

Р. С. Тарас, Ю. Т. Киричук, В. Я. Самарик, Ю. В. Черкас

Національний університет "Львівська політехніка",

кафедра органічної хімії

roman.s.taras@lpnu.ua

ВИЗНАЧЕННЯ ВПЛИВУ МІНІМАЛЬНО ЕФЕКТИВНОЇ КОНЦЕНТРАЦІЇ ІНКАПСУЛЬОВАНОЇ СОРБІНОВОЇ КИСЛОТИ НА ТЕРМІН ПРИДАТНОСТІ ХЛІБА

<https://doi.org/10.23939/ctas2025.01.153>

Розглянуто переваги та недоліки використання сучасних консервантів у хлібопекарській галузі, зокрема для виготовлення хліба. Досліджено вплив використання товарної інкапсульованої сорбінової кислоти на технологічний процес. Проведено визначення мікробіологічного терміну придатності хліба з використанням промислових взірців інкапсульованої сорбінової кислоти порівняно з взірцями без консерванту. Встановлено мікробіологічний термін придатності хліба з використанням інкапсульованої сорбінової кислоти при мінімально ефективній концентрації.

Ключові слова: інкапсульована сорбінова кислота, харчові консерванти, харчові добавки.

Вступ

Основними консервантами, які широко використовують у хлібопекарській галузі, є пропіонова, сорбінова та оцтова кислоти, а також їхні натрієві та кальцієві солі. Використання ж солей цих кислот є більш поширеним у зв'язку з легкістю їх зберігання та дозування в сухій гранульованій формі. Проте не всі з вище перелічених консервантів безпосередньо підходять для виготовлення хліба, зокрема, використання сорбінової кислоти для хлібопечення в чистому вигляді є обмеженим низькою розчинністю сорбінової кислоти у воді, яка становить 0,15 % при 20 °C, та сильним пригніченням хлібопекарських дріжджів на стадії вистоявання тіста та відповідно втрати об'єму готового випеченого виробу. Попри вище перелічені недоліки безпосереднього використання сорбінової кислоти, вона демонструє значно ефективніше пригнічення плісневих колоній та мезофільних аеробних та факультативно анаеробних мікроорганізмів (МАФАМ) порівняно з пропіоновою кислотою та пропіонатами [1, 2], а відповідно і збільшення мікробіологічного терміну придатності готового виробу. Під мікробіологічним терміном придатності готового виробу мають на увазі такий період часу, впродовж якого продукт залишається безпечним, перш ніж ріст мікроорганізмів у ньому спричинить псування або становитиме небезпеку

для здоров'я людини. Використання сорбінової кислоти як консерванта для хлібопекарської галузі реалізується при введенні її в заміс у інкапсульованому вигляді [3]. На сьогодні є чимало технологій, які дозволяють одержати інкапсульовані консерванти, зокрема і сорбінову кислоту. До таких технологій належать сушіння в псевдозрідженому шарі, розпилювальне сушіння, інкапсуляція в ліпосоми та міцели [4]. Кожна з перелічених технологій володіє низкою переваг та недоліків, зокрема, різним відсотком сорбінової кислоти в готовій товарній формі, товщиною оболонки, температурним інтервалом розкриття оболонки. Найбільш поширеним комерційним варіантом інкапсульованої сорбінової кислоти на ринку є сорбінова кислота, яку інкапсульовано в оболонку з гідрогенізованої ріпакової олії.

Отже, метою цієї роботи, є дослідження впливу мінімально ефективної концентрації товарної інкапсульованої сорбінової кислоти для пригнічення мікрофлори хліба у процесі його зберігання.

Матеріали та методи досліджень

Для цього дослідження було використано два промислових взірці інкапсульованої сорбінової кислоти, а саме: Modernist pantry Encapsulated sorbic acid (US), далі по тексту ESA-US та D&G Ingredients Sorbic YTSA85 (CN), ESA-CN

відповідно. Вміст сорбінової кислоти у взірці Modernist Pantry становить 82 %, а у взірці Y TSA85 – 85 %. Дозування товарних форм інкапсульованих консервантів проводили в перерахунку на 100 % сорбінову кислоту відносно кількості борошна, взятого для замішування тіста. Усі пробні випікан-

ня проводили з використанням хлібопічки Moulinex 573807, програма 8, “Хліб швидкого випікання”, з метою найкращого відтворення параметрів замісу. Рецептuru хліба наведено в табл. 1. Також варто зазначити, що в цьому режимі випікання використовували воду з температурою $35 \div 40$ °С.

