати воду у скляному посуді [12].

Самочинна (спонтанна) структурна самоорганізація молекул води обумовлена наявністю у її молекулі чотирьох електричних полюсів, утворених за рахунок перерозподілу навколо її молекули електронної щільності зовнішніх електронів. Біля кожного атома водню існують полюси з плюсовим знаком заряду. Біля атому кисню локалізовано два полюси з від'ємним знаком заряду. Просторове розділення електричних зарядів у молекулі води визначає наявність у неї дипольних властивостей. Завдяки вказаним електричним властивостям молекули води чутливі до електричних полів сусідніх молекул води (фізична причина їх спонтанної асоціації), а також до зовнішнього електричного поля. За це вода одержала назву полярного середовища.

При електролізі води відбуваються відомі анодні та катодні реакції, які відтворені на рис. 1.

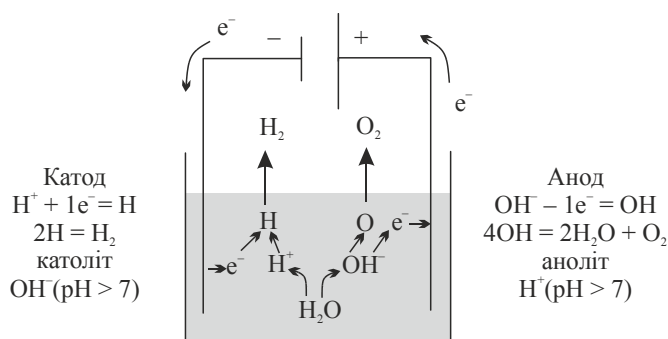


Рис. 1. Схема анодного і катодного процесів при електролізі води

Як видно з рис. 1, біля поверхні аноду відбувається окислення  $\text{OH}^-$  з виділенням в об'єм води молекулярного кисню  $\text{O}_2$  та утворенням кислого середовища — аноліту. В катодній зоні відновлюються катіони  $\text{H}^+$  та відбувається виділення в об'єм молекулярного водню  $\text{H}_2$  з утворенням лужного середовища — католіту. Будучи розділені діафрагмою, аноліт і католіт відбираються кожний самостійно як цільові продукти.

Щодо католіту, то найбільш яскравою його медико-біологічною властивістю є виражена антиоксидантна властивість [9]. При питті католіту його підвищена електронодонорна активність сприяє нейтралізації руйнівних для клітинних мембран і біомолекул суперактивних вільних радикалів. Але контроль за дозами прийому католіту має велике значення. Згідно з [14], добова доза католіту не повинна перевищувати 300 мл, адже його надмірне вживання може пригнічувати активність не менш важливих для життєдіяльності окислювальних ферментів. У [14] наведено важливі для використання у харчових технологіях факти, пов'язані з можливістю життєдіяльності та розмноження мікроорганізмів різних типів і груп лише в певних межах величин ОВП та пов'язаних з ними значень рН поживного середовища [15]. Ці параметри пов'язані таким чином, що при зміні рН на 1 одиницю, величина ОВП змінюється на 60 мВ. При підкисленні водної системи значення ОВП (в мілівольтах) зростає із знаком плюс, при підлуженні — із знаком мінус.

Електронодонорні властивості атоліту обумовлюють при його вживанні багатоклітинними організмами покращення регенеративних функцій клітин і тканин. Наприклад, рани та пошкодження на шкірі швидко загоюються при обробці їх католітом. У різних технологіях, включаючи харчові, велике значення можуть мати чудові миючі властивості католіту [14].

