

## ВПЛИВ ЕЛЕКТРОХІМІЧНО АКТИВОВАНОЇ ВОДИ НА ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТА РЕОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ М'ЯСНИХ ПАШТЕТІВ

А. І. МАРИНІН<sup>1\*</sup>, В. В. ШПАК<sup>1</sup>, В. М. ПАСІЧНИЙ<sup>2</sup>, Є. А. ШУБІНА<sup>2</sup>, Р. С. СВЯТНЕНКО<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Проблемна науково-дослідна лабораторія Національного університету харчових технологій, Київ, УКРАЇНА

<sup>2</sup>кафедра технології м'яса та м'ясопродуктів Національного університету харчових технологій, Київ, УКРАЇНА

\*e-mail: andrii\_marynin@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** Підготовка води для харчових виробництв як компоненти для підвищення біологічної повноцінності продуктів харчування шляхом оптимізації вмісту у воді макро- та мікроелементів з біогенними властивостями є актуальним питанням щодо вирішення проблем підготовки води та визначення параметрів цього процесу для забезпечення структуроутворення харчових систем. Визначено вплив активованої води у складі крохмальних суспензій на функціонально-технологічні властивості та реологічні показники пащтетів з їх використанням. Активована вода, і в більшій мірі аноліт, значно впливає на вологозв'язуючу здатність пащтетів. Підтверджено, що зразки пащтетів з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на активованій воді демонструють підвищення цього показника: на аноліті та католіті вологозв'язуюча здатність пащтету по відношенню до маси наважки зросла на 32,39 % та 2,41 % до пастеризації, порівняно з контролем та на 33,05 % та 1,71 % після пастеризації. У зразках на аноліті спостерігається досягнення максимального значення показника, а саме 100 % як до пастеризації, так і після. У випадку пащтетів з 5% крохмалю тенденція є аналогічною. Показник вологозв'язуючої здатності пащтетів по відношенню до маси вологи в наважці у зразках з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на аноліті зріс на 3,71 % до пастеризації, порівняно з контролем, а на католіті практично не змінився. Значення даного показника в усіх зразках після пастеризації мали значення в діапазоні 90-100 %. Показано, що реологічні показники, а саме значення напруження зсуву усіх зразків пащтетів незалежно від дозування крохмальної суспензії в діапазоні швидкості зсуву – 0-8 с<sup>-1</sup> різко збільшуються, після чого криві змінюють свій характер. У зразках з суспензією з 2 % крохмалю показник зменшується лінійно, при цьому католіт меншою мірою впливає на зміну напруження зсуву. При внесенні суспензії з 2 % крохмалю при нульовій швидкості зсуву початкова в'язкість зсуву пащтетів вища, ніж у зразку з 5 % та у контролі. Отже, активована вода у складі суспензії кукурудзяного крохмалю сприяє зміні функціонально-технологічних властивостей та реологічних показників пащтетів з їх вмістом, що у свою чергу відобразиться на консистенції м'ясних пащтетів.

**Ключові слова:** електрохімічно активована вода; аноліт; католіт; крохмальна суспензія; реологічні показники; м'ясні пащтети

## INFLUENCE OF ELECTROCHEMICALLY ACTIVATED WATER ON THE FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES AND RHEOLOGICAL INDICATORS OF MEAT PATES

A. MARYNIN<sup>1</sup>, V. SHPAK<sup>1</sup>, V. PASICHNYI<sup>2</sup>, Y. SHUBINA<sup>2</sup>, R. SVYATNENKO<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Problematic scientific-research laboratory of NUFT, Kyiv, UKRAINE

<sup>2</sup>Head of Department of meat and meat products technology of NUFT, Kyiv, UKRAINE

**ABSTRACT** Preparation of water for food production, as components for increasing the biological integrity of food products by optimizing the content of macro- and microelements with biogenic properties in water, is an urgent issue in solving the problems of water preparation and determining the parameters of this process to ensure the structuring of food systems. The influence of activated water in the composition of starch suspensions on the functional and technological properties and rheological indicators of pates using them was determined. Activated water, and to a greater extent anolyte, significantly affects the moisture-binding capacity of pates. It was confirmed that samples of pates with a starch suspension with 2% starch on activated water demonstrate an increase in this indicator: on the anolyte and catholyte, the moisture-binding capacity of the pates in relation to the weight of the sample increased by 32.39% and 2.41% before pasteurization, compared to the control sample and by 33.05% and 1.71% after pasteurization. In the samples on the anolyte, the achievement of the maximum value of the indicator 100% is observed both before and after pasteurization. In the case of pates with 5% starch, the trend is similar. The indicator of the moisture-binding capacity of pates in relation to the mass of moisture in samples with a starch suspension with 2% starch on the anolyte increased by 3.71% before pasteurization, compared to the control sample, and on the catholyte it practically did not change. The values of this indicator in all samples after pasteurization were in the range of 90-100%. It was shown that the rheological parameters, namely the shear stress value of all pate samples regardless of the dosage of starch suspension in the range of shear rate - 0-8 s<sup>-1</sup>, increased sharply, after which the curves changed their character. In samples with a suspension of 2% starch, the indicator decreased linearly, while the catholyte has a smaller effect on the change in shear stress. When adding suspension with 2% starch at zero shear rate, the initial shear viscosity of pates was higher than in the sample with 5% and the control sample. So, activated water in the composition of corn