Таблиця 1

Рецептура хліба швидкого випікання

№ з/п	Назва сировини	Наважка, г
1	Борошно	565
2	Вода ($t = 35 \div 40$ °С)	360
3	Олія	21
4	Цукор	19
5	Сухе молоко	12
6	Сіль	9
7	Сухі дріжджі	9

Інкапсульовану сорбінову кислоту додавали безпосередньо в борошно без попереднього диспергування у воді, в кількостях 0,01, 0,051 та 0,1 % відносно борошна, яке було взято для замішування тіста. Окремо готували взірець без консерванту. Усі тестові взірці випікали в межах однакової програми випікання. Після випікання взірці хліба остигали впродовж 2 год. Перед пакуванням зразки випеченого хліба фотографували для визначення об'єму методом фотограмметрії. Після фотографування взірці було запаковано в перфоровані пакети з поліпропілену, в яких вони зберігались впродовж усього періоду досліджень. Об'єм випеченого хліба розраховували в програмному середовищі RealityCapture v1.5 та оцінювали відносно взірця без консерванту. Розрахунок об'єму випечених виробів проводили з використанням внутрішньої прив'язки до розмірів форми, в якій випікали хліб.

Мікробіологічні дослідження, а саме визначення кількості плісневих колоній та загальної кількості МАФAM, проводили відповідно до державних стандартів України [5, 6]. Окрім цього, візуально фіксували момент появи плісневих колоній на поверхні виробу з моменту випікання.

Результати досліджень та їх обговорення

На рис. 1, зображено 3D модель хліба, побудовану на основі фотографій хліба, зроблених під різними кутами, а також проведено визначення об'ємів усіх пробних взірців, які випікали в межах

цієї роботи. Варто зазначити, що найоптимальніше, на нашу думку, ця програма працює при робці від 190 фотографій і більше. Об'єми хлібів, які розраховували в програмі, наведено в табл. 2. Як можна побачити з табл. 2, об'єм випеченого хліба практично не залежить від кількості внесеного консерванту на заміс. Колювання об'єму в межах 5 % відносно взірця без консерванту вважається несуттєвим.

Таке спостереження ще раз підтверджує доцільність використання інкапсульованих консервантів для унеможливлення впливу інкапсульованої сорбінової кислоти на підйомну силу дріжджів та втрату об'єму готового виробу. Окрім того, виглядає доцільним зменшення кількості сухих дріжджів при використанні інкапсульованих консервантів, оскільки кількість дріжджів завжди береться з невеликим надлишком, враховуючи той факт, що вони пригнічуються консервантами.

Значення кількості МАФAM, які одержані з взірців хліба з різним вмістом інкапсульованої сорбінової кислоти та без неї, наведені в табл. 3.

На рис. 2 наведено динаміку росту МАФAM в логарифмічних координатах упродовж терміну зберігання залежно від кількості сорбінової кислоти, внесеної з консервантом. Як можна побачити з цього рисунка, концентрація сорбінової кислоти на рівні 0,01 %, взірець ESA-US та 0,1 %, взірець ESA-CN не забезпечує пригнічення МАФAM, і відповідно ріст мікрофлори відбувається аналогічно, як у взірця без консерванту.

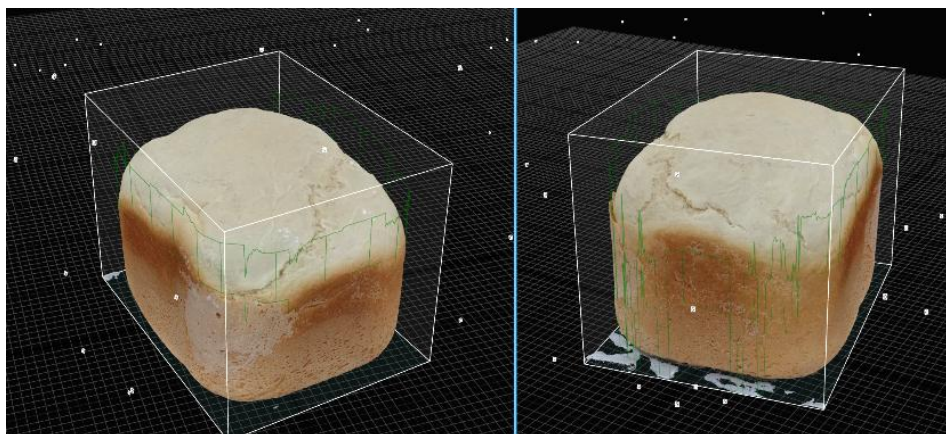


Рис. 1. Побудова 3D моделі випеченого хліба в середовищі Reality Capture для розрахунку об'єму

