

ENSURING MICROBIOLOGICAL PURITY OF BAKERY PRODUCTS AS AN IMPERATIVE OF FOOD SAFETY**Bilyk O.,***Cand. Tech. Sci., Professor, Professor of the Department of Bakery and Confectionery Technology National University of Food Technologies***Bogachov Iu.,***Student of higher education educational degree Ph.D, Department of Technology of Bakery and Confectionery Products National University of Food Technologies***Dushchak O.,***Cand. Tech. Sci, Associate Professor, Associate Professor of Department of Canning technology of the National University of Food Technologies**Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof.***Khomenko D.***Student of higher education educational degree Master's of the Department of Bakery and Confectionery Technology National University of Food Technologies***ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІКРОБІОЛОГІЧНОЇ ЧИСТОТИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ, ЯК ІМПЕРАТИВ ПРОДОВОЛЬЧОЇ БЕЗПЕКИ****Білик О.А.***кандидат технічних наук, професор, професор кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій***Богачов Ю.В.***здобувач вищої освіти освітнього ступеню «Доктор філософії» кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій***Дущак О.В.***кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технології консервування Національного університету харчових технологій***Хоменко Д.М.***здобувач вищої освіти освітнього ступеню «Магістр» кафедри технології хлібобулочних і кондитерських виробів Національного університету харчових технологій*<https://doi.org/10.5281/zenodo.10818076>**Abstract**

Bakery products are among the most common food products, but they are prone to mold, which leads to an unpleasant odor, accumulation of mycotoxins, and spoilage of the product. This article presents the results of research and a comparative analysis of calcium propionate of different brands. The presented results demonstrate the positive effect of using calcium propionate and its salts on the positive dynamics of suppressing the agents of microbiological spoilage of bakery products. It was found that the best effect on the suppression of mold fungi was exerted by calcium propionate of the trademark "PROBAKE" in an amount of 0.2% to the mass of flour.

Анотація

Хлібобулочні вироби є одним із найпоширеніших продуктів харчування, але вони мають схильність до пліснявіння, що призводить до неприємного запаху, накопичення мікотоксинів та псування продукту. У даній статті наведені результати досліджень та порівняльна характеристика пропіанату кальцію різних торгових марок. Представлені результати демонструють позитивний вплив використання пропіанату кальцію та його солей на позитивну динаміку пригнічення збудників мікробіологічного псування хліба. Встановлено, що найкращий вплив на пригнічення пліснявих грибів здійснював пропіонат кальцію торгової марки «PROBAKE» в кількості 0,2 % до маси борошна.

Keywords: microbiological contamination, mold, calcium propionate, bakery products, safety**Ключові слова:** мікробіологічне забруднення, пліснявіння, пропіонат кальцію, хліб, безпечність

Постановка проблеми. Виробництво хліба підвищеної мікробіологічної чистоти з тривалим терміном зберігання – актуальне завдання хлібопекарської галузі. Так, як хлібобулочні вироби забруднені плісенню набувають неприємного запаху, з'являються мікотоксини і вони стають не придатними до споживання.

Пліснявіння хліба відбувається в результаті зараження та розвитку мікроміцетів роду *Aspergillus*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus* та *Geotrichum*. Міцелій гриба поширюється спочатку з поверхні хліба, потім по тріщинам і порам проникає всередину м'якшу [1, с.362].

Швидкість появи плісені або зростання бактерій у хлібобулочних виробах залежить від кількості

і типу присутніх у них спор і цей приріст залежить від вологості виробів та від температури і відносної вологості навколишнього середовища під час зберігання. Оптимальна температура розвитку 25-35 °С, відносна вологість повітря 70–80%, активна кислотність – 4,5–5,5 [2, с.256; 3, с.542].

Способами запобігання мікробіологічного забруднення хлібобулочних виробів, а саме пліснявинню є:

- дотримання санітарно-гігієнічного стану виробничих приміщень, забезпечення їх вентиляції, особливо у вистигальному відділенні;

- пастеризація упакованого хліба;

- застосування хімічних, фізичних чи біологічних способів інгібування зростання міцеліальних грибів – використання консервантів, вибір яких в основному регулюється законодавством окремих країн;

- використання нових інгредієнтів із властивостями запобігання розвитку цвілевих грибів [4, с. 41; 5, с.34].