Аноліт володіє значним антисептичним знезаражуючим ефектом у широкому спектрі його застосування. У випадку прийому всередину в певних дозах аноліт здатен забезпечувати детоксикацію клітин і тканин й організму в цілому, завдяки окисленню наявних там токсичних продуктів обміну речовин (шлаків) та ксенобіотиків зовнішнього походження. При цьому і аноліт, і католіт не мають шкідливих побічних наслідків їх позитивної лікувально-профілактичної дії через те, що в хімічному плані вони залишаються просто водою, але в особливому структурно-енергетичному стані. Але при прийомі безреагентно модифікованої води зміни ОВП біологічних рідин у складі багатоклітинних організмів вивчені недостатньо й клінічні дослідження мають бути продовжені. До того ж параметри крові, лімфи, міжклітинної рідини й цитоплазми соматичних клітин щодо величини ОВП досі не нормовані. Тому подальші детальні дослідження біологічного та фізіологічного значення цього параметра є важливою та актуальною проблемою.

На відміну від медичної сфери, відсутність нормування ОВП води як сировинного компонента у харчовій галузі не обмежує зусилля дослідників, які працюють задля використання безреагентно модифікованої води для підвищення ефективності виробництва та підвищення якості продукції. Кількість ефективних впроваджень у цьому напрямку постійно зростає.

У [16] для підвищення ефективності виробництва солоду при замочуванні, пророщуванні та витримці солоду замість хімічних реагентів (кислот і хлорвмістних препаратів) успішно застосовані слабкі розчини аноліту та католіту у певній технологічній послідовності. При цьому при безреагентній активації води утворюються метастабільні йони та радикали, що забезпечують кислотну та лужну реакції та біологічну активність препарату. Після застосування активні частинки самочинно рекомбінують, що забезпечує екологічну доско-



налість процесу. В результаті поліпшуються якісні показники солоду й зменшується собівартість виробництва, скорочується термін технологічного циклу та виключаються витрати на очищення забруднених стоків. У [17] наведено дані щодо широкого застосування електрохімічно активованих розчинів (ЕХА) у технології виробництва продуктів з рибної та рослинної сировини.

Зазначається, що найбільше поширення застосування ЕХА-води набуло у технологіях виробництва таких харчових добавок, як крохмаль, пектин, молочно-білкові концентрати тощо. Застосування електроактивованої води у виробництві хлібобулочних виробів, а також при виробництві чаю, какао, кави дає змогу поліпшити якість готової продукції та інтенсифікувати процес її виробництва.

У м'ясній промисловості розроблені технології з використанням ЕХА-води, які дають змогу поліпшити якість сировини та готового продукту, збільшити вихід продукції та стійкість при зберіганні [18].

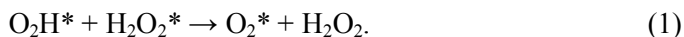
У [17] з використанням ЕХА-води підвищена якість і, що особливо актуально, безпека вживання продукції завдяки участі ЕХА-розчинів хлориду натрію в процесі ферментативного гідролізу рибної сировини.

Рослинна сировина для харчової продукції в процесі її вирощування проявляє позитивну чутливість до безреагентно модифікованої води. У [19] досліджено біологічну активність католіту як розчинника добрив, так і самостійного біоактивуючого агента. Тут католіт відіграє подвійну роль: як коректор рН поживного середовища і як донор електронів. Такий подвійний ефект неможливо досягнути кореневою системою внесення добрив, а лише безкорневим підживленням. Автори [19] пов'язують покращення роботи фотосинтезу при позакореновому підживленні католітом з його електроннодонорною активністю. Це сприяє переведенню молекулярного кисню  $O_2$  в активний стан — супероксид аніон кисню  $O_2^-$  а також з антиоксидантною властивістю католіту. Остання стимулює тканинне дихання, фізіологічну регенерацію, активацію ферментів. Роль католіту полягає не лише в наявності вільних ОН-груп (як джерела вільних електронів), але й у підвищенні його енергетичного стану за рахунок властивості відновлювача, тобто до здатності постачати електрони рослинам. Подібні коментарі авторів щодо фундаментальних механізмів активації процесів фотосинтезу через участь католіту в постачанні електронів рослинам безпосередньо у реакційну зону, чудово корегуються з сучасною концепцією усвідомлення нового фактора ризику для здоров'я через дефіцит електронів у довкіллі, питній воді та харчових продуктах [20].