Таблиця 2

Залежність об'єму хліба від кількості інкапсульованої сорбінової кислоти

№ з/п	Маркування консерванту	% сорбінової кислоти, внесеної в заміс в перерахунку на чисту речовину	Об'єм виробу, см ³
1	Без консерванту	0	2491
2	ESA-CN	0,100	2389
3	ESA-US	0,100	2614
4		0,051	2536
5		0,010	2535

Таблиця 3

Значення кількості МАФАМ, одержані на основі мікробіологічних досліджень

День зберігання	МАФАМ, КУО/г				
	Без консерванту	0,1% ESA-CN	0,1% ESA-US	0,051% ESA-US	0,01% ESA-US
1-й	$7,00 \cdot 10^0$	$8,0 \cdot 10^0$	$5,00 \cdot 10^0$	$1,00 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^1$
2-й	$7,00 \cdot 10^0$	$7,0 \cdot 10^0$	$6,00 \cdot 10^0$	$1,00 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^1$
3-й	$7,00 \cdot 10^0$	$6,0 \cdot 10^0$	$7,00 \cdot 10^0$	$2,00 \cdot 10^1$	$1,00 \cdot 10^2$
4-й	$2,07 \cdot 10^2$	$3,50 \cdot 10^2$	$1,00 \cdot 10^1$	$3,00 \cdot 10^1$	$5,30 \cdot 10^2$
5-й	$2,45 \cdot 10^3$	$2,70 \cdot 10^3$	$1,40 \cdot 10^3$	$2,58 \cdot 10^3$	$4,70 \cdot 10^3$
6-й	$1,99 \cdot 10^5$	$5,35 \cdot 10^4$	$1,24 \cdot 10^4$	$8,58 \cdot 10^3$	$2,50 \cdot 10^4$

Таблиця 4

Значення кількості плісневих колоній згідно з результатами мікробіологічних досліджень

День зберігання	плісень, КУО/г				
	Без консерванту	0,1 % ESA-CN	0,1 % ESA-US	0,051 % ESA-US	0,01 % ESA-US
1-й	0	0	0	1	0
2-й	3	2	0	0	5
3-й	8	0	1	0	4
4-й	13	3	0	0	0
5-й	310	6	5	10	27
6-й	723	186	22	46	210

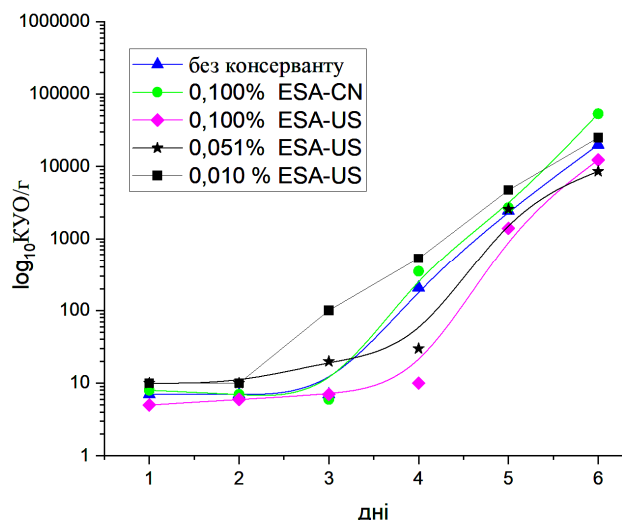


Рис. 2. Динаміка росту МАФМ залежно від кількості інкапсульованої сорбінової кислоти

Концентрація сорбінової кислоти на рівні 0,051 % та 0,1 %, взірці ESA-US, забезпечує пригнічення МАФМ впродовж чотирьох днів, що можна розглядати як потенційно можливий варіант до застосовування консерванту в таких концентраціях, для реалізації продукції у свіжому форматі.

Не менш цікавою є динаміка нагромадження плісневих грибів у взірцях з інкапсульованою сорбіновою кислотою. Значення кількості плісневих колоній, які одержані з взірців хліба з різним вмістом інкапсульованої сорбінової кислоти та без неї, наведені в табл. 4.

