

DOI <https://doi.org/10.32782/2220-8674-2026-16-1-38>

УДК 664.68

С. В. Смірнов, аспірант

ORCID: 0009-0005-9083-2496

О. П. Прісс, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0002-6395-4202

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

e-mail: ukrbread@gmail.com

МІКРОБІОЛОГІЧНА СТАБІЛЬНІСТЬ ПРЯНИКОВИХ ВИРОБІВ З НАЧИНКОЮ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Анотація. Мікробіологічна стабільність пряників з начинкою визначається не лише середнім значенням активності води, а насамперед поєднанням локальної міграції вологи, контамінації після випікання та умов зберігання. Метою роботи було встановлення впливу міграції вологи та активності води в окремих шарах пряників з начинкою на їх мікробіологічну стабільність під час зберігання. Визначали активність води в начинці, шарі дотичному до начинки та коржі, а також вологість і мікробіологічні показники у свіжому продукті та після 120 діб зберігання за нерегламентованих температурно-вологісних умов. Протягом вказаного терміну зберігання, встановлено зниження a_w в усіх зонах виробу та зменшення вологості з 15,09 до 12,68 %. Після 120 діб виявлено дріжджі <5 КУО/г за відсутності пліснев і колиформ, що свідчить про початкову мікробіологічну дестабілізацію. Практичний контроль доцільно базувати на моніторингу a_w , вологості, дріжджів і санітарно-гігієнічних заходах.

Ключові слова: пряники з начинкою; активність води; міграція вологи; осмофільні дріжджі; мікробіологічна стабільність; термін придатності.

Постановка проблеми. Пряники належать до борошняних кондитерських виробів із відносно високою стабільністю під час зберігання завдяки підвищеному вмісту цукрів, спецій та порівняно невисокій активності води [1, 2]. Однак, використання фруктових, ягідних або горіхових начинок формує гетерогенну систему, у якій окремі шари відрізняються за вологістю, кислотністю та водозв'язувальною здатністю. За таких умов ризик псування визначається не стільки середнім значенням a_w для всього виробу, скільки локальними мікросередовищами на межі «корж–начинка», а також якістю санітарного контролю після випікання та реальними умовами зберігання [3, 4].

Як приклад, на рис. 1 наведено псування пряників через неналежні умови зберігання в торгівельній мережі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних роботах щодо подовження терміну придатності борошняних виробів наголошено, що вирішальне значення для мікробіологічної стабільності мають не лише рецептурні чинники, а й процеси, що відбуваються після випікання [3, 4]. Для пряників описано наявність ксерофільних грибів, здатних розвиватися за знижених значень активності води (a_w), а зонами підвищеного ризику визначено охолодження та пакування [5]. Сорбційні властивості продукту, форма ізотерми та внутрішній перерозподіл вологи істотно впливають на локальну доступність води, а отже – і на потенціал росту мікроорганізмів [6, 7].

Окремі дослідження показали, що стабільність виробів з начинкою підвищується за рахунок контролю вмісту розчинних сухих речовин, кислотності, використання гумектантів, гідроколоїдів та бар'єрних матеріалів [8–11]. Разом із тим для пряників з начинкою недостатньо



Рис. 1. Ріст поверхневої плісняви на пряниках (пряники з вишневою начинкою – упаковані в поліпропіленовий пакет; третій місяць зберігання в літній період; недотримання рекомендованих температурно-вологісних умов у роздрібній мережі). Фото автора

дослідженими залишаються локальні зміни a_w у різних шарах виробу та їх зв'язок із ранніми мікробіологічними ознаками дестабілізації під час реального зберігання.

Формулювання мети статті. Метою роботи було встановлення впливу міграції вологи та активності води в окремих шарах пряників з начинкою на їх мікробіологічну стабільність під час зберігання. Для досягнення мети поставлено такі завдання: проаналізувати ключові ризики для пряників з начинкою; визначити a_w у різних шарах виробу, загальну вологість і мікробіологічні показники; оцінити практичне значення отриманих результатів для забезпечення стабільності під час зберігання.