*starch suspensions helps to change the functional and technological properties and rheological indicators of pates with their content, which in turn will be reflected in the consistency of meat pates.*

**Keywords:** Electrochemically activated water; anolyte; catholyte; starch suspension; rheological indicators; meat pates

### Вступ

Водне середовище є основою життя а доброякісність питної води є запорукою здоров'я. В даний час невідворотно постало завдання вивчення можливостей набуття питною водою ознак біологічно активованого харчового компонента для використання в харчових виробництвах шляхом оптимізації вмісту у воді макро- та мікроелементів з біогенними властивостями. Наразі у світі проводяться дослідження можливості надбання водою стану біологічної активності після впливу на воду різних безреагентних (переважно фізичних) чинників. Однак у наявних наукових працях недостатньо повно висвітлені питання фізико-хімічних аспектів впливу наявності у воді  $H_2$  та набуття нею відновного електродонорного стану, а також її поведінку в харчових системах.

Ці проблеми можна вирішити шляхом вивчення нових та удосконалення існуючих методів активації води, яка застосовується в харчовій галузі, та способів застосування її при виробництві різних харчових продуктів. Тому актуальним є вирішення проблем підготовки води та визначення параметрів цього процесу для забезпечення структуроутворення харчових систем.

Вода є сенсором слабких фізичних та хімічних чинників, які спричиняють зміни її фізико - хімічних властивостей та біологічної активності води [1].

Найбільший ефект безреагентної активації води досягається при електрохімічній активації води (ЕХАВ). В результаті електрохімічної обробки води електричним струмом одержують електрохімічно активовані водні розчини (католіт/аноліт) з фізико-хімічними властивостями, зумовленими зміною електрохімічних характеристик. Вода насичується киснем, змінює свій енергетичний стан, прискорює виведення метаболічних відходів і сприяє найбільш повному засвоєнню поживних речовин [2].

Особливістю електрохімічної активації води є можливість отримання з низькомінералізованої і навіть дистильованої води аноліта і католіта, аналогічних за значеннями рН і ОВП для звичайних (неактивованих) розчинів сильних кислот та лугів. Ця яскрава аномальна властивість ЕХАВ доповнюється її аномальною біологічною активністю [3].

Встановлено позитивний вплив ЕХАВ на імунітет при експериментальних імунодефіцитах, які імітують специфічні імунозалежні хвороби і відповідні хворобливі стани людини [4].

В дослідженні [5]. наголошується, що молекулярний водень природним чином продукується кишковою флорою при переварюванні харчових волокон. Водень природним чином присутній в клітинах організму завдяки постійному нормальному бактеріальному метаболічному обміну. Також водень

утворюється в кишківнику людини внаслідок бактеріальних метаболічних процесів [6].

Загальновізнано, що питна вода у відновному електродонорному стані є ефективним антиоксидантом, а також є імуномодулятором завдяки тренувальним щодо імунної системи організму властивостям супероксид-аніону кисню [7].

Проводяться дослідження щодо ефективності застосування електрохімічної обробки води для покращення якості продуктів на її основі, зокрема для виробництва пива, молочної сироватки, замісу тіста, тощо [8].

В багатьох галузях харчової промисловості застосовують продукти крохмале-патокової промисловості. Найбільш поширеним є використання крохмалю в якості емульгатора та загусника в м'ясній, молочній, кондитерській та інших галузях.

Гранули крохмалю здатні гідратуватись та набухати, після чого відбувається термічний розклад кристалічних структур [9]. Відмінності в здатності до набухання пов'язані з відмінностями в структурній організації та характеристиках крохмальних гранул, отриманих з різних ботанічних джерел або культур [10]. Структура подвійної спіралі амілози та бічних ланцюгів амілопектину стабілізовані водневими зв'язками. Коли крохмальні гранули гідратуються та піддаються високій температурі, водневі зв'язки розриваються та замінюються водою. У зв'язку з цим здатність гранул крохмалю до гідратації та набухання залежить від здатності молекул крохмалю утримувати воду за допомогою водневих зв'язків, на що впливає вміст амілози, бічні ланцюги амілопектину [11].

Широко використовується кукурудзяний крохмаль в технології м'ясних продуктів, який впливає на їхні структурно-механічні показники, подібно до інших харчових добавок текстуроформуючого призначення [12].

Серед споживачів значним попитом користуються м'ясні паштети, які у своєму складі можуть містити крохмаль як рецептурний компонент. Здатність до набухання гранул крохмалю дозволяє підвищити їхню в'язкість та гелеутворення. На ці процеси значною мірою впливає вода, яку використовують для приготування крохмальних суспензій, що у свою чергу впливає на властивості та структуру м'ясних паштетів.

### Мета роботи

Метою досліджень було визначити вплив активованої води у складі крохмальних суспензій на функціонально-технологічні властивості та реологічні характеристики м'ясних паштетів з їх використанням.