Важливим спостереженням авторів [19] є те, що підвищена активність електронів у ЕХА-води сприяє перетворенню молекулярного кисню  $O_2$  в активну форму кисню  $O_2^-$ . Активні форми кисню (АФК) виробляються в клітинах організму й відіграють важливу роль у процесі активації різноманітних біохімічних реакцій, котрі забезпечують обмін речовин клітин й клітинний гомеостаз. Проте при збільшенні концентрації АФК зростає їх роль у пошкодженні біомолекул за рахунок їх окислювальної деструкційної дії.

АФК постійно виробляються особливими ферментами у всіх тканинах та органах і беруть активну участь у регуляції процесів життєдіяльності. Одно-

часно організм для боротьби з руйнівною дією залишкових АФК вибудовує систему антиоксидантного захисту [13]. Суперечності в цьому немає, адже в реакціях усунення АФК народжуються кванти енергії, необхідні для утворення нових порцій активного кисню. Тому чим більше виробляється АФК, тим більше виділяється енергії для потреб організму [13]. Супероксидний радикал  $O_2^-$  притягує до себе протон (продукт дисоціації молекул води), втрачаючи при цьому заряд (нейтралізація), але не втрачаючи свою хімічну активність. Коли такий нейтральний кисневий радикал  $(O_2H)^*$ , де знак (\*) означає зайвий електрон, передає цей електрон іншому такому ж радикалу  $(O_2H^*)^*$ , народжується збуджений, тобто хімічно активний, кисень  $*O_2$  (синглетний кисень), а також перекис водню  $H_2O_2$ :



При розкладі перекису водню виділяється енергія, здатна активувати додаткові молекули кисню, що підтримує вже задіяний процес. Стосовно процесу фотосинтезу, кванти світла взаємодіють з молекулами хлорофілу і в результаті цього електрони молекул хлорофілу переходять у більш високий енергетичний стан (електронне збудження молекул). Надлишкова енергія частки збуджених молекул передається іонам водню та гідроксилу, наявним у воді. Іони гідроксилу  $OH^-$  віддають свої електрони іншим молекулам і перетворюються у вільні радикали  $OH$ . Вільні радикали  $OH$  взаємодіють між собою згідно з реакцією:



Передача електронів у наведених реакціях фотосинтезу може підтримуватися за рахунок електронодонорних властивостей католіту, що є наочним прикладом безпосередньої біостимулюючої та біоенергетичної ролі католіту у фотосинтезі при позакореневій його стимулюючій дії на рослини [19].

Детальний розгляд біостимулюючого механізму впливу католіту на процес фотосинтезу важливий для кращого розуміння позитивного впливу безреагентно модифікованої води у харчових технологіях.

Більш глибокому розумінні фізико-хімічних аспектів безреагентної активації води сприяє також дослідження процесу безконтактної активації та активації води як процес, супутній хімічним реакціям у досліджуваній воді [21].

Герметичні ампули з фізіологічним розчином занурювали в аноліт та католіт і після експозиції 30 хвилин спостерігали зміну величини і знаку ОВП та рН в ампулах, які змінювались відповідно до цих параметрів у католіті та аноліті. Аноліт і католіт діють на фізіологічний розчин крізь скло, лавсан і фторопласт. Причому для скла та лавсану спрямованість змін рН та ОВП відповідне анодній чи катодній обробці. А для фторопласту спостерігається зміна знаку ОВП води в ампулі на протилежний знаку електрохімічній обробці. Після вилучення ампул з катодної та анодної камер, відбувалася характерна для активації водного розчину релаксація величин ОВП і рН. Останнє свідчить про те, що безконтактна ЕХА відбувається на енергетичному (електромагнітному) рівні без масообміну йонів крізь стінки ампул. Даний ефект однаково працює як при ввімкненому, так і при вимкненому електролізері.