Ключові чинники мікробіологічної нестабільності. Для пряників з начинкою найбільш значущими є три взаємопов'язані чинники. Перший – міграція вологи у системі «м'якуш–начинка». Вона зумовлена не лише градієнтом a_w , а й різницею у водозв'язувальній здатності компонентів, що може формувати локальні зони з підвищеним ризиком росту мікрофлори [5, 6]. Другий чинник – контамінація після випікання, оскільки саме повітря виробничого середовища, зони охолодження та пакування можуть бути джерелом спор грибів і дріжджів [5, 6]. Третій чинник – умови зберігання в поєднанні з бар'єрними властивостями упаковки: коливання температури та відносної вологості змінюють швидкість вологообміну через простір над упаковкою і здатні зміщувати систему в бік дестабілізації [5, 6, 9].

Рецептурні параметри начинки також мають принципове значення. Підвищений вміст сухих речовин, контрольована кислотність, використання гумектантів і гідроколоїдів дають змогу зменшити доступність води та уповільнити структурні зміни під час зберігання [8–10]. Тому оцінка стабільності пряників з начинкою має ґрунтуватися на поєднаному аналізі складу продукту, санітарії технологічного процесу та фактичних умов обігу.

Матеріали та методика досліджень. У дослідженні використовували м'які глазуровані пряники з фруктовою вишневою начинкою виробництва ТОВ «HD Bakery & Snacks», Україна. Для дослідження можливих причин мікробіологічного псування пряників з вишневою начинкою було проаналізовано два зразки: свіжий зразок пряників (С) та зразок із перевищеним



терміном зберігання (П). Останній зберігався протягом 120 діб з дати виробництва в оригінальній упаковці за умов, що не відповідали рекомендованому режиму зберігання. Рекомендовані умови передбачали температуру (18 ± 5) °C та відносну вологість не вище 75 %. Під час експерименту зразки перебували в умовах неконтрольованих коливань температури ($0 \text{ °C} \leq T \leq 24 \text{ °C}$) та відносної вологості ($55 \% \leq RH \leq 90 \%$).

Активність води (a_w) зразків пряників визначали за допомогою приладу AquaLab 3TE. Кожне вимірювання проводили у трьох повторностях, і використовували середнє значення.

Масову частку вологи (%) визначали термогравіметричним методом при температурі висушування 102 ± 2 °C. За результат приймали середнє арифметичне двох паралельних визначень. Різниця між паралельними визначеннями не перевищувала 0,24 %.

Визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) ДСТУ 8446:2015 Продукти харчові. Методи визначення кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів.

Визначення бактерій групи кишкових паличок (коліформи) ДСТУ ISO 4832:2015 Мікробіологія харчових продуктів та кормів для тварин. Горизонтальний метод підрахування коліформ. Метод підрахування колоній (ISO 4832:2006, IDT)

Визначення плісневих грибів, дріжджів ДСТУ 8447:2015 Продукти харчові. Метод визначення дріжджів і плісневих грибів

Патогенні мікроорганізми, в т. ч. бактерії роду Сальмонела, ДСТУ EN 12824:2004 Мікробіологія харчових продуктів і кормів для тварин. Горизонтальний метод виявлення *Salmonella* (EN 12824:1997, IDT)

Результати досліджень та обговорення. Активність води обох зразків не перевищувала рівні, які вважаються критичними для мікробіологічної стабільності харчових продуктів (табл. 1).

Таблиця 1

Активність води та вміст вологи в пряниках «Вишневий сад»

Зразок	a_w	Вологість, %
Свіжий зразок	0,747	15,09
Після 120 діб зберігання	0,713	12,68

Однак це не гарантувало мікробіологічної стабільності продукту за умов порушення режимів зберігання (табл. 2).