### Виклад основного матеріалу

Особливістю технології виготовлення паштетів для тривалого зберігання є операція пастеризації, що

потребує додаткової наявності в рецептурі сировини, яка володіє високою вологозв'язуючою здатністю. В нашому випадку в якості такого компонента використано крохмаль з проведенням його попередньої активації. Для обґрунтування використання даного компонента необхідно було визначити зміну показників вологозв'язуючої здатності до та після термічного оброблення (рис. 1). Вологозв'язуюча здатність має безпосередній вплив на органолептичні та функціонально-технологічні властивості продукту, і є одним із найважливіших показників якості продукту загалом.

Для проведення досліджень було використано електрохімічно активовану воду, одержану електрохімічним методом. Для отримання електрохімічно активованої води використовували водопровідну воду (постачальник – підприємство АТ «Київводоканал»), яка характеризувалась показниками ОВП=+224, рН=6. Для активації водопровідна вода пропускається через діафрагмовий електролізер «Ізмруд». Було отримано два дослідних зразки активованої води з різними заданими параметрами ОВП: католіт (ОВП=-542±20, рН=10) та аноліт (ОВП=+767±15, рН=3).

Суспензії кукурудзяного крохмалю готували у співвідношенні кукурудзяний крохмаль:вода 1:10 з використанням католіту та аноліту при температурі  $t=23\pm 2$  °С (температура, при якій починається модифікація крохмалю), суспензії витримували протягом 2 годин для забезпечення гідратації крохмалю.

Паштети готували з використанням м'яса і печінки курчат-бройлерів. Також до рецептури вносили хліб, суміш бланшованих овочів – цибулі та моркви, яйця та молоко, а також суспензію кукурудзяного крохмалю в різній кількості.

Контролем були зразки паштетів з суспензіями кукурудзяного крохмалю, виготовлені на водопровідній воді.

Для визначення вологозв'язуючої здатності паштетів попередньо визначали вміст вологи.

Визначення вмісту вологи проводилося методом висушування 5 г наважки у сушильній шафі до постійної маси за температури 105 °С. Вологозв'язуючу здатність до вмісту вологи (ВЗЗв) і до маси наважки (ВЗЗм) проводили методом пресування 0,30 г наважки фаршу та обрахунку відношення площі вологої плями до маси наважки фаршу або вологи у зразку [13].

Визначення реологічних властивостей проводили на реометрі Kinexus Pro+. Для вимірювань використовували верхню геометрію - круглу пластину діаметром 40 мм (PU40 SR5040 SS) закріплену на вертикальному валу, та нижню платформу діаметром 61 мм (PL61 ST LO186 SS). Підготований зразок поміщали на нижню платформу, опускали вал з пластиною до зазору 1 мм. Криві в'язкості та течії визначали за допомогою зміни швидкості зсуву з поступовим її збільшенням ( $0,1 - 100 \text{ c}^{-1}$ ) з 10 точками

вимірювання на декаду. Кожен крок підтримувався до досягнення стабільного стану за мінімальний час [14].

Усі дослідні проводили в трьох повторях. Результати наведені як середнє значення  $\pm$  стандартне відхилення. Відмінності вважалися достовірними при  $\alpha=0,95$ . Статистичний аналіз проводили за допомогою програмного забезпечення XLstat (версія 2020).

### Обговорення результатів

Як видно з рис. 1, отримані дослідні дані вологозв'язуючої здатності паштету по відношенню до маси наважки (ВЗЗм) свідчать, що активована вода значно впливає на досліджуваний показник і в більшій мірі аноліт.

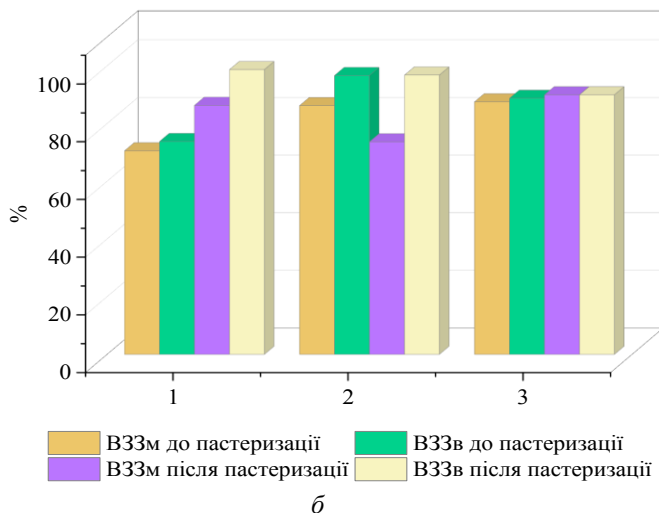
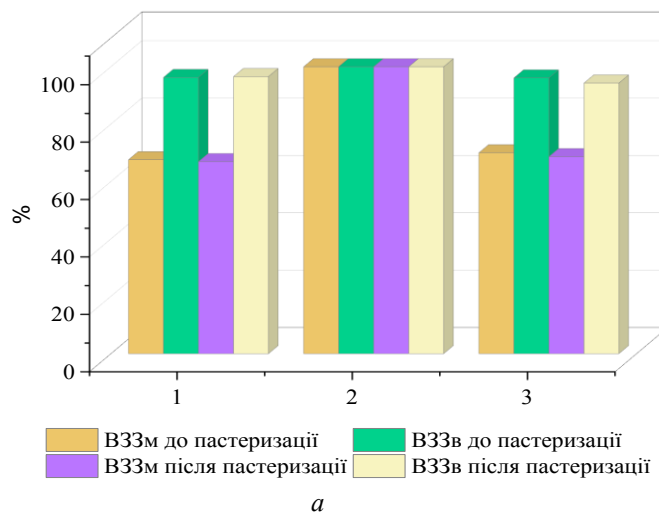