В даний час використовується ряд альтернатив, щоб запобігти або мінімізувати мікробне псування хліба, наприклад, упаковка в модифікованій атмосфері, опромінення, пастеризація упакованого хліба та/або додавання пропіонової кислоти та її солей [3, с.546]. Авторами праці [6, с. 275] було показано, що пропіонова кислота інгібує цвіль і спори *Bacillus* і не значною мірою дріжджі, і тому її можна використовувати у технології хлібобулочних виробів.

Згідно з Директивою Європейського Парламенту та Ради № 95/2/ЕС, пропіонову кислоту можна додавати до хлібобулочних виробів у концентраціях до 3000 та 2000 ppm відповідно [7, с. 154].

Консерванти часто додають у вигляді солей кислоти, оскільки солі краще розчиняються у водному розчині. Ефективність консервантів залежить від рН продукту, оскільки антимікробний ефект недисоційованої кислоти набагато сильніший, ніж дисоційованої кислоти. Значення pK_a пропіонової кислоти 4,88, максимальний рН активності становить приблизно 5,0–5,5 для пропіонату [8, с.525].

У Європі Європейський Союз встановив максимальні обмеження для пропіонової кислоти та пропіонату (виражені як пропіонова кислота) 3000 мг/кг у попередньо упакованому нарізаному хлібі та житньому хлібі, 2000 мг/кг у хлібі зі зниженою харчовою цінністю, частково/попередньо випеченому хлібі, попередньо упаковані булочки та булочки тощо, і 1000 мг/кг у попередньо упакованому хлібі [9, с.2].

Таким чином, додавання пропіонатів в харчові продукти дозволяє уникнути біологічного псування і подовжує термін їх зберігання. Пропіонати є малотоксичними для людини та інтенсивно метаболізуються в організмі людини. Пропіонат кальцію зазначений у Кодексі Аліментаріус під номером E 282 і має прийнятну добову норму споживання як «не вказано» або «не обмежено» [10, с. 1; 11, с. 1]. Однак той факт, що прийнятна добова норма споживання не вказана, не означає, що необмежене споживання є прийнятним. У принципі, його можна

було б дозволити використовувати в харчових продуктах загалом без будь-яких обмежень, окрім відповідності належній виробничій практиці. Управління з контролю за якістю харчових продуктів і медикаментів США рекомендує, щоб добова доза пропіонату кальцію для дорослих становила 1 мг/кг/добу [12, с. 1]. Якщо на добу людина з масою тіла 50 кг приймає 1 кг їжі, то кількість пропіонату кальцію в їжі не повинна перевищувати 2000 мг/кг.

Автори [13, с. 51; 14, с. 145] рекомендують для запобігання проростання цвілевих грибів використовувати пропіонову кислоту та її солі в кількості, що не перевищує максимальної концентрації пропіонату, яка дозволена для упакованого нарізаного хліба харчовим кодексом (AAC), становить 0,4% (маса/маса). Більшість виробників використовували цю верхню межу концентрації для збереження хлібобулочних виробів від мікробіологічного псування.

Роботи науковців [15, с. 1691; 16, с. 255] підтверджують ефективність використання пропіонату кальцію. При внесенні в тісто 0,2 та 0,4 % пропіонової кислоти до маси борошна зростання цвілевих грибів на хлібі виявлявся на 7 та 9 діб. Додавання до тіста 0,3 % пропіонату кальцію та 0,4 % пропіонату гліцерину уповільнює процес пліснявиння до 7 діб.

Науковці [17, с. 382] встановили, що пропіонова ($pK_a = 4,87$) кислота та їх солі (натрієва, калієва, кальцієва) широко застосовуються як протимікробні засоби в харчовій промисловості. Ці сполуки пригнічують ріст популяції бактерій, дріжджів і грибків у харчових продуктах, оскільки ці мікроорганізми не здатні метаболізувати молекули консервантів.

