

УДК 637.523.2.053

Страшинський І. М.,

*sim2407@ukr.net, ORCID ID: 0009-0006-6834-6990, Researcher ID: D-8452-2019,
к.т.н., доц., доцент кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів ННІХТ,
Національний університет харчових технологій, м. Київ*

Грицай М. С.,

*0675493848@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-2906-0130,
аспірант кафедри технології м'яса і м'ясних продуктів ННІХТ,
Національний університет харчових технологій, м. Київ*

РОЗРОБКА КОМПЛЕКСУ НЕФОСФАТНИХ ВОЛОГОУТРИМУЮЧИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ АКТИВНИХ СТАБІЛІЗАТОРІВ М'ЯСНИХ СИСТЕМ

Анотація. У технології м'ясних фаршевих продуктів, в тому числі грубоподрібнених м'ясних емульсій посічених напівфабрикатів, визначальними є функціонально-технологічні властивості основної сировини. Значною мірою їх обумовлюють морфологічний і хімічний склад сировини, ступінь дозрівання і розвитку автолітичних процесів, стан за способом холодильного оброблення і показник рН м'яса.

Досвід використання у технології м'яса в якості активних стабілізаторів харчових фосфатів має більше п'яти десятиліть. Це обумовлено позитивним впливом на м'язові білки, що сприяє підвищенню показника рН, вологозв'язувальної та емульгуючої здатності фаршу, покращенню консистенції та збільшенню виходу готової продукції. Крім того, використання для виробництва м'ясопродуктів харчових фосфатів здійснює позитивний вплив на м'язові білки, сприяючи зменшенню зростання мікрофлори, стійкості кольору та окислювальні процеси у м'ясопродуктах.

Враховуючи потенційні ризики для здоров'я споживачів м'ясопродуктів з використанням фосфатних солей, одним із завдань м'ясної промисловості є пошук альтернатив неорганічним фосфатам, які забезпечують аналогічну функціональність та відповідність готових виробів показникам якості.

В роботі проаналізовано класичний підхід заміни неорганічних фосфатів - поєднання карбонатів і цитратів. Також розглянуто сучасні підходи що до заміни неорганічних фосфатів - використання основних амінокислот L-аргініну та L-лізину, препарату «Амідин», що містить природну амінокислоту гліцин.

Для розроблення нефосфатних харчових добавок на різних етапах дослідили комплексний вплив на м'ясні фарші трьох нефосфатних харчових добавок в регламентованих кількостях та визначили величину втрат маси при термообробленні. На основі проведених досліджень визначено оптимальний рівень вологоутримувальної здатності та визначено кількісне співвідношення інгредієнтів рецептури – нефосфатних харчових добавок: препарату «Амідин», карбонату калію та цитрату натрію.

За допомогою методології поверхні відгуку проведено моделювання раціонального співвідношення нефосфатних добавок. Відмічено, що мінімальні втрати маси фаршу при термообробленні забезпечує використання в складі комплексної добавки «Амідину» - 0,80 %, карбонату калію - 0,39% і цитрату натрію - 0,21% до маси м'ясної сировини.

Ключові слова: технологія, м'ясні системи, нефосфатні добавки, термооброблення, втрати маси, моделювання.

Strashynskiy I. M.,

sim2407@ukr.net, ORCID ID: 0009-0006-6834-6990, Researcher ID D-8452-2019, Ph.D., Associate Professor, Senior Lecturer at the Department of Technology of Meat and Meat Products, Educational and Scientific Institute of Food Technology, National University of Food Technologies, Kyiv

Hrytsai M. S.,

0675493848@ukr.net, ORCID ID: 0000-0003-2906-0130, Postgraduate Student at the Department of Technology of Meat and Meat Products, Educational and Scientific Institute of Food Technology, National University of Food Technologies, Kyiv

DEVELOPMENT OF A COMPLEX OF NON-PHOSPHATE MOISTURE-RETAINING ADDITIVES BASED ON ACTIVE STABILISERS OF MEAT SYSTEMS

Abstract. *In the technology of minced meat products, including coarsely ground meat emulsions of chopped semi-finished products, the functional and technological properties of the main raw materials are crucial. To a large extent, they are determined by the morphology and chemical composition of the raw materials, the degree of ripening and development of autolytic processes, the state according to the method of refrigeration, and the pH of meat.*

The experience of using meat technology as active stabilisers of food phosphates has been more than five decades. This is due to the positive effect on muscle proteins, which helps to increase the pH, moisture-binding, and emulsifying ability of minced meat, improve consistency, and increase the yield of finished products. In addition, the use of dietary phosphates in meat production has a positive impact on muscle proteins, helping to reduce microbial growth, color stability, and oxidative processes in meat products.

Given the potential health risks of consumers of meat products using phosphate salts, one of the tasks of the meat industry is to search for alternatives to inorganic phosphates, which provide similar functionality and compliance of finished products with quality indicators.