Ефект безконтактної активації демонструє, що певні харчові продукти (овочі, фрукти та ягоди) при зануренні у католіт чи аноліт набуватимуть корисні для споживчих властивостей редокс-характеристики.

У [21] вивчалась можливість безконтактної активації води, де як активуюче середовище (замість аноліту та католіту) використовувались хімічні реагенти, здатні вступати між собою в хімічну взаємодію. Для приготування розчину з від'ємним знаком ОВП (аналог католіту) у воді спочатку розчинили в першому розчині сульфат натрію та соду і одержали ОВП розчину  $-71$  мВ. Другий розчин (метол, гідрохінон, калій бромистий) мав ОВП  $+118$  мВ. ОВП розчинника — дистильованої води —  $+300$  мВ. Після змішування двох розчинів, ОВП суміші одержали рівним  $-400$  мВ. У цей розчин занурили герметичний поліетиленовий пакет з водою з величиною ОВП  $+300$  мВ. Через 2 год ОВП води у пакеті набув величини  $+200$  мВ, а через 20 год —  $+75$  мВ.

При вилученні пакета з активуючого розчину спостерігався процес релаксації.

Автори даної статті у власному експерименті в 1 л водопровідної води з параметрами ОВП  $+111$  мВ;  $pH = 7,1$ , питома електропровідність  $579$  мСм/см розчинили  $40$  мг аскорбінової кислоти. Одержаний розчин мав величину ОВП  $-8$  мВ;  $pH = 6,9$ , питома електропровідність  $579$  мСм/см. Розчин у водопровідній воді суміші аскорбінової кислоти ( $10$  мг/л) та бурштинової кислоти ( $150$  мг/л) мав параметри: ОВП  $+32$  мВ;  $pH = 7,4$ ; питома електропровідність  $499$  мСм/см. Тобто в обох дослідах початкове значення ОВП води ( $+111$  мВ) у розчинах антиоксидантних добавок очікувано регресувало в бік електронодонорного стану на  $54...119$  мВ. В іншому досліді послідовно розбавляли дистильованою водою вихідний розчин аскорбінової кислоти в дистильованій воді ОВП  $= -72$  мВ. При двократному розбавленні цього розчину одержали ОВП  $= -76$  мВ; подальше двократне розбавлення ОВП  $= -66$  мВ; аналогічне розбавлення — ОВП  $= -50$  мВ. Тобто при зазначених процедурах величина ОВП відновлювального середовища практично не змінюється при зменшенні концентрації аскорбінової кислоти в розчині. Таким чином можна одержати мінімальну концентрацію аскорбінової кислоти, що одночасно забезпечує збереження антиоксидантної активності водного розчину.

Цікаве спостереження ми одержали при дослідженні редокс-статусу бутильованої води «Моршинська». ОВП свіжовідкоркованої води дорівнювало  $+9$  мВ, що характеризує практичну відсутність у воді окислювальної активності. Після 24 год витримки проби цієї води у контакт з повітрям приміщення, ми отримали аномальний ефект зміни її окислювально-відновлювального потенціалу, який усупереч усталеному уявленню регресував до величини мінус  $38$  мВ. Тобто через процес масообміну розчинених у воді газів з газами, наявними у повітрі приміщення, вода набула виражені електронодонорні показники ОВП. Подібна тенденція збереглася при розчиненні в бутильованій воді «Феофанівська класична» натрієвої солі аскорбінової кислоти. Вихідні параметри води: ОВП  $= 32$  мВ;  $pH = 6,9$ ; питома електропровідність  $618$  мСм/см. Після одержання розчину аскорбату натрію у цій воді ( $250$  мг/л) параметри розчину набули величин: ОВП  $= -15$  мВ;  $pH = 7,0$ ; питома електропровідність  $561$  мСм/см.