Дробот В.І. підтверджує у своїх працях, що пропіонова кислота та її солі затримують пліснявиння хліба на 7...12 діб. Проте ці консерванти в більшій або меншій мірі знижують інтенсивність мікробіологічних процесів, що протікають при дозріванні тіста, погіршують об'єм та пористість виробів [18, с. 312].

На ринку України найбільше пропонується для виробників пропіонати кальцію таких торгових марок, як «ADDCON», «MILTON», «PROBAKE». Тому актуальним є дослідити, якої торгової марки пропіонат кальцію є найбільш дієвим для забезпечення безпечності хлібобулочних виробів під час зберігання.

Метою статті є встановити якої торгової марки пропіонат кальцію, що найбільш розповсюджений на ринку України, є найбільш дієвим для забезпечення безпечності хлібобулочних виробів під час зберігання.

Матеріали і методи. Для досліджень використовували борошно пшеничне вищого сорту, пропіонати кальцію: «ADDCON», «MILTON», «PROBAKE». Згідно з рекомендацій виробників, дозування пропіонатів кальцію обрали в кількості 0,2 % до маси борошна.

Хлібобулочний виріб виготовляли безопарним способом за рецептурою:

- пшеничне борошно I сорту – 100 кг;
- дріжджі хлібопекарські пресовані – 3,0 кг;
- сіль кухонна – 2,0 кг;
- цукор білий кристалічний – 1,0 кг;
- маргарин столовий – 2,5 кг [19, с. 132].

У роботі порівнювали зразки пшеничного тіста та виробів з різними торговими марками пропіонатів кальцію за однакового дозування в кількості 0,2 % до маси борошна.

Тісто готували безопарним способом вологістю 45,5 %. Замість тіста здійснювали на двошвидкісній тістомісильній машині, тривалість замісу на першій швидкості – 4...5 хв на другій швидкості – 5...6 хв. Тривалість відлежування тіста становила 10...15 хв. Формування тістових заготовок здійснювали вручну (округлювали та формували у вигляді батону), маса тістової заготовки 0,350 кг. Вистоювання тістових заготовок здійснювали у вистійній шафі за температури $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості $(78 \pm 2) \%$ тривалістю 50-60 хв. Вироби

випікали у стелажній печі за таких параметрів: температура 200...240 °С, тривалість 16...18 хв.

Якість хліба визначали за фізико-хімічними (кислотність, пористість, питомий об'єм, формостійкість, структурно-механічні властивості м'якучки [20, с. 149] та органолептичними показниками (зовнішній вигляд, стан поверхні, забарвлення скоринки, структура пористості, смак, запах [20, с. 149].

Визначення сторонньої та шкідливої мікрофлори в готових виробах здійснювали за стандартними методиками [20, с. 224]

Результати експериментальних досліджень піддавали статистичній обробці за допомогою стандартних пакетів програм Microsoft Office.

Результати дослідження. На початковому етапі досліджень здійснювали визначення мікробіоти борошна пшеничного вищого сорту, з яким проводили наступні дослідження. Результати досліджень наведено в табл. 1.

Таблиця 1.

Мікробіологічна чистота борошна вищого сорту,

$n=3, p \geq 0,95, \delta 3...5 \%$

| Показник мікробіологічної чистоти | Борошно пшеничне вищого сорту |
|---|-------------------------------|
| Кількість МАФАНМ, КУО/г | $6,1 \pm 0,2 \times 10^4$ |
| Кількість спороутворюючих бактерій (Bacillus spp.), КУО/г | $20,5 \pm 1,7$ |
| Кількість міцелярних грибів, КУО/г | $418,5 \pm 24,7$ |

Аналіз отриманих результатів показав, що в борошні наявні мезофільні мікроорганізми. З отриманих даних видно, що борошно за кількістю аеробних бацил не перевищує 200 клітин/г, що вказує на нормальне борошно за цим показником [21, с.326]. Вміст міцелярних грибів також не регламентується, але в процесі дослідження ми виявили їх наявність. Отже, не дотримання технологічного процесу та температурно-вологісного режимів зберігання хлібобулочні вироби з такого борошна швидко покриваються пліснявою.