The article analyses the classical approach to replacing inorganic phosphates – a combination of carbonates and citrates. Also considered modern approaches to the replacement of inorganic phosphates – the use of the basic amino acids L-arginine and L-lysine, and the drug Amidine, which contains the natural amino acid glycine.

For the development of non-phosphate food additives at different stages, the combined effect of three non-phosphate food additives in regulated amounts on minced meat was investigated and the amount of weight loss during heat treatment was determined. Based on the research, the optimal level of moisture-containing ability was determined and the quantitative ratio of the ingredients of the formulation – non-phosphate food additives: Amidine, potassium carbonate, and sodium citrate – was determined.

Using the response surface methodology, a rational ratio of non-phosphate additives was modeled. It was noted that minimal weight loss of minced meat during heat treatment is ensured by the use of Amidine – 0.80 %, potassium carbonate – 0.39 %, and sodium citrate – 0.21 % by weight of meat raw materials.

Key words: technology, meatsystems, non-phosphateadditives, heattreatment, weightloss, modelling.

JEL Classification: L 66

DOI 10.32782/2522-1221-2024-37-10

Постановка проблеми. Тенденція збільшення споживчого попиту на продукти харчування швидкого приготування зумовлює появу і розвиток підприємств, які спеціалізуються на виготовленні м'ясних напівфабрикатів. Серед сучасних напрямів розвитку індустрії напівфабрикатів відбувається збільшення частки м'ясних посічених напівфабрикатів в охолодженому і замороженому виді.

Якість готових м'ясних фаршевих продуктів, зокрема м'ясних посічених напівфабрикатів,

зумовлює ряд технологічних факторів. В першу чергу це морфологічний і хімічний склад сировини, стан за способом холодильного оброблення і показник рН м'яса, ступінь дозрівання і розвитку автолітичних процесів, ступінь подрібнення м'яса, умови приготування і стабільність м'ясної системи, параметри подальшого термічного оброблення. Утворення структури грубоподрібнених м'ясних емульсій посічених напівфабрикатів залежить від вологості зв'язуваної здатності м'ясної

сировини та емульгування жиру і безпосередньо пов'язане з якістю м'яса і його властивостями. Втрати м'ясного соку при термообробленні напівфабрикатів призводять до зневоднення, зниження соковитості, погіршення консистенції, структури і смаку, що складає певні проблеми при виробництві продукції.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з трендів цілеспрямованого регулювання та впливу на м'ясні фаршеві системи для вирішення технологічних проблем є використання активних стабілізаторів властивостей м'ясних систем, які позитивно впливають на м'язові білки та підвищують їх функціональні властивості. Найпоширенішим методом зменшення втрат при термообробленні м'ясних фаршевих систем є додавання до них фосфатів [1, с. 294; 2, с. 95]. Це доцільно з багатьох причин, включаючи підвищення рівня рН та іонної сили м'ясних фаршевих систем [3, с. 306; 4, 41], прискорення дисоціації актоміозинового комплексу [5, с. 44-46] і зв'язування іонів двохвалентних металів [6, с. 882]. Крім того, фосфатні солі сприяють зменшенню зростання мікрофлори, підвищують стійкість кольору та знижують швидкість окислювальних процесів у м'ясопродуктах.

Незважаючи на те, що доведений позитивний ефект використання харчових фосфатів при застосуванні у технологіях м'ясопродуктів, існують потенційні недоліки їхнього використання [7, с. 102]. При високих концентраціях (тобто 0,4–0,6%) вони зумовлюють утворення терпкого металевого присмаку [8, с. 290-291] і можуть спричинити як короткострокові (наприклад, розлади шлунку і діарея), так і довготривалі (наприклад, підвищення мобілізації кальцію в кістках) проблеми зі здоров'ям; це незважаючи на гранично допустиму концентрацію 0,5% [9, с. 49]. З цієї причини все частіше замість фосфатів використовуються нефосфатні вологоутримуючі добавки [10, с. 28].

В даний час зростає споживчий попит на виробництво безфосфатних м'ясних продуктів, тому використання в рецептурах альтернатив неорганічним фосфатам, які забезпечують аналогічну функціональність, а кінцевий продукт показникам якості та вимогам споживачів обумовили використання карбонатів і цитратів. Карбонат і цитрат натрію є прикладами сильноосновних і слабокислотних солей; завдяки високому вмісту аніонів їх можна використовувати для підвищення іонної сили, а отже, й значення рН м'ясних фаршевих систем. Ці характерис-

тики також сприяють гелеутворенню міозину та покращенню ВУЗ м'ясопродуктів [11, с. 39].