**Таблиця 1. Дослідження зміни показників води «Феофанівська класична» при експозиції на повітрі межі розділу вода/повітря**

Вихідна вода			
Час експозиції, годин	ОВП, мВ	рН,	Питома електропровідність, мСм/см
0	+32	6,9	618
Розчин аскорбату натрію (250 мг/л у воді «Феофанівська класична»)			
0	-15	7,0	561
0,5	-35	6,9	653
0,75	-26	6,7	562
4,0	-33	6,7	573
21,3	-37	6,6	613
25,5	-53	6,8	602
73	-47	6,7	636
81	-35	6,7	646
96	-57	7,0	658
108	-55	7,0	698
132	-50	6,7	699
138	-48	7,0	704
140	-47	6,9	747
156	-42	7,1	782

Як видно з табл. 1, набуті в розчині аскорбату натрію у воді електронодонорні властивості зберігаються на рівні значень ОВП від -15 мВ до -57 мВ принаймні тиждень з перспективою подовження терміну. Подальші дослідження з набуття оздоровчих властивостей питної води з електронодонорними характеристиками є вельми перспективними, зважаючи на їх можливе позитивне застосування (наприклад, під час сезонних вірусних і респіраторних масових захворювань), як доступний лікувально-профілактичний засіб. Обнадійливим виглядає набуття додаткових антиоксидантних властивостей такими традиційними природними антиоксидантами й джерелами вітамінів, як свіжі овочі, фрукти та ягоди. У [22] показана можливість посилення електронодонорних властивостей внутрішньоклітинних водовмісних середовищ овочів, фруктів та ягід (соків). Сутність винаходу полягає в тому, що рослинний харчовий продукт обробляють католітом (витримуючи його зануреним у католіт) безперервно вимірюючи при цьому ОВП внутрішньоклітинного соку, доводячи його до величини, притаманній свіжим плодам. Технічний результат полягає у відновленні якості рослинних харчових продуктів після певного періоду зберігання, шляхом регресії ОВП їх внутрішньоклітинної рідини до електронодонорного редокс-стану у клітинах свіжих плодів. Завдяки тому, що фрукти, овочі та ягоди мають зовнішню оболонку, що ізолює їх від зовнішнього середовища, кожний такий плід ми можемо вважати за ємність, заповнену внутрішньоклітинним соком. Тому плоди цілими завантажуються в католіт і витримуються там до набуття відновлених кондицій шляхом безконтактної активації. При цьому вичавлені з плодів соки можуть бути відновлені до свіжого стану шляхом безконтактної активації при розміщенні їх у оболонці з тонкого поліетилену із подальшим зануренням у католіт чи аноліт.

### Висновки

Таким чином, для подальшого розвитку передових харчових технологій із залученням безреагентно модифікованої води з метою підвищення ефективності виробництва та якості продукції створено перспективні наробки, які безперечно стануть основою для розробки нових вискоелективних, екологічно досконалих технологій переробки харчової сировини та виготовлення харчової продукції з поліпшеними споживчими властивостями та з можливістю набуття ними в процесі виробництва певних цінних оздоровчих властивостей. Роботи в цьому напрямку розгорнуто в Національному університеті харчових технологій, зокрема в рамках виконання проекту «Створення наукових основ технологічних процесів відновлення води до її природного структурно-енергетичного стану», номер держреєстрації: 0117U001244.