На другому етапі експериментів з дослідження обирали найбільш ефективний пропіонат кальцію з наявних на ринку України «ADDCON», «MILTON», «PROBAKE». Згідно з рекомендацій виробників, дозування пропіонатів кальцію обрали в кількості 0,2 % до маси борошна.

З метою встановлення впливу пропіонатів на якість хліба з даного борошна проводили пробні випікання. Тісто готували безопарним способом вологістю 44 %. Замість тіста здійснювали на двошвидкісній тістомісильній машині, тривалість замісу на першій швидкості – 4...5 хв на другій швидкості – 5...6 хв. Тривалість відлежування тіста становила 10...15 хв. Формування тістових заготовок здійснювали вручну (округлювали та формували у вигляді батону), маса тістової заготовки 0,350 кг. Вистоювання тістових заготовок здійснювали у вистійній шафі за температури $(38 \pm 2)^\circ\text{C}$ і відносної вологості $(78 \pm 2) \%$ тривалістю 50-60 хв. Вироби випікали у стелажній печі за таких параметрів: температура 200...240 °С, тривалість 16...18 хв. Результати досліджень наведено в таблиці 2 та на рис. 1.

Вплив пропіонату кальцію на показники якості хлібобулочних виробів,
n=3, p>0,95, δ 3...5 %

| Показник | Контроль (без добавок) | Дослідні зразки | | |
|-------------------------------|---|--|--|---|
| | | 1 | 2 | 3 |
| | | Пропіонат кальцію | | |
| | | «ADDCON» | «MILTON» | «PROBAKE» |
| Кислотність, град | 2,4 | 3,0 | 3,0 | 3,0 |
| Питомий об'єм, см3/100гр | 336 | 306 | 315 | 326 |
| Пористість, % | 86 | 74 | 78 | 82 |
| Формостійкість | 0,53 | 0,50 | 0,51 | 0,53 |
| Зовнішній вигляд | Форма правильна, поверхня гладка, без пухирців і тріщин, підриві, глянцева | | | |
| Стан м'якушки | Суха, еластична | | | |
| Пористість за розміром пор | Пори дрібні, тонкостінні, рівномірно розподілені по всій поверхні | Пори різної величини, розподілені нерівномірно | Пори дрібні, тонкостінні, не рівномірно розподілені по всій поверхні | Пори дрібні, тонкостінні, рівномірно розподілені по всій поверхні |
| Смак і аромат | Властивий пшеничному хлібу | | | |



Рисунок 1 – Фото хлібобулочних виробів: 1 – контроль без добавок, 2 – з пропіонатом кальцію «ADDCON»; 3 – з пропіонатом кальцію «MILTON»; 4 – з пропіонатом кальцію «PROBAKE»

Встановлено, що використання пропіонату кальцію всіх виробників підвищує кислотність виробів. Використання пропіонату кальцію погіршує питомий об'єм виробів порівняно з контролем, так, питомий об'єм готових виробів з пропіонатом кальцію «ADDCON» на 8,6 % менший, з пропіонатом кальцію «MILTON» - на 6,3 %, а з пропіонатом кальцію «PROBAKE» - на 2,9 %. Спостерігається та-

кож негативний вплив на пористість виробів порівняно з контролем, так пористість менша на 13,9 % з пропіонатом кальцію «ADDCON», на 9,3 % – з пропіонатом кальцію «MILTON» і на 4,6 % з пропіонатом кальцію «PROBAKE».

Подальші дослідження стосувалися визначенню мікроїботи в готових виробах під час зберігання протягом 72 год не упкованими. Результати досліджень наведено в табл. 3.

Таблиця 3.