Рис. 1. – Вологозв'язуюча здатність паштетів: 1 – контроль; 2 – паштет на аноліті; 3 – паштет на католіті; а - з 2 % крохмалю в суспензії; б - з 5 % крохмалю в суспензії

Так, у зразках паштетів з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на аноліті та католіті ВЗЗм зросла на 32,39 % та 2,41 % до пастеризації, порівняно з контролем та на 33,05 % та 1,71 % після пастеризації. При цьому зразки на аноліті досягають

максимального значення ВЗЗм – 100 % як до пастеризації, так і після, що є найкращим показником серед аналізованих паштетів. Це пояснюється тим, що активована вода призводить до підвищення гідрофільних властивостей крохмальних гранул та уповільнює їх зменшення з часом. При цьому можна передбачити збільшення частини адсорбційно зв'язаної вологи [15]. Активована вода сприяла кластеризації гранул крохмалю, прискорила молекулярну взаємодію крохмалю і некрохмальних компонентів сировини, що входили до рецептури паштету (білками та ліпідами). Це збільшило вміст резистентного крохмалю і позитивно вплинуло на вміст зв'язаної води в паштеті [16].

Встановлено, що при збільшенні частки крохмалю в суспензії підтверджується вплив активованої води на покращення досліджуваного показника, проте характер зміни дещо інший: на аноліті та католіті ВЗЗм зросла на 15,66 % та 16,98 % до пастеризації, порівняно з контролем. Однак після пастеризації у зразку з суспензією на аноліті показник ВЗЗм зменшився на 12,65 %, а на католіті незначно збільшився на 3,64 % порівняно з контролем.

Показник вологозв'язуючої здатності по відношенню до маси вологи в наважці (ВЗЗв) характеризує відношення вологозв'язуючої здатності фаршу до вологовмісту. Так, у зразках паштетів з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на аноліті ВЗЗв зросла на 3,71 % до пастеризації, порівняно з контролем, а на католіті практично не змінилась. Після пастеризації на аноліті ВЗЗв зросла на 3,41 %, досягнувши 100 %, на католіті зменшилась на 2,26 % порівняно з контролем. При збільшенні частки крохмалю в суспензії на аноліті та католіті ВЗЗв зросла на 22,87 % та 20,27 % до пастеризації, порівняно з контролем. Однак після пастеризації у зразках з суспензією на аноліті та католіті показник ВЗЗв зменшився на 1,91 % та 8,76 %, порівняно з контролем. Варто зазначити, що в усіх зразках після пастеризації показники ВЗЗв мали достатньо високі значення в діапазоні 90-100 %.

Внаслідок особливостей хімічної будови і здатності до набухання та гелеутворення при нагріванні в присутності води крохмаль відіграє вирішальну роль у формуванні структури та споживчих властивостей паштетів.

Дослідження залежності зміни напруження зсуву ( $\sigma$ ) від швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ) паштетів з різним дозуванням суспензій кукурудзяного крохмалю на водопровідній воді (контроль), католіті на аноліті (рис. 2) показали, що кількість суспензії значно впливає на характер кривих.

Так, незалежно від дозування крохмальної суспензії значення напруження зсуву ( $\sigma$ ) усіх зразків (контролю, на католіті та аноліті) в діапазоні швидкості зсуву – 0-8  $\text{с}^{-1}$  різко збільшуються, після чого криві змінюють свій характер. При незначному дозуванні суспензії (з 2 % крохмалю) спостерігається практично лінійне зменшення показника.

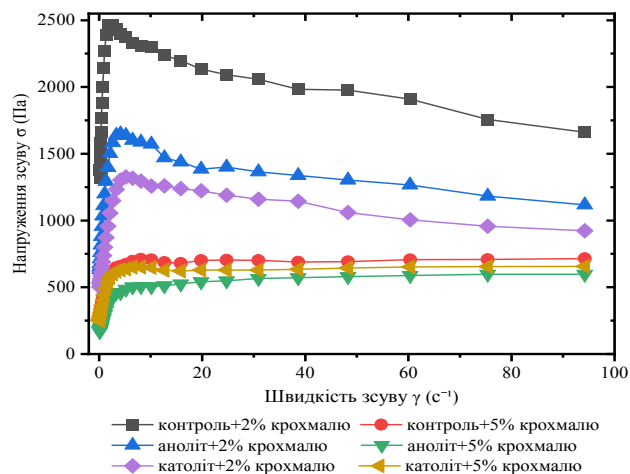


Рис. 2. – Залежність зміни напруження зсуву паштетів з різним дозуванням суспензій кукурудзяного крохмалю, приготованих на воді з різними показниками ОВП, від швидкості зсуву

При цьому діапазон зміни значний: контроль – 2437-1661 Па, на аноліті – 1649-1117 Па, на католіті – 1326-923 Па. Тобто католіт меншою мірою впливає на зміну досліджуваного показника. Найвища межа текучості контролю свідчить про структурну стабільність гелю [17].