В якості регуляторів кислотності м'ясних систем, головним чином через підлужнювальний ефект, авторами використано карбонати (наприклад, карбонат натрію або калію) [12, с. 455]. В роботі [13, с. 575-578] науковці стверджують, що лужні карбонати ефективно збільшують чистий негативний заряд міофібрилярних білків, а потім сприяють набухання міофібрил, збільшуючи вологоутримувальну здатність міофібрилярних м'язових білків під час термічної обробки. Крім того, оскільки розмір карбонатів менший, ніж фосфатів, карбонати можуть легше проникати в м'язову тканину та взаємодіяти з більшою кількістю бічних ланцюгів білків м'яса, значно посилюючи сили відштовхування між м'язовими білками, що сприяє зростанню вологозв'язувальної здатності м'яса [14, с. 709]. За останнє десятиліття численними ціленаправленими дослідженнями доведено ефективність використання карбонатів як заміників фосфатів у приготуванні маринадів для покращення профілю якості (наприклад, кольору, ніжності, вологоутримуючої здатності та смаку) свіжого м'яса або продуктів з гідробіонтів [15, с. 115; 16, с. 408; 17, с. 223].

Разом з тим, враховуючи зниження вмісту натрію в м'ясних продуктах, вважається, що карбонат калію є кращим заміником фосфату, ніж карбонат натрію. Інші науковці навели певні застереження щодо використання карбонатів. Наприклад, авторами Kaewthong і Wattanachant зазначено про негативний вплив високих концентрацій карбонатів на функцію та цілісність актоміозину. Зокрема, збільшується їх пористість (спричинена виділенням вуглекислого газу в фаршах під час нагрівання) і погіршується колір – готові вироби більш темного кольору, що негативно впливає на органолептичну оцінку [18, с. 705]. Однак нижчі концентрації карбонату калію не сприяють оптимальному ефекту заміни фосфатних препаратів.

Ще однією альтернативою використання фосфатів в технології м'ясних продуктів є харчові добавки та інгредієнти з високою буферною ємністю, зокрема цитратно-карбонатні комплекси [8, с. 293; 11, с. 41]. Авторами доведено, що їх внесення до м'ясних систем підвищує функціональні властивості м'яса, зокрема PSE сировини. Використання даного комплексу дозволяє регулювати буферну ємність м'ясної системи. Це сприяє зміщенню величин рН сировини з 5,3

до 6,3 у соленому м'ясі, тоді як у контрольному зразку збільшення рН під час посолу м'яса не перевищує 0,5 одиниць. В результаті втрати маси при термообробленні копчено-варених продуктів з PSE свинини знижуються, а вихід продуктів збільшується на 7,2 %.

Крім наведених вище напрямів заміщення фосфатних препаратів, авторами в роботі [19, с. 91] зазначено про ефективність підвищення показників вологоутримувальної здатності, структурно-механічних властивостей та окислювальної стабільності м'ясних продуктів шляхом використання основних амінокислот L-аргініну та L-лізину. Інші автори [20, с. 332] повідомили, що L-аргінін або L-лізін сприяють молекулярному розгортанню міозину та отримують більше негативних зарядів, зрештою підвищуючи розчинність міозину. В роботі [21, с. 318] науковцями доведено перевагу використання L-аргініну, який, сприяє дисоціації актоміозину та покращує ніжність курячої грудки ефективніше у порівнянні з L-лізином.

Серед інших основних амінокислот і препаратів на їх основі заслуговує уваги препарат «Амідин» виробництва Varentz (Нідерланди) [8, с. 292]. Він характеризується високою буферною ємністю, має лужний показник рН в межах $10,2 \pm 0,4$. Його внесення до м'ясних систем зміщує ізоелектричну точку білків м'яса, підвищує рН м'ясних систем, не руйнуючи актоміозиновий комплекс м'язової тканини. Основою препарату є природна амінокислота гліцин – одна із двадцяти амінокислот, яка міститься в багатьох натуральних білках, особливо фібрилярних, бере участь у біосинтезі глутатіону, серину, холіну, пуринових основ, креатину. Синтетична форма гліцину і його натрієві солі використовуються як харчова добавка E640, підсилюють смак і аромат натуральних продуктів та при споживанні в межах норми не мають шкідливого впливу на організм людини.

На основі наведеної інформації що до використання в м'ясних системах альтернатив неорганічним фосфатам для створення комплексної добавки обрано препарат «Амідин», карбонат калію та цитрат натрію.

Постановка завдання. Метою роботи є визначення кількісного співвідношення інгредієнтів рецептури – нефосфатних харчових добавок: препарату «Амідин», карбонату калію та цитрату натрію для забезпечення оптимального рівня вологоутримувальної здатності м'ясних фаршевих систем.

Відповідно до мети досліджень поставлено наступні завдання:

- провести патентно-інформаційний пошук за темою роботи;
- обґрунтувати необхідність використання активних стабілізаторів в м'ясних фаршевих системах;
- розробити комплексну добавку на основі препарату «Амідин», карбонату калію та цитрату натрію як альтернативу неорганічним фосфатним препаратам;
- забезпечити оптимальний рівень ВУЗ м'ясних фаршевих систем з використанням нефосфатної комплексної добавки;
- за допомогою методології поверхні відгуку визначити раціональне співвідношення нефосфатних добавок.

Об'єктом досліджень є – технологія використання активних стабілізаторів м'ясних фаршевих систем.