### Література

1. Руководство по контролю качества питьевой воды (РККПВ) (второе издание). Том 1. Рекомендации Всемирной организации здравоохранения. — Женева, 1994. — 255 с.
2. ДСанПиН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
3. ДСТУ 4283.2:2007» Соки та сокові продукти» — ГН 6.6.1-130» Державні гігієнічні нормативи Допустимі рівні вмісту радіонуклідів  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  у продуктах харчування та питній воді».
4. Нутриенты в питьевой воде. Отчет ВОЗ. — Женева, 2003. — 61 с.
5. *Куприянов А.В.* Система обеспечения качества и безопасности пищевой продукции // Вестник Оренбургского государственного университета. — 2014. — С. 164—167.
6. *Прилуцкий И.И.* Электрохимическая активация воды: аномальные свойства, механизм биологического действия / И.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. — Москва : ВНИИМТ. АО НПО» Экран», 1997. — 228с.
7. *Большак Ю.В.* Биологическая активность и закономерности формирования безреагентно модифицированной воды. — Киев : Книга плюс, 2015. — 200 с.
8. *Стрикаленко Т.В.* Гигиенические задачи производства бутилированных питьевых вод: вчера, сегодня, завтра // Вода і водоочисні технології. — 2009. — № 8—9. — С. 52—56.
9. *Леонов Б.И.* Физико-химические аспекты биологического действия электрохимически активированной воды / Б.И. Леонов, В.И. Прилуцкий, В.М. Бахир. — Москва : ВНИИМТ, 1999. — С. 244.
10. *Ластков Д.О.* Екотоксикологічні аспекти оцінки біологічної цінності питної води // Актуальні аспекти транспортної медицини. — 2011. — № 24(24).
11. *Савостикова О.Н.* Гигиеническая оценка влияния структурных изменений в воде на ее физико-химические и биологические свойства. Автореферат канд. дис. — Москва, 2008. — 18 с.
12. *Теленкова О.Г.* Гигиеническое обоснование условий, обеспечивающих стабильное структурное состояние воды. Автореферат канд. дис. НИИ Экологии человека и окружающей среды им. А.Н. Сысина — Москва, 2011. — 21 с.
13. *Воейков В.Л.* Фундаментальная роль воды в биоэнергетике. Сборник избранных трудов IV Международного конгресса» Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». — Москва, 2006. — С. 46—43.
14. *Спенглер О.А.* Слово о воде. — Ленинград : Гидрометеоздат, 1980. — 182 с.
15. *Lotts T.M.* Redox Shock. Water quality association. Annual Conventien and exhibition. March. 1994. Phoenix. Arisona. p. 20.
16. Патент РФ. Способ проращивания солода и способ выдержки солода / С.Э. Когубей, Никитин В.И., Устюгова Г.В., Устюгов В.В., Чувашев С.Н. — приоритет от 20.04.2005.

17. *Разумовская Р.Г.* Применение ЭХА-растворов в биотехнологии продуктов из рыбного и растительного сырья / Р.Г. Разумовская, А.И. Кассамединов, Тхи Хуе Као, Ванг Хынг Нгуен, О.В. Забродова. — Вестник АГТУ. — 2011. — № 1(51).

18. Исследование процесса релаксации показателя рН, динамической вязкости и плотности электроактивированной воды / А.А. Борисенко, Е.А. Шаманаева, А.М. Шишлов, А.А. Брачихин // Сб. науч. тр. СевКавГТУ. Сер.: Продовольствие. — 2002. — Вып. 5.

19. *Александрова Э.А.* Влияние электрохимически активированной воды на растительные экосистемы / Э.А. Александрова, Г.А. Шрамко, Б.Е. Красавцев. [Электронный ресурс]. — Режим доступа : [www.biophys.ru/archive/congress2012/proc—p128—d.pdf](http://www.biophys.ru/archive/congress2012/proc—p128—d.pdf).

20. *Рахманин Ю.А.* Дефицит электронов в окружающей среде как новый фактор риска для здоровья человека / А.А. Стехин, Г.В. Яковлева // Всероссийская научно-техническая конференция «Санитарно-эпидемиологическая безопасность населения Российской Федерации». — Москва, 2012. — С. 25—38.

21. *Дубровская Д.А.* Феномен бесконтактной активации от микрогидрина и при химических реакциях / Д.А. Дубровская, Р.Ф. Мулахметов // Сборник трудов ВНКФ-8. — Екатеринбург, 2012. — С. 597—599.

22. Патент РФ. Способ обработки растительных пищевых продуктов / Здобников А.Е. — от 28.10.2008 г. Заявка 2008142627/15, 28.10.2008.