При збільшенні дозування крохмальної суспензії характер кривих паштетів тяжіє до характеру кривих чистої суспензії, тобто значення напруження зсуву ( $\sigma$ ) незначно збільшуються. При цьому в усьому спектрі зміни швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ), більші значення напруження зсуву має зразок паштету на водопровідній воді, а найменші – на аноліті. Причиною може бути дія активованої води на ретроградацію амілози та синерезис (відділення води внаслідок ретроградації амілози) [18].

Аналіз кривих залежності в'язкості зсуву ( $\eta$ ) від швидкості зсуву ( $\dot{\gamma}$ ) (рис. 3) показав, що при нульовій швидкості зсуву початкова в'язкість зсуву паштетів із 2 % і з 5 % крохмалю в суспензії вища у контролі, ніж на католіті та аноліті, однак показники значно вищі при внесенні 2 %. Зміна в'язкості паштетів зі збільшенням швидкості зсуву пояснюється щільно деформованим розташуванням крохмальних гранул, тертям між розширеними гранулами та вмістом вилуженої амілози та амілопектину [19]. А оскільки відсоток деформованих гранул по відношенню до всіх гранул буде тим більше, чим менше внесено крохмалю в суспензію, це корелює з отриманими даними. У зразках паштетів з суспензією, приготованою на активованій воді, в'язкість зсуву ( $\eta$ ) зменшилась, порівняно з контролем, незалежно від дозування крохмалю. Це може бути пов'язано з впливом води на взаємодію між амілозою та амілопектином, а саме її значне збільшення, що пригнічує набухання гранул [20].

Крім того, зразки паштетів з 2 % дозування крохмалю в суспензії значно раніше набувають стабільної в'язкості – при швидкості зсуву 5  $\text{с}^{-1}$  в той

час, як зразки з 5 % - при  $7 \text{ c}^{-1}$ , при цьому їхня в'язкість дещо вища – близько  $250 \text{ Па}\cdot\text{с}$  порівняно з близько  $50 \text{ Па}\cdot\text{с}$  при внесенні 2 %. Це може бути пов'язане з тим, що фрагментація ланцюгів крохмалю в суспензії з 5 % є більшою [21].

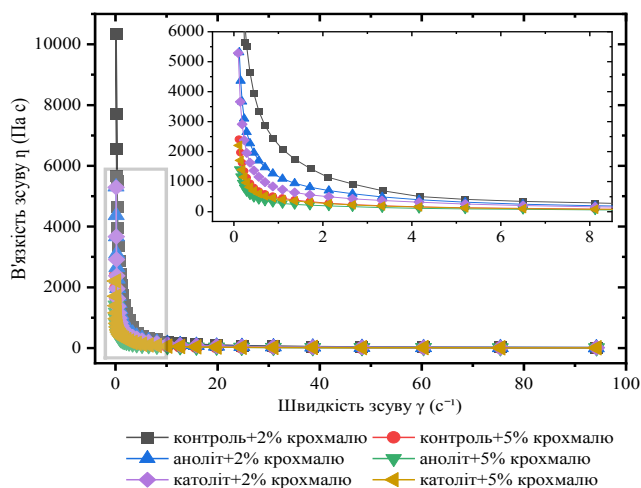


Рис 3. – Залежність зміни в'язкості паштетів з різним дозуванням суспендованого кукурудзяного крохмалю на воді з різними показниками ОБП, від швидкості зсуву

Таким чином, на основі проведених досліджень встановлено, що електрохімічна активація води модифікує її власний хімічний склад і властивості, а також сировини з її вмістом. Активована вода у складі суспензій кукурудзяного крохмалю сприяє зміні функціонально-технологічних властивостей та реологічних характеристик паштетів з їхнім вмістом, що у свою чергу відобразиться на їхній консистенції.

### Висновки

Активована вода значно впливає на вологозв'язуючу здатність паштетів і в більшій мірі аноліт. У зразках паштетів з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на аноліті та католіті вологозв'язуюча здатність паштету по відношенню до маси наважки (ВЗЗм) зросла на 32,39 % та 2,41 % до пастеризації, порівняно з контролем та на 33,05 % та 1,71 % після пастеризації. При цьому зразки на аноліті досягають максимального значення ВЗЗм – 100 % як до пастеризації, так і після. При збільшенні частки крохмалю в суспензії (5 %) для зразка на аноліті та католіті ВЗЗм зросла на 15,66 % та 16,98 % до пастеризації, порівняно з контролем. Однак після пастеризації у зразку з суспензією на аноліті показник ВЗЗм зменшився на 12,65 %, а на католіті збільшився на 4,21 % порівняно з контролем.

У зразках паштетів з крохмальною суспензією з 2 % крохмалю на аноліті показник вологозв'язуючої здатності по відношенню до маси вологи в наважці (ВЗЗв) зріс на 3,71 % до пастеризації, порівняно з контролем, а на католіті практично не змінився. В

усіх зразках після пастеризації показники ВЗЗв мали достатньо високі значення в діапазоні 90-100 %.

Незалежно від дозування крохмальної суспензії значення напруження зсуву усіх зразків (контролю, на католіті та аноліті) в діапазоні швидкості зсуву –  $0-8 \text{ c}^{-1}$  різко збільшуються, після чого криві змінюють свій характер. При незначному дозуванні суспензії (з 2 % крохмалю) спостерігається практично лінійне зменшення показника. Католіт меншою мірою впливає на зміну напруження зсуву.