Предметом досліджень є – попередньо підготовлені м'ясні фарші, модельні м'ясні фаршеві системи з використанням нефосфатних харчових добавок до та після термооброблення.

Для досліджень впливу нефосфатних добавок на м'ясні системи використовували м'ясо яловичини з величиною рН $5,54 \pm 0,12$. До попередньо подрібненої сировини вносили 1,0% кухонної солі (до маси м'яса) і перед використанням зберігали при температурі 4 °С протягом 12 годин. При складанні модельних фаршів вносили «Амідин», карбонат калію та цитрат натрію відповідно досліджень, описаних нижче.

Величину ВУЗ (вологоутримувальної здатності) визначали за допомогою методу розрахунку втрат при варінні. Для цього на водяній бані проводили термооброблення зразків при температурі 80 °С до температури 72 °С в центрі. Після чого їх охолоджували до температури 4 °С, величину втрат при варінні визначали за формулою:

$$VV = ((m_1 - m_2) / m_1) \times 100\%, \quad (1)$$

де m_1 – маса зразка до варіння, а m_2 – маса зразка після варіння [22, с. 32].

Отримані дані представлені як середнє значення \pm стандартні відхилення після триразового визначення. Статистичний аналіз проводили за допомогою Microsoft Excel 2007. Відмінності отриманих результатів вважалися дійсними при коефіцієнті значущості $\alpha = 0,95$.

Виклад основного матеріалу. На першому етапі досліджень визначили вплив кількості «Амідину» в межах 0...1,0% в дослідних зразках модельних м'ясних фаршів на втрати його

маси при термообробленні. Результати визначення проведені з використанням сталої кількості інших інгредієнтів: карбонату калію – 0,4% і цитрату натрію – 0,2% та відображені на рис. 1.

Було виявлено, що показники втрат маси при термообробленні зменшувалися, але до збільшення кількості внесеного «Амідину» 0,6%. Після цього незважаючи на збільшення внесення препарату «Амідин» зниження втрат не відбувалося.



Рис. 1. Залежність втрат маси при термообробленні від кількості внесеного «Амідину»

На наступному етапі досліджень визначили вплив кількості карбонату калію в межах 0–0,8% в дослідних зразках модельних м'ясних фаршів на втрати його маси при термообробленні. Кількість внесеного «Амідину» до м'ясних фаршів становила 0,6% та цитрату натрію 0,2% і була однаковою для м'ясних фаршів на другому етапі досліджень. Результати відображені на рис. 2 і свідчать, що втрати маси при варінні зменшувалися до збільшення вмісту карбонату калію до 0,4%. Після цього величина втрат становила не менше 12%. Це обумовлено високим значенням рН, що спричинило денатурацію білків, а термообробка сприяє агрегуванню білків, їх зшиванню та утворенню високоміцних гелів, здатних затримувати вологу в його структурі та зменшувати втрати при варінні [23, с. 1224; 24, с. 287]. В дослідженнях інших авторів для підвищення вологоутримувальної здатності свинини в якості нефосфатної добавки використано сильно лужний розчин електроліту [25, с. 215]. Але збільшення ВУЗ м'ясної сировини автори не виявили та висловили думку, що при високому значенні рН м'ясних систем порушується структура м'язових білків, що перешкоджають утриманню в них вологи.

На третьому етапі досліджень визначено вплив кількості цитрату натрію в межах 0–0,4% в дослідних зразках модельних м'ясних фаршів на втрати його маси при термообробленні. Кількість внесеного «Амідину» та карбонату калію

на цьому етапі досліджень була однаковою і становила 0,6% та 0,4% відповідно. За результатами досліджень (рис. 3) виявлено, що втрати при термообробленні зменшуються зі збільшенням вмісту цитрату натрію, але зниження не настільки значне, як для різних кількостей використання «Амідину» або карбонату калію.



Рис. 2. Залежність втрат при термообробленні від кількості карбонату калію



Рис. 3. Залежність втрат при термообробленні від кількості цитрату натрію

Моделювання раціонального співвідношення нефосфатних добавок було виконано за допомогою методології поверхні відгуку [26, с. 198-210]. Обрана методологія є сукупністю математичних і статистичних прийомів, спрямованих на моделювання процесів та знаходження комбінацій експериментальних рядів предикторів.

У загальному вигляді функція відгуку описується таким поліномом:

$$\hat{y}(x, b) = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{k=1}^n b_k x_k^2 + \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n b_{ij} x_i x_j, \quad (2)$$

де $x \in R^n$ – вектор змінних, b – вектор параметрів.