Мікробіологічна чистота хлібобулочних виробів після 72 год зберігання,

n=3, p>0,95, δ 3...5 %

| Показник | Контроль (без добавок) | Дослідні зразки | | |
|------------------------------------|---------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | 1 | 2 | 3 |
| | | Пропіонат кальцію | | |
| | | «ADDCON» | «MILTON» | «PROBAKE» |
| Кількість МАФАНМ, КУО/г | | | | |
| після 72 год зберігання | 4,8x10 ³ | 1,5*10 ² | 2,8*10 ² | 0,7*10 ² |
| Кількість міцелярних грибів, КУО/г | | | | |
| після 72 год зберігання | 0,8±0,5- | 8,2±0,5 | 7,8±0,5 | 13,8±0,5 |

Позитивним є зменшення кількості МАФАНМ, як після 5 годин випікання так і після 72 год зберігання у неупакованому вигляді. Також спостерігається вплив пропіонату кальцію на плісняві гриби. Одержані результати свідчать про те, що пропіонат кальцію здатний пригнічувати розвиток збудників мікробіологічного псування хліба і найбільше таку дію здійснює пропіонат кальцію «PROBAKE». Використання якого призводить до меншого приросту колоній пліснявих грибів після 72 год зберігання готових виробів. Тому, найкращим пропіонатом кальцію вважається торгової марки «PROBAKE», але використання його погіршує фізико-хімічні показники якості хліба, тому необхідно обрати заходи по покращанню якості хлібобулочних виробів у разі використання пропіонату кальцію. Вплив пропіонату кальцію пригнічують ріст популяції бактерій, дріжджів і грибків у хлібобулочних виробках, оскільки ці мікроорганізми не здатні метаболізувати молекули пропіонату кальцію.

Подальші дослідження будуть спрямовані на встановленні технологічних параметрів, підбору поліпшувачів для покращання якості хлібобулочних виробів в рецептуру яких входить пропіонат кальцію.

Висновки. Досліджено вплив використання пропіонату кальцію трьох торгових марок, а саме «ADDCON», «MILTON», «PROBAKE» в кількості 0,2 % до маси борошна. Встановлено, що найкращий вплив на пригнічення пліснявих грибів здійснював пропіонат кальцію торгової марки «PROBAKE»

Подяка

Робота була виконана в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи «Наукове обґрунтування та розроблення ресурсоефективних технологій харчової продукції цільового призначення як імперативу продовольчої безпеки» 0123U102060.

Список літератури:

1. Legan, J. D. and Voysey, P. A. (1991). Yeast spoilage of bakery products and ingredients. *The Journal of Applied Bacteriology*, 70(5): p. 361–371.
2. Грегірчак, Н.М. Мікробіологія харчових виробництв. Лабораторний практикум [Текст] / Н.М. Грегірчак. – К.: НУХТ, 2009. – с. 302.
3. Dagnas, S., Membré, J.-M., 2013. Predicting and preventing mold spoilage of food products. *J. Food Prot.* 76, с. 538–550.
4. J.D. Legan Mould spoilage of bread: the problem and some solutions / *International Biodeterioration*

& Biodegradation, Volume 32, Issues 1–3, 1993, Pages 33–53, ISSN 0964-8305, [https://doi.org/10.1016/0964-8305\(93\)90038-4](https://doi.org/10.1016/0964-8305(93)90038-4).

5. Mould spoilage of bread: the problem and some solutions / *International Biodeterioration & Biodegradation*, Volume 32, Issues 1–3, 1993, ISSN 0964-8305, p. 33-53. [https://doi.org/10.1016/0964-8305\(93\)90038-4](https://doi.org/10.1016/0964-8305(93)90038-4).

6. L.A.M. Ryan, F. Dal Bello, E.K. Arendt. The use of sourdough fermented by antifungal LAB to reduce the amount of calcium propionate in bread / *International Journal of Food Microbiology*, Volume 125, Issue 3, 2008, ISSN 0168-1605, p. 274-278. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2008.04.013>.

7. Європейський Союз, 1995. Директива Європейського Парламенту та Ради № 95/2/ЄС від 20 лютого 1995 року про інші харчові добавки...