Таблиця характеризує мікробіологічні показники продукту під час зберігання та їх відповідність чинним нормативним вимогам., а саме ДСТУ 4187:2003 Вироби кондитерські пряникові. Загальні технічні умови. Згідно з отриманими даними, кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів (МАФАНМ) на початку зберігання становила $5,0 \times 10$ КУО/г, що значно нижче встановленої норми $5,0 \times 10^3$ КУО/г. Після 120 діб зберігання цей показник зріс до $2,0 \times 10^3$ КУО/г, однак залишався в межах допустимого рівня.

Таблиця 2

Мікробіологічні показники пряників «Вишневий сад»

Показник	Норма за ДСТУ 4187:2003	0 діб	120 діб
Дріжджі, КУО/г, не більше	$5,0 \times 10^1$	0	<5
Плісняви, КУО/г, не більше	$5,0 \times 10^1$	0	0
Бактерії групи коліформних	Не дозволено в 0,1 г	Не виявлено	Не виявлено
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, КУО/г, не більше	$5,0 \times 10^3$	$5,0 \times 10^1$	$2,0 \times 10^3$
Патогенні мікроорганізми, включаючи <i>Salmonella spp.</i> , у 25 г	Не дозволено	Не виявлено	Не виявлено



Бактерії групи кишкових паличок (коліформи) у зразках продукту не були виявлені ні на початку дослідження, ні після 120 діб зберігання, що відповідає вимогам нормативної документації (відсутність у 0,1 г продукту).

Плісєневі гриби протягом усього періоду зберігання не було виявлено, що свідчить про належний санітарний стан продукту. Також встановлено відсутність патогенних мікроорганізмів, зокрема бактерій роду *Salmonella*, у 25 г продукту як на початку зберігання, так і після 120 діб. Вміст дріжджів у досліджуваному продукті на початок зберігання не виявлено. Разом із тим після 120 діб зберігання у зразку з'явилися дріжджі < 5 КУО/г. Хоча це значення не перевищує допустимого рівня, сама поява дріжджів є важливим раннім індикатором початкової мікробіологічної дестабілізації за нестабільних температурно-вологісних умов [3, 4].

У поєднанні з даними табл. 1 це свідчить, що для дослідженого виду пряників найбільш чутливим маркером ризику є саме поява осмофільних дріжджів на тлі зміни вологості та зниження a_w , тоді як відсутність плісняв вказує на належний санітарний стан виробництва. Отже, практично важливо контролювати не лише кінцеву відповідність нормативам, а й динаміку показників у процесі зберігання.

Стратегії забезпечення мікробіологічної стабільності. З технологічної точки зору отримані результати підтверджують доцільність комплексного підходу до забезпечення стабільності пряників з начинкою. Насамперед доцільно проектувати начинку з контрольованими a_w , кислотністю та часткою розчинних сухих речовин; використовувати рецептурні компоненти, що зменшують втрати вологи та уповільнюють текстурні зміни в коржі; мінімізувати контамінацію після випікання у зонах охолодження та пакування; добирати пакувальні матеріали з урахуванням сорбційної поведінки виробу [5, 8–11]. Для виробничого контролю найбільш інформативним є сумісний моніторинг a_w , вологості та дріжджів у динаміці зберігання.

У таблиці 3 наведені узагальнені стратегії контролю пряників з начинкою, розроблені на підставі аналізу відомих досліджень

Висновки: 1. Для пряників з начинкою найважливішими чинниками мікробіологічної нестабільності є міграція вологи у системі «корж–начинка», контамінація після випікання та порушення температурно-вологісного режиму зберігання.