Для оцінки невідомих параметрів b_0, b_1, b_2, b_3 застосовано метод найменших квадратів (МНК). Згідно з методом невідомі параметри функції вибираються таким чином, щоб сума квадратів відхилень експериментальних (емпіричних) значень Y_i від їх розрахункових (теоретичних) Y_{ip} значень була мінімальною, тобто:

$$S = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_{ip})^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - \phi(X_i, b_0, b_1, \dots, b_k))^2 \rightarrow \min, \quad (3)$$

В результаті моделювання отримали рівняння регресії у вигляді полінома другого ступеня, який має вигляд:

$$Y1(x2, x3) := 35.95 - 4.13 \cdot x2 \cdot x3 + 156.5 \cdot x3^2 - 66.1 \cdot x3 - 32.21 \cdot x2 + 30.75 \cdot x2^2 \quad (4)$$

де:

Y1 – втрати маси фаршу при термообробленні, %;
x2 – вміст карбонату калію, %;
x3 – вміст цитрату натрію, %.

Середньоквадратичне відхилення становить – e=1,141%, що свідчить про досить високий ступінь відтворюваності результатів дослідження.

На рис. 4, наведено графічну залежність функції відгуку від варійованих параметрів – карбонату калію та цитрату натрію у складі фаршу.

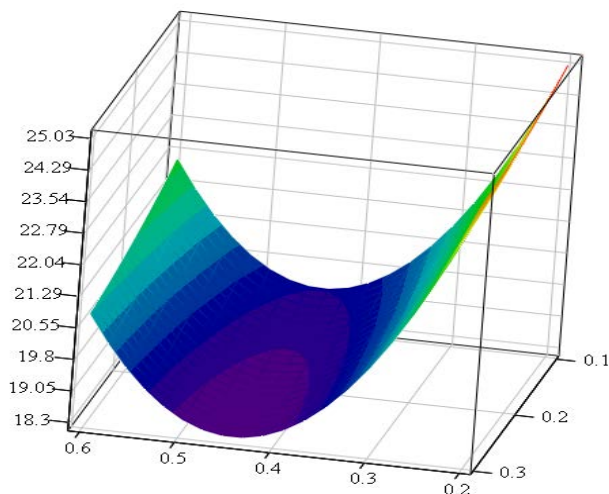


Рис. 4. Графічна 3D-модель залежності втрати маси фаршу при термообробленні від вмісту карбонату калію та цитрату натрію при сталому вмісті амідину x1=0,4%

Аналіз побудованої моделі дав зробити висновок, що мінімальні втрати маси фаршу при термообробленні досягаються при 0,53% – карбонату калію, 0,21% нітриту натрію і складає 18,9%, при сталому значенні амідину 0,4%.

В результаті моделювання, при значенні амідину на рівні 0,6%, отримали рівняння регресії у вигляді полінома другого ступеню, який має вигляд:

$$Y2(x2, x3) := 23.08 + 44 \cdot x2 \cdot x3 - 18.33 \cdot x3^2 - 19.37 \cdot x3 - 40.99 \cdot x2 + 35.29 \cdot x2^2 \quad (5)$$

Середньоквадратичне відхилення становить – e=0,72%, що свідчить про досить високий ступінь відтворюваності результатів дослідження.

На рис. 5 наведено графічну залежність функції відгуку від варійованих параметрів – карбонату калію та цитрату натрію у складі фаршу.

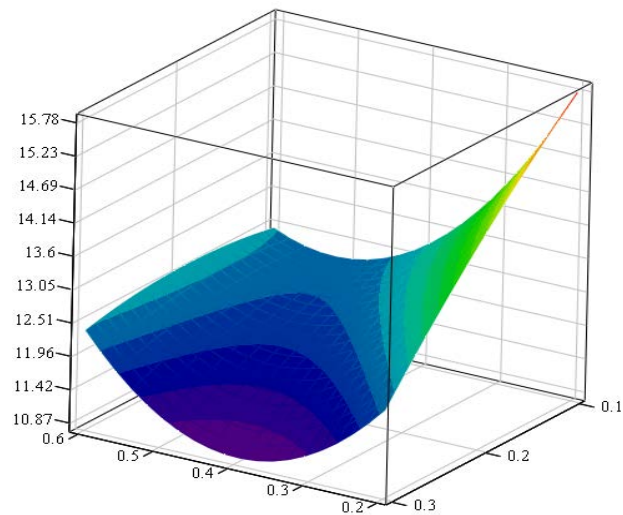


Рис. 5. Графічна 3D-модель залежності втрати маси фаршу при термообробленні від вмісту карбонату калію та цитрату натрію при сталому вмісті «Амідину» x1=0,6%

Аналіз побудованих моделей дав зробити висновок, що мінімальні втрати маси фаршу при термообробленні досягаються при 0,53% – карбонату калію, 0,21% – цитрату натрію і складає 11,31%, за значення «Амідину» 0,6%.

На 3-му етапі значення амідину було на рівні 0,8%.

В результаті моделювання отримали рівняння регресії у вигляді полінома другого ступеня, який має вигляд:

$$Y3(x2, x3) := 5.84 + 10.75 \cdot x2 \cdot x3 - 145.67 \cdot x3^2 + 51.33 \cdot x3 - 9.79 \cdot x2 - 9.79 \cdot x2^2 \quad (6)$$

Середньоквадратичне відхилення становить – e=0,72%, що свідчить про досить високий ступінь відтворюваності результатів дослідження.