При нульовій швидкості зсуву початкова в'язкість зсуву паштетів і з 2 % і з 5 % крохмалю в суспензії вища у контролі, ніж на католіті та аноліті, однак показники значно вищі при внесенні 2 %. Зразки паштетів з 2 % дозування крохмалю в суспензії набувають стабільної в'язкості – при швидкості зсуву  $5 \text{ c}^{-1}$  в той час, як зразки з 5 % - при  $7 \text{ c}^{-1}$ , при цьому їхня в'язкість дещо вища – близько  $250 \text{ Па}\cdot\text{с}$  порівняно з близько  $50 \text{ Па}\cdot\text{с}$  при внесенні 2 %.

Активована вода у складі суспензій кукурудзяного крохмалю сприяє зміні функціонально-технологічних властивостей та реологічних показників паштетів з їхнім вмістом, що у свою чергу відобразиться на їхній консистенції.

### Список літератури

- Mghaiouini R., Elmlouky A., El Moznine R., Monkade M., El Bouari A. The influence of the electromagnetic field on the electric properties of water. *Mediterranean Journal of Chemistry*. 2020. № 10(5). P. 507-515. doi:10.13171/mjc10502005181406rm.
- Ignatov I., Gluhchev G. Effects of electrochemically activated water catholyte and anolyte on human health. *Journal of Nursing Research and Practice*. 2019. № 3. P. 12-13.
- Большак Ю. В. *Біологічна активність і закономірності формування безреагентно модифікованої води*. Київ: Книга-плюс, 2015. 200 с.
- Українець А. І., Большак Ю. В., Маринін А. І., Святненко Р. С., Позняковський С. В. Теоретико-емпірична оцінка змін структурно-енергетичного стану фізично зміненої води та їх біологічних наслідків. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: збірник наукових праць*. 2019. № 1(29). С. 172-184. doi:10.5281/zenodo.3263743.
- Ostojic S. M. Hydrogen-rich water as a modulator of gut microbiota? *Journal of Functional Foods*. 2021. № 78. 104360. doi:10.1016/j.jff.2021.104360.
- Козлов В. А. Метаболізм кишечних газів и его роль в возникновении гастроинтестинальных симптомов. *Український медичний часопис*. 2011. № 2. С. 116-118.
- Sejka C., Kossl J., Hermankova B., Holan V., Sejkova J. Molecular Hydrogen Effectively Heals Alkali-Injured Cornea via Suppression of Oxidative Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*. 2017. 8906027. doi:10.1155/2017/8906027.
- Маринін А. І., Большак Ю. В., Святненко Р. С., Штепа Д. В. Дослідження особливостей фізико-хімічних показників води, обробленої безреагентним електрохімічним методом. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення у



сучасних технологіях. 2020. № 2(4). С. 103-109. doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.

- 9 Brites C. M., Santos C. A. L. d., Bagulho A. S., Costa M. L. B. d. Effect of wheat puroindoline alleles on functional properties of starch. *European Food Research and Technology*. 2008. № 226. P. 1205–1212. doi:10.1007/s00217-007-0711-z.
- 10 Singh S., Singh N., Isono N., Noda T. Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. 2010. № 58. P. 1180–1188. doi:10.1021/jf902753f.
- 11 Tang H., Mitsunga T., Kawamura Y. Relationship between functionality and structure in barley starches. *Carbohydrate Polymers*. 2004. № 57. P. 145–152. doi:10.1016/j.carbpol.2004.03.023.
- 12 Пасичный В. Н., Сабадаш П. Н. Пищевые добавки в производстве продуктов питания. *Продукты и ингредиенты*. 2007. № 4. С. 27-29.
- 13 Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Matsuk Y. Analysis of the possibility of fish and meat raw materials combination in products. *Potravinarstvo*. 2020. № 14(1). P. 647-655. doi:10.5219/1372.
- 14 Alvarez M. D., Fuentes R., Canet W. Effects of Pressure, Temperature, Treatment Time, and Storage on Rheological, Textural, and Structural Properties of Heat-Induced Chickpea Gels. *Foods*. 2015. № 4(2). P. 80-114. doi:10.3390/foods4020080.
- 15 Akua Y., Boakyee O., Bertoft E., Annor G. Temperature of plasma-activated water and its effect on the thermal and chemical surface properties of cereal and tuber starches. *Current Research in Food Science*. 2022. № 5. P. 1668-1675. doi:10.1016/j.crf.2022.09.020.
- 16 Shi M., Wang F., Ji X., Yan Y., Liu Y. Effects of plasma-activated water and heat moisture treatment on the properties of wheat flour and dough. *International Journal of Food Science & Technology*. 2022. № 57(4). P. 1988-1994. doi: 10.1111/ijfs.15317.
- 17 Saleh A., Mohamed A. A., Alamri M. S., Hussain S., Qasem A. A., Ibraheem M. A. Effect of Different Starches on the Rheological, Sensory and Storage Attributes of Non-fat Set Yogurt. *Foods*. 2020. № 9(1). P. 61. doi:10.3390/foods9010061.
- 18 Cruz A., Castro W., Faria J., Lollo P., Amaya-Farfan J., Freitas M., Rodrigues D., Oliveira C. A. F., Godoy H. Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: Postacidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds. *Journal of Dairy Science*. 2012. № 95. P. 2261–2269. doi:10.3168/jds.2011-4582.
- 19 Sasaki T., Yasui I., Matsuki J., Satake T. Comparison of physical properties of wheat starch gels with different amylose content. *Cereal Chemistry*. 2002. № 79. P. 861–866. doi:10.1094/CCHEM.2002.79.6.861.
- 20 Lan H., Hoover R., Jayakody L., Liu Q., Donner E., Baga M., Asare E. K., Hucl P., Chibbar R. N. Impact of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of normal, waxy and high amylose bread wheat starches. *Food Chemistry*. 2008. № 111. P. 663–675. doi:10.1016/j.foodchem.2008.04.055.
- 21 Zambelli R. A., Galvao A., de Mendonca L. G., Leao M. V. D., Carneiro S. V., Lima A. C. S., Melo C. A. L. Effect of different levels of acetic, citric and lactic acid in the cassava starch modification on physical, rheological, thermal and microstructural properties. *Food Science and Technology Research*. 2018. № 24. P. 747–754. doi:10.3136/fstr.24.747.