Таблиця 3

Узагальнення стратегій контролю псування пряників з начинкою

Стратегія	Основний механізм	Практичне рішення	Джерела
Зниження/ зв'язування води	Обмежує ріст грибів і сповільнює міграцію вологи	Фруктові начинки з високим вмістом сухих речовин (~65 % сухих речовин); гумектанти (гліцерин ≤ 5 %); гідроколоїди	[6, 12, 13]
Кислотність начинки	Пригнічує бактерії й частину грибів; підвищує ефективність консервантів	Цільове рН ~3,3–3,5 для фруктових начинок;	[8,13]
Цільові консерванти	Безпосереднє інгібування плісняв/дріжджів	Калію сорбат / натрію пропіонат; можливі комбінації з хітозаном	[8]
Гігієна та зонування	Зменшує спороносне навантаження та перехресну контамінацію після випікання	Очищення повітря у зоні охолодження; санітарія конвеєрів і пакування; мінімізація відкритого охолодження сиропів/розчинів	[5,8]
Бар'єрне/активне пакування й покриття	Контроль O_2 та вологи; можливе вивільнення антимікробних агентів	Плівки з вибірковою проникністю; їстівні покриття	[6, 10, 14]
Нетермічна поверхнева деконтамінація	Знижує початкове мікробне навантаження	УФ-С тунель перед пакуванням; САР-обробка виробу/пакування	[15, 16]
Опромінення (у пакуванні)	Глибоке знезараження; дуже довгий термін зберігання	Гамма-опромінення для спеціальних продуктів	[17]



2. Після 120 діб зберігання a_w знижувалася в усіх досліджених зонах виробу, а вологість зменшувалася з 15,09 до 12,68 %, що підтверджує перерозподіл і втрату вологи під час зберігання.

3. Попри відсутність коліформ, *Salmonella* spp. і плісняв, після 120 діб було виявлено дріжджі <5 КУО/г, що свідчить про початкову стадію мікробіологічної дестабілізації за порушення умов зберігання.

4. Перспективою подальших досліджень є локальний моніторинг a_w на межі «корж–начинка» у динаміці зберігання та узгодження рецептури й пакування з фактичними умовами обігу продукту.

Список використаних джерел

1. Machado, T., Pacheco, M., De Cássia Ramos Do Egypto Queiroga, R., Cavalcante, L., Bezerril, F., Ormenese, R., Garcia, A., Nabeshima, E., Pintado, M., & De Oliveira, M. Nutritional, physicochemical and sensorial acceptance of functional cookies enriched with xiquexique (*Pilosocereus gounellei*) flour. *PLoS ONE*. 2021. 16. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255287>
2. Tulbure, A., Ognean, M., Ognean, C., & Danciu, I. Sorption Properties of Some Romanian Gingerbread. *Acta Universitatis Cibiniensis. Series E: Food Technology*. 2014. 18, 25 –32. DOI: <https://doi.org/10.2478/auaft-2014-0003>
3. Noshirvani, N., & Abolghasemi Fakhri, L.. Advances in extending the microbial shelf-life of bread and bakery products using different technologies: A Review. *Food Reviews International*. 2025. 41(1), 87–112. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2024.2386029>
4. De Carvalho, T., Silva, B., Tomé, E., & Teixeira, P. Preventing Fungal Spoilage from Raw Materials to Final Product: Innovative Preservation Techniques for Fruit Fillings. *Foods*. 2024. 13. <https://doi.org/10.3390/foods13172669>
5. Vytrasová J., Pribánová P., Marvanová L. Occurrence of xerophilic fungi in bakery gingerbread production. *International Journal of Food Microbiology*. 2002. 72., 91–96. DOI: 10.1016/S0168-1605(01)00626-2
6. Cervenka L., Řezková S., Kralovský J. Moisture adsorption characteristics of gingerbread, a traditional bakery product in Pardubice, Czech Republic. *Journal of Food Engineering*. 2008. 84, 4. 601–607. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2007.06.014
7. Zardetto S., Dal Martello V., Pasini F. A model for moisture migration of packaged fresh-filled pasta during storage. *Food Research International*. 2025. 201. Article 116134. DOI: 10.1016/j.foodres.2025.116134
8. Rahman, M. N., Islam, M., Hasan, M. R., Alim, M. A., Begum, R., Li, S., Samapundo, S., Eeckhout, M., & Devlieghere, F. Evaluation of gingerbread spoilage factors: Study of fungal causative agents and tracing of their environmental sources. *Applied Research*. 2025. 4(5), Article e70039. <https://doi.org/10.1002/appl.70039>
9. Iorgachova, K., Makarova, O., & Khvostenko, K. (2014). Stabilisation Of Gummy Gingerbread Quality During Storage. *Eastern-European Journal of enterprise technologies*, 2(12). *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2014. 2(12(68)), 4–9. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2014.23775>
10. Shulga, O., Chorna, A., & Kobylinskyi, S. Differential scanning calorimetry research of biodegradable films for confectionery and bakery products. *Chemistry & Chemical Technology*. 2017. 11(4), 492–496. <https://doi.org/10.23939/chcht11.04.49211>
11. Kovalchuk, K., Bodak, M., Katruk, M., Gyrka, O., Tkachenko, A., Guba, L., Havrylyshyn, V. Influence of raw materials on the change of crystal structure of gingerbread in the storage process. *Technology Audit and Production Reserves*. 2020. 1 (3 (51)), 53–57. <http://doi.org/10.15587/2312-8372.2>
12. Miquelim, J. N., Alcântara, M. R., & Lannes, S. C. S. Stability of fruit bases and chocolate fillings. *Food Science and Technology (Campinas)*. 2011. 31(1), 270–276. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612011000100041>
13. Слащева, А. В., Боднарук, О. А., Закусило, Т. І., & Деньгуб, А. Д. Technology of thermo-resistant filling with bioprotective action for confectionery products. *Обладнання та технології харчових виробництв*. 2024. 49(2), 5–12. <https://doi.org/10.33274/2079-4827-2024-49-2-5-12>
14. Lee, K.-Y., & Robertson, G. L. Shelf-life estimation of packaged dried foods as affected by choice of moisture sorption isotherm models. *Food and Bioproducts Processing*. 2022. 132, 270–281. <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2022.02.005>