На рис. 6 наведено графічну залежність функції відгуку від варійованих параметрів – карбонату калію та цитрату натрію у складі фаршу.

Аналіз побудованих моделей дав зробити висновок, що мінімальні втрати маси фаршу при термообробленні досягаються при 0,39% – карбонату калію, 0,3% – цитрату натрію і складає 8%, при значенні «Амідину» 0,8%.

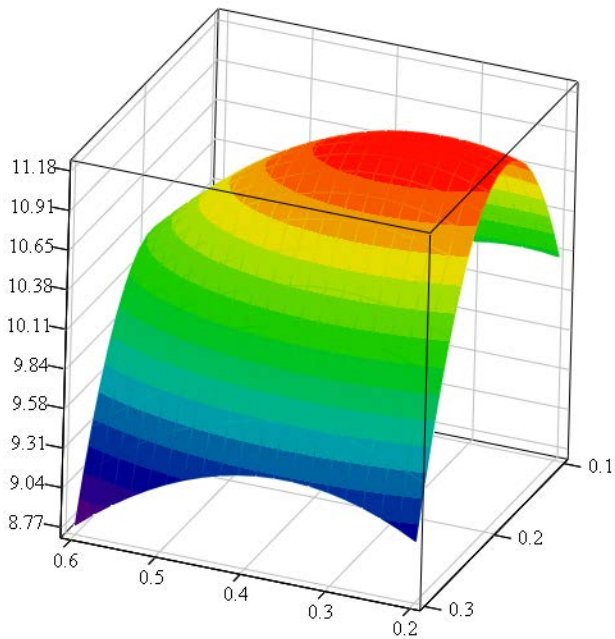


Рис. 6. Графічна 3D-модель залежності втрати маси фаршу при термообробленні від вмісту карбонату калію та цитрату натрію при сталому вмісті «Амідину» $x_1=0,8\%$

Висновок. Отримані регресивні залежності вказують на те, що для забезпечення мінімальних втрат маси м'ясних фаршевих систем при термообробленні частка «Амідину» в складі комплексної добавки повинна складати 0,8 %, карбонату калію 0,39%, а цитрату натрію 0,21% до маси м'ясної сировини.

Перспективи подальших досліджень полягають у вивченні впливу розробленої комплексної добавки на основні функціонально-технологічних і структурно-механічних властивостей модельних м'ясних фаршевих систем та органолептичних показників доведених до кулінарної готовності м'ясних посічених напівфабрикатів.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Vasavada M. N., Dwivedi S. Cornforth D. Evaluation of Garam Masala Spices and Phosphates as Antioxidants in Cooked Ground Beef. *Journal of Food Science*. 2006. Vol. 71, Is. 5. Pp. 292-297.
2. Encapsulated phosphates reduce lipid oxidation in both ground chicken and ground beef during raw and cooked meat storage with some influence on color, pH, and cooking / B. Kılıç, A. Şimşek, J. R. Claus, E. Atılgan. *Meat Science*. 2014. Vol. 97, Is.1. Pp. 93-103.
3. C. C. Chang, J. M. Regenstein Water uptake, protein solubility, and protein changes of cod mince stored on ice as affected by polyphosphates. *Journal of Food Science*. 1997. Vol. 62. Pp. 305-309.

4. Гончаров Г. І. Вплив експериментальних фосфатних сумішей на модельні м'ясні фарші. *Наукові праці НУХТ*. 2004. №15. С. 40-42.

5. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat / K. P. Thangavelu, J. P. Kerry, B. K. Tiwari, C. K. McDonnell. *Trends in Food Science and Technology*. 2019. Vol. 94. Pp. 43-53.

6. Phosphate elimination in emulsified meat products: Impact of protein-based ingredients on quality characteristics / O. Goemaere, S. Glorieux, M. Govaert, L. Steen, I. Fraeye. *Foods*. 2021. Vol. 10. P. 882.

7. Moller S., Rahn M., Schneider F. Phosphatpreparate auf konsistenz und sensorik von bruhwurst. *Fleischwirtschaft*. 2001. Vol.81. Pp. 101-103.

8. Перспективні технології альтернативної заміни фосфатних препаратів у м'ясопродуктах / І. М. Страшинський, А. І. Маринін, М. С. Грицай, Д. М. Шкірдов. *Concepts for the Development of Society's Scientific Potential* : proceedings of the 2nd International scientific and practical conference, May 19-20, 2022. Prague : Author-publishers miscellaneous, 2022. Pp. 287-296.

9. Phosphate additives in food – a health risk / E. Ritz, K. Hahn, M. Ketteler, M. K. Kuhlmann, J. Mann. *Deutsches Arzteblatt International*. 2012. Vol. 109, Is. 4. Pp. 49-55.