## References (transliterated):

1. Mghaiouini R., Elmlouky A., El Moznine R., Monkade M., El Bouari A. The influence of the electromagnetic field on the electric properties of water. *Mediterranean Journal of Chemistry*, 2020, vol. 10, no. 5, pp. 507-515, doi:10.13171/mjc10502005181406rm.
2. Ignatov I., Gluhchev G. Effects of electrochemically activated water catholyte and anolyte on human health. *Journal of Nursing Research and Practice*, 2019, vol. 3, pp. 12-13.
3. Bolshak Yu. V. Biologichna aktivnist i zakonmirnosti formuvannya bezreahentno modyfikovanoi vody [Biological activity and patterns of formation of reagent-free modified water]. Kyiv, Knyha-plus, 2015, 200 p.
4. Ukrainets A. I., Bolshak Yu. V., Marynin A. I., Sviatnenko R. S., Pozniakovskiy S. V. Teoretyko-empyrychna otsinka zmin strukturno-enerhetychnoho stanu fizychno zminenoi vody ta yikh biologichnykh naslidkiv [Theoretical and empirical assessment of changes in the structural and energetic state of physically altered water and their biological consequences]. *Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli: zbirnyk naukovykh prats [Progressive equipment and technologies of food production, restaurant industry and trade: a collection of scientific papers]*, 2019, vol. 1, no. 29, pp. 172-184, doi:10.5281/zenodo.3263743.
5. Ostojic S. M. Hydrogen-rich water as a modulator of gut microbiota? *Journal of Functional Foods*, 2021, vol. 78, 104360, doi:10.1016/j.jff.2021.104360.
6. Kozlov V. A. Metabolizm kyshechnykh hazov y eho rol v vznnykoveny hastrointestynalnykh symptomov. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*, 2011, vol. 2, pp. 116-118.
7. Cejka C., Kossl J., Hermankova B., Holan V., Cejkova J. Molecular Hydrogen Effectively Heals Alkali-Injured Cornea via Suppression of Oxidative Stress. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2017, 8906027. doi:10.1155/2017/8906027.
8. Marynin A. I., Bolshak Yu. V., Sviatnenko R. S., Shtepa D. V. Doslidzhennia osoblyvostei fizyko-khimichnykh pokaznykiv vody, obroblenoi bezreahentnym elektrokhimichnym metodom [Study of the peculiarities of the physical and chemical indicators of water treated by the reagent-free electrochemical method]. *Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu «KhPI». Seria: Novi rishennia u suchasnykh tekhnolohiiakh [Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies]*, 2020, 2(4), pp. 103-109, doi:10.20998/2413-4295.2020.02.13.
9. Brites C. M., Santos C. A. L. d., Bagulho A. S., Costa M. L. B. d. Effect of wheat puroindoline alleles on functional properties of starch. *European Food Research and Technology*, 2008, vol. 226, pp. 1205–1212, doi:10.1007/s00217-007-0711-z.
10. Singh S., Singh N., Isono N., Noda T. Relationship of granule size distribution and amylopectin structure with pasting, thermal, and retrogradation properties in wheat starch. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 1180–1188, doi:10.1021/jf902753f.
11. Tang H., Mitsunga T., Kawamura Y. Relationship between functionality and structure in barley starches. *Carbohydrate Polymers*, 2004, vol. 57, pp. 145–152, doi:10.1016/j.carbpol.2004.03.023.
12. Pasichny V. N., Sabadash P. N. Pyshechveye dobavky v proyzvodstve produktov pytanya [Food additives in food production]. *Produkty y ynhredyenty [Products and ingredients]*, 2007, vol. 4, pp. 27-29.