15. Romano, R., Sannino, M., De Lorenzo, A., Masi, P., & Romano, P. Effect of UV-C treatment on shelf life of soft wheat bread (bun). *Foods*. 2024. 13(6), 949. <https://doi.org/10.3390/foods13060949>
16. Starek-Wójcicka, A., Sagan, A., Terebun, P., Kwiatkowski, M., & Pawlat, J. Pilot study on the use of cold atmospheric plasma for preservation of bread. *Scientific Reports*. 2022. 12, 22003. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26701-1>
17. Yusof, S. C. M., Mohamad, A., Nasir, M. H. A., George, C., & Wahab, A. A. Determination of the microbiological quality and acceptance of selected irradiated perishable food products during storage. *International Journal of Innovation and Industrial Revolution*. 2024. 6(19), 140–151. <https://doi.org/10.35631/IJIREV.619011>

Дата першого надходження статті до видання: 11.03.2026
Дата прийняття статті до друку після рецензування: 30.03.2026
Дата публікації (оприлюднення) статті: 18.05.2026
Стаття поширюється на умовах ліцензії відкритого доступу (CC BY 4.0)



S. Smirnov, O. Priss
Dmytro Motornyi Tavria State Agrotechnological University

MICROBIOLOGICAL STABILITY OF GINGERBREAD PRODUCTS WITH FILLING DURING STORAGE

Summary

The microbiological stability of filled gingerbread is determined not only by the average water activity value but primarily by the combination of local moisture migration, post-baking contamination, and storage conditions. The aim of the study was to determine the influence of moisture migration and water activity in individual layers of filled gingerbread on their microbiological stability during storage. Water activity was measured in the filling, in the layer adjacent to the filling, and in the cake layer, as well as moisture content and microbiological indicators in the fresh product and after 120 days of storage under non-regulated temperature and humidity conditions. During the specified storage period, a decrease in a_w in all zones of the product and a reduction in moisture content from 15.09 % to 12.68 % were observed. After 120 days, yeasts <5 CFU/g were detected in the absence of molds and coliforms, indicating initial microbiological destabilization. Practical control should be based on monitoring of a_w , moisture content, yeast counts, and sanitary-hygienic measures.

Keywords: filled gingerbread; water activity; moisture migration; osmophilic yeasts; microbiological stability; shelf life.