10. Страшинський І. М., Грицай М. С. Особливості застосування заміників неорганічних фосфатів у технології виробництва м'ясопродуктів. *Харчова промисловість*. 2023. №33-34. С. 25-35.

11. Lampila L. E. Applications and functions of food-grade phosphates. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 2013. Vol. 1301, Is. 1. Pp. 37-44.

12. Prabhul G., Husak, R. Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins. *Meat Science*. 2014. Vol. 96. Pp. 454-455.

13. Xiong Y. L. Non-meat ingredients and additives. *Handbook of Meat and Meat Processing*. FL : Boca Raton, 2012. Pp. 573-588.

14. Kaewthong P., Wattanachant S. Optimizing the electrical conductivity of marinade solution for water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science*. 2018. Vol. 97, Is. 2. Pp. 701-708.

15. Alvarado C., McKee S. Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. *Journal of Applied Poultry Research*. 2007. Vol. 16, Is. 1. Pp. 113-120.

16. Chantarasuwan C., Benjakul S., Visessanguan W. Effects of sodium carbonate and sodium bicarbonate on yield and characteristics of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Science and Technology International*. 2011. Vol. 17, Is.4. Pp. 403-414.

17. Potassium carbonate improves fresh pork quality characteristics / N. M. LeMaster, S. S. Chauhan,

M. P. Wick, D. L. Clark, E. M. England. *Meat Science*. 2019. Vol. 156. Pp. 222-230.

18. Kaewthong P., Wattanachant S. Optimizing the electrical conductivity of marinade solution for water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science*. 2018. Vol. 97, Is 2. Pp. 701-708.

19. Effects of L-lysine/L-arginine on the emulsion stability, textural, rheological and microstructural characteristics of chicken sausages / X. X. Zhu, C. Ning, S. Y. Li, P. Xu, Y. D. Zheng, C. L. Zhou. *International Journal of Food Science & Technology*. 2018. Vol. 53, Is 1. Pp. 88-96.

20. Conformational and charge changes induced by L-arginine and L-lysine increase the solubility of chicken myosin / S. Y. Li, L. X. Li, X. X. Zhu, C. Ning, K. Z. Cai, C. L. Zhou. *Food Hydrocolloid*. 2019. Vol. 89 Pp. 330-336.

21. L-arginine and L-lysine degrade troponin-T, and L-arginine dissociates actomyosin: Their roles in improving the tenderness of chicken breast / Y. Y. Zhang, D. J. Zhang, Y. J. Huang, L. Chen, P. Q. Bao, H. M. Fang, C. L. Zhou. *Food Chemistry*. 2020. Vol. 318. 126516.

22. The Study of Properties of Minces in Boiled Sausage with Functional Food Composition Use / I. Strashynskiy, O. Fursik, V. Pasichniy, A. Marynin, G. Goncharov. *EUREKA: Life Sciences*. 2016. Vol. 6. Pp. 31-36.

23. Pérez-Mateos M., Lanier T. C. Comparison of Atlantic menhaden gels from surimi processed by acid or alkaline solubilization. *Food Chemistry*. 2007. Vol. 101, Is. 3. Pp. 1223-1229.

24. Tadpitchayangkoon P., Yongsawatdigul J. Comparative study of washing treatments and alkali extraction on gelation characteristics of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) muscle protein. *Journal of Food Science*. 2009. Vol. 74, Is. 3. Pp. 284-291.

25. Rigdon M., Hung Y. C., Stelzleni A. M. Evaluation of alkaline electrolyzed water to replace traditional phosphate enhancement solutions: Effects on water holding capacity, tenderness, and sensory characteristics. *Meat Science*. 2017. Vol. 123. Pp. 211-218.

26. Оптимізація виробничих процесів : навч. посібник / Ю. Г. Сухенко, М. М. Жеплінська, В. М. Пасічний, І. В. Тимошенко. Київ : ІНКОС, 2019. 259 с.

REFERENCES:

1. Vasavada, M.N., Dwivedi, S. Cornforth, D., 2006. Evaluation of Garam Masala Spices and Phosphates as Antioxidants in Cooked Ground Beef. *Journal of Food Science*, 71(5), pp. 292-297.

2. Kılıç, B., Şimşek, A., Claus, J.R., Atılgan, E., 2014. Encapsulated phosphates reduce lipid oxidation in both ground chicken and ground beef during raw and cooked meat storage with some influence on color, pH, and cooking. *Meat Science*, 97(1), pp. 93-103.

3. Chang, C.C. and Regenstein J.M., 1997. Water uptake, protein solubility, and protein changes of cod mince stored on ice as affected by polyphosphates. *Journal of Food Science*, 62, pp. 305-309.

4. Honcharov, H.I., 2004. Vplyv eksperymentalnykh fosfatnykh sumishei na modelni miasni farshi. *Naukovi pratsi NUKhT*, 15, s. 40-42.

5. Thangavelu, K.P., Kerry, J.P., Tiwari, B.K., McDonnell C.K., 2019. Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat. *Trends in Food Science and Technology*, 94, pp. 43-53.