13. Bozhko N., Tischenko V., Pasichnyi V., Matsuk Y. Analysis of the possibility of fish and meat raw materials combination in products. *Potravinarstvo*, 2020, vol. 14, no. 1, pp. 647-655, doi:10.5219/1372.
14. Alvarez M. D., Fuentes R., Canet W. Effects of Pressure, Temperature, Treatment Time, and Storage on Rheological, Textural, and Structural Properties of Heat-Induced Chickpea Gels. *Foods*, 2015, vol. 4, no. 2, pp. 80-114, doi:10.3390/foods4020080.
15. Akua Y., Boakye O., Bertoft E., Annor G. Temperature of plasma-activated water and its effect on the thermal and chemical surface properties of cereal and tuber starches. *Current Research in Food Science*, 2022, vol. 5, pp. 1668-1675, doi:10.1016/j.crfs.2022.09.020.
16. Shi M., Wang F., Ji X., Yan Y., Liu Y. Effects of plasma-activated water and heat moisture treatment on the properties of wheat flour and dough. *International Journal of Food Science & Technology*, 2022, vol. 57, no. 4, pp. 1988-1994, doi: 10.1111/ijfs.15317.
17. Saleh A., Mohamed A. A., Alamri M. S., Hussain S., Qasem A. A., Ibraheem M. A. Effect of Different Starches on the Rheological, Sensory and Storage Attributes of Non-fat Set Yogurt. *Foods*, 2020, vol. 9, no. 1, p. 61, doi:10.3390/foods9010061.
18. Cruz A., Castro W., Faria J., Lollo P., Amaya-Farfan J., Freitas M., Rodrigues D., Oliveira C. A. F., Godoy H. Probiotic yogurts manufactured with increased glucose oxidase levels: Postacidification, proteolytic patterns, survival of probiotic microorganisms, production of organic acid and aroma compounds. *Journal of Dairy Science*, 2012, vol. 95, pp. 2261-2269, doi:10.3168/jds.2011-4582.
19. Sasaki T., Yasui I., Matsuki J., Satake T. Comparison of physical properties of wheat starch gels with different amylose content. *Cereal Chemistry*, 2002, vol. 79, pp. 861-866, doi:10.1094/CCHEM.2002.79.6.861.
20. Lan H., Hoover R., Jayakody L., Liu Q., Donner E., Baga M., Asare E.K., Hucl P., Chibbar R.N. Impact of annealing on the molecular structure and physicochemical properties of normal, waxy and high amylose bread wheat starches. *Food Chemistry*, 2008, vol. 111, pp. 663-675, doi:10.1016/j.foodchem.2008.04.055.
21. Zambelli R. A., Galvao A., de Mendonca L. G., Leao M. V. D., Carneiro S. V., Lima A. C. S., Melo C. A. L. Effect of different levels of acetic, citric and lactic acid in the cassava starch modification on physical, rheological, thermal and microstructural properties. *Food Science and Technology Research*, 2018, vol. 24, pp. 747-754, doi:10.3136/fstr.24.747.

#### Відомості про авторів (About authors)

**Маринін Андрій Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, завідувач Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6692-7472>; e-mail: [andrii\\_marynin@ukr.net](mailto:andrii_marynin@ukr.net)

**Marynin Andrii** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Senior Researcher, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6692-7472>; e-mail: [andrii\\_marynin@ukr.net](mailto:andrii_marynin@ukr.net)

**Шпак Владислав Вячеславович** – аспірант Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5312-9591> e-mail: [vladshpak95@gmail.com](mailto:vladshpak95@gmail.com)

**Vladyslav Shpak** – Postgraduate Student, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5312-9591> e-mail: [vladshpak95@gmail.com](mailto:vladshpak95@gmail.com)

**Пасічний Василь Миколайович** – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри Технології м'яса та м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-5590>. e-mail: [pasww1@ukr.net](mailto:pasww1@ukr.net).

**Vasyl Pasichnyi** – Doctor of Science, Professor, Head of the Department of meat and meat products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-0138-5590>. e-mail: [pasww1@ukr.net](mailto:pasww1@ukr.net).

**Шубіна Євгенія Андріївна** – аспірант кафедри Технології м'яса та м'ясних продуктів, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7153-999X>, e-mail: [yevheniashubina9@gmail.com](mailto:yevheniashubina9@gmail.com)

**Yevgeniia Shubina** – Postgraduate Student, Head of the Department of meat and meat products, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7153-999X>, e-mail: [yevheniashubina9@gmail.com](mailto:yevheniashubina9@gmail.com)

**Святненко Роман Сергійович** – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Проблемної науково-дослідної лабораторії, Національний університет харчових технологій, м. Київ, Україна. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0895-6982>; e-mail: [Svyatnenko@i.ua](mailto:Svyatnenko@i.ua)

**Svyatnenko Roman** – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, National University of Food Technologies, Kyiv, Ukraine; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0895-6982>; e-mail: [Svyatnenko@i.ua](mailto:Svyatnenko@i.ua)

*Будь ласка, посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

Маринін А. І., Шпак В. В., Пасічний В. М., Шубіна Є. А., Святненко Р. С. Вплив електрохімічно активованої води на функціонально-технологічні властивості та реологічні показники м'ясних паштетів. *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». 2023. № 2 (16). С. 79-85. doi:10.20998/2413-4295.2023.02.11.

*Please cite this article as:*

Marynin A., Shpak V., Pasichnyi V., Shubina Y., Svyatnenko R. Influence of electrochemically activated water on the functional and technological properties and rheological indicators of meat pates. *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technology*. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2023, no. 2(16), pp. 79-85, doi: 10.20998/2413-4295.2023.02.11.

*Надійшла (received) 04.04.2023*

*Прийнята (accepted) 06.05.2023*