8. Michael B. Liewen, Elmer H. Marth. Growth of *Sorbate-Resistant and -Sensitive Strains of Penicillium roqueforti* in the Presence of Sorbate / *Journal of Food Protection*, Volume 48, Issue 6, 1985, ISSN 0362-028X, <https://doi.org/10.4315/0362-028X-48.6.525> p. 525-529.

9. Регламент Комісії (ЄС) № 1129/2011 від 11 листопада 2011 р. про внесення змін до додатку II до Регламенту (ЄС) № 1333/2005 Європейського парламенту та Ради шляхом створення Союзного списку харчових добавок.

10. Харчові стандарти ФАО/ВООЗ CODEX Alimentarius 2014. Доступно за адресою: <http://www.codexalimentarius.net/gsfonline/additives/details.html?id=306>. [Переглянуто 12 січня 2024].

11. Оцінки Об'єднаного комітету експертів ФАО/ВООЗ з харчових добавок (JECFA): пропіонат кальцію. Доступно за адресою: <http://apps.who.int/food-additives-contaminants-jecfa-database/chemical.aspx?chemINS=282>. [Переглянуто 12 січня 2024].

12. Управління з контролю за якістю харчових продуктів і медикаментів США, огляди бази даних спеціального комітету з речовин GRAS (SCOGS): пропіонат кальцію. Доступно за адресою: <http://www.accessdata.fda.gov/scripts/fcn/fcnDetailNavigation.cfm?rpt=scogsListing&id=62>. [Переглянуто 12 січня 2024].

13. Grahame W. Gould. Methods for preservation and extension of shelf life / *International Journal of Food Microbiology*, Volume 33, Issue 1, 1996, ISSN 0168-1605, [https://doi.org/10.1016/0168-1605\(96\)01133-6](https://doi.org/10.1016/0168-1605(96)01133-6).p. 51-64.

14. Carla Luciana Gerez, Maria Ines Torino, Graciela Rollán, Graciela Font de Valdez. Prevention of bread mould spoilage by using lactic acid bacteria with antifungal properties / *Food Control*, Volume 20, Issue 2, 2009, Pages 144-148, ISSN 0956-7135, <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.03.005>.
15. Stéphane Dagnas, Emilie Gauvry, Bernard Onno, Jeanne-Marie Membré Quantifying Effect of Lactic, Acetic, and Propionic Acids on Growth of Molds Isolated from Spoiled Bakery Products / *Journal of Food Protection*, Volume 78, Issue 9, 2015, Pages 1689-1698, ISSN 0362-028X, <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-15-046>.
16. Chutima Matayatsuk Phechkrajang, Surin Yooyong Fast and simple method for semiquantitative determination of calcium propionate in bread samples, *Journal of Food and Drug Analysis*, Volume 25, Issue 2, 2017, Pages 254-259, ISSN 1021-9498, <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.03.013>.
17. Carcho M, Barreiro MF, Morales P, Ferreira ICFR. Adding Molecules to Food, Pros and Cons: A Review on Synthetic and Natural Food Additives. *Compr Rev Food Sci Food Saf*. 2014 Jul;13(4):377-399. doi: 10.1111/1541-4337.12065. PMID: 33412697.
18. Дробот, В.І. Технологія хлібопекарського виробництва : підручник / В.І. Дробот. – К.: Логос. – 365 с.: Іл.- Бібліогр, с. 364-365.
19. Дробот В.І. Довідник з технології хлібопекарського виробництва. Довідник : навч. Посіб. / 2-е вид., переробл. І допов. Київ, «ПрофКнига», с. 201. 580.
20. Дробот В. І. Лабораторний практикум з технології хлібопекарського та макаронного виробництв : навч. посіб. / В. І. Дробот, Л. Ю. Арсеньєва, О. А. Білик та ін.; за ред. В. І. Дробот. Київ : Центр навч. літ-ри. 2006, с. 341.
21. Мікробіологія харчових виробництв [Текст] : навч. посіб. / Л. В. Капрельянц, Л. М. Пилипенко, А. В. Єгорова та ін. - Херсон : Видавець ФОП Грінь Д.С., 2016, с. 478.