6. Goemaere, O., Glorieux, S., Govaert, M., Steen, L., Fraeye, I., 2021. Phosphate elimination in emulsified meat products: Impact of protein-based ingredients on quality characteristics. *Foods*, 10, p. 882.

7. Moller, S., Rahn, M., Schneider, F., 2001. Phosphatpreparate auf konsistenz und sensorik von bruhwurst. *Fleischwirtschaft*, 81, pp. 101-103.

8. Strashynskiy, I.M., Marynin, A.I., Hrytsai, M.S., Shkirdov, D.M., 2022. Perspektyvni tekhnolohii altenatyvnoi zaminy fosfatnykh preparativ u miasoproduktakh. *Concepts for the Development of Society's Scientific Potential*. Prague, 19-20 May 2022. Prague : Author-publishers miscellaneous.

9. Ritz, E., Hahn, K., Ketteler, M., Kuhlmann, M.K., Mann J., 2012. Phosphate additives in food – a health risk. *Deutsches Arzteblatt International*, 109(4), pp. 49-55.

10. Strashynskiy, I. M. and Hrytsai, M. S., 2023. Osoblyvosti zastosuvannya zaminnykiv neorhanichnykh fosfativ u tekhnolohii vyrobnytstva miasoproduktiv. *Kharchova promyslovisht*, 33-34, s. 25-35.

11. Lampila, L. E., 2013. Applications and functions of food-grade phosphates. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1301(1), pp. 37-44.

12. Prabhul, G., and Husak, R., 2014. Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins. *Meat Science*, 96, pp. 454-455.

13. Xiong, Y. L. 2012. Non-meat ingredients and additives. *Handbook of Meat and Meat Processing*, FL : Boca Raton, pp. 573-588.

14. Kaewthong, P. and Wattanachant, S., 2018. Optimizing the electrical conductivity of marinade solution for water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science*, 97(2), pp. 701-708.

15. Alvarado, C. and McKee, S., 2007. Marination to improve functional properties and safety of poultry meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), pp. 113-120.

16. Chantarasuwan, C., Benjakul, S., Visessanguan, W., 2011. Effects of sodium carbonate and sodium bicarbonate on yield and characteristics of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*). *Food Science and Technology International*, 17(4), pp. 403-414.

17. LeMaster, N.M., Chauhan, S.S., Wick, M.P., Clark, D.L., England E.M., 2019. Potassium carbonate improves fresh pork quality characteristics. *Meat Science*, 156, pp. 222-230.
18. Kaewthong, P. and Wattanachant, S., 2018. Optimizing the electrical conductivity of marinade solution for water-holding capacity of broiler breast meat. *Poultry Science*, 97(2), pp. 701-708.
19. Zhu, X.X., Ning, C., Li, S.Y., Xu, P., Zheng, Y.D., Zhou, C. L., 2018. Effects of L-lysine/L-arginine on the emulsion stability, textural, rheological and microstructural characteristics of chicken sausages. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(1), pp. 88-96.
20. Li, S.Y., Li, L.X., Zhu, X.X., Ning, C., Cai, K.Z., Zhou, C. L., 2019. Conformational and charge changes induced by L-arginine and L-lysine increase the solubility of chicken myosin. *Food Hydrocolloid*, 89, pp. 330-336.
21. Zhang, Y.Y., Zhang, D.J., Huang, Y.J., Chen, L., Bao, P.Q., Fang, H.M., Zhou C.L., 2020. L-arginine and L-lysine degrade troponin-T, and L-arginine dissociates actomyosin: Their roles in improving the tenderness of chicken breast. *Food Chemistry*, 318, 126516.
22. Strashynskiy, I., Fursik, O., Pasichniy, V., Marynin, A., Goncharov, G., 2016. The Study of Properties of Minces in Boiled Sausage with Functional Food Composition Use. *EUREKA: Life Sciences*, 6, pp. 31-36.
23. Pérez-Mateos, M. and Lanier, T. C., 2007. Comparison of Atlantic menhaden gels from surimi processed by acid or alkaline solubilization. *Food Chemistry*, 101(3), pp. 1223-1229.
24. Tadpitchayangkoon, P. and Yongsawatdigul, J., 2009. Comparative study of washing treatments and alkali extraction on gelation characteristics of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) muscle protein. *Journal of Food Science*, 74(3), pp. 284-291.
25. Rigdon, M., Hung, Y. C., Stelzleni, A. M. 2017. Evaluation of alkaline electrolyzed water to replace traditional phosphate enhancement solutions: Effects on water holding capacity, tenderness, and sensory characteristics. *Meat Science*, 123, pp. 211-218.
26. Sukhenko, Yu.H., Zheplinska, M.M., Pasichnyi, V.M., Tymoshenko, I.V. 2019. *Optymizatsiia vyrobnychukh protsesiv*. Kyiv: INKOS, 2019. 259 s.

*Стаття надійшла до редакції
29 березня 2024 року*