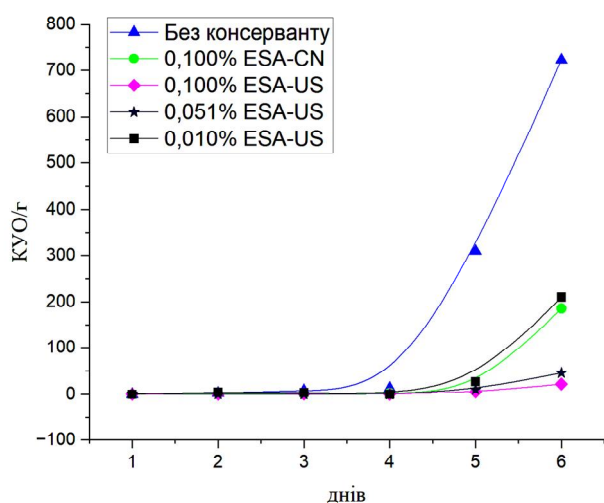


Рис. 3. Динаміка росту плісневих грибів залежно від кількості внесеної інкапсульованої сорбінової кислоти

Так на рис. 3 показано динаміку росту плісневих колоній на взірцях хліба, випеченого з різним відсотковим вмістом інкапсульованої сорбінової кислоти. Як можна побачити з цього рисунка, застосування інкапсульованої сорбінової кислоти в досліджуваних концентраціях забезпечує пригнічення росту плісневих колоній впродовж п'яти днів, практично на рівні їх стартового значення (1-й день досліджень). Взірець хліба, який випікався без консерванту на 5-й день досліджень характеризується вже значним ростом плісневих колоній на рівні 310 КУО/г. На 7-й день досліджень на всіх тестових взірцях спостерігається суцільний ріст, що унеможливує подальші дослідження.

Висновки

У цій роботі досліджено вплив мінімально ефективних концентрацій інкапсульованої сорбінової кислоти як альтернативи класичним консервантам у хлібопекарській галузі. Показано, що інкапсульована сорбінова кислота не пригнічує сухі хлібопекарські дріжджі, забезпечуючи збереження об'єму виробів на рівні контрольного взірця без консерванту. Потенційно можливим також виглядає зменшення кількості дозування сухих дріжджів при використанні інкапсульованої сорбінової кислоти.

На основі мікробіологічних досліджень встановлено, що застосування інкапсульованого консерванту ESA-US в дозуванні 0,1 % забезпечує найбільш ефективне пригнічення сторонньої мікрофлори хліба та його можна використовувати як заміну класичним консервантам (проріонат кальцію, бензоат натрію) для реалізації продукції в свіжому форматі, забезпечуючи при цьому мікробіологічний термін придатності на рівні 4–5 днів.

References

1. Debonne, E., Giannotti, G., Verbeke, S., Eechout, M., Devlieghre, F. (2023). Growth/no-growth models of propionic and sorbic acid for bread and cake mould's. *Food control Vol. 152*, 109872. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109872>.
2. Suhr, K. I., Nielsen, P. V. (2004). Effect of weak acid preservatives on growth of bakery product spoilage fungi at different water activities and pH values. *International Journal of food microbiology*, 95(2004), 67–78. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2004.02.004>.

3. Oliveira, C. M., Gomes, B. O., Batista, F. P. (2021). Development of sorbic acid microcapsules and application in starch-poly (butylene adipate co-terephthalate) films. *Food Processing and Preservation*. Vol. 45, No. 5(2021). <https://doi.org/10.1111/jfpp.15459>.

4. Timilsena, Y. P., Haque, M. A., Adhikari, B. (2020). Encapsulation in the food industry: A brief historical overview to recent developments. *Food and nut-*

rition science, 11(2020), 481–508. <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=100952>.

5. DSTU 8446:2015. Produkty kharchovi. Metody vyznachennya kil'kosti mezofil'nykh aerobnykh ta fakul'tatyvno – anaerobnykh mikroorhanizmiv. [Chynnyy vid 2017-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2015.

6. DSTU 8447:2015. Produkty kharchovi. Metody vyznachennya drizhdzhiv i plisenevykh hrybiv. [Chynnyy vid 2017-07-01]. Vyd. ofits. Kyiv, 2015.

R. S. Taras, Y. T. Kyrychuk, V. Ya. Samaryk, Y. V. Cherkas

Lviv Polytechnic National University,
Department of Organic Chemistry

DETERMINATION OF MINIMUM – EFFECTIVE CONCENTRATION IMPACT OF ENCAPSULATED SORBIC ACID ON THE SHELF LIFE OF BREAD

Considered advantages and disadvantages of using novel food preservatives in food technology, particularly in bread making. Investigated influence of using market encapsulated sorbic acid onto technological process. Carried of determination of shelf life of the baked bread with encapsulated sorbic acid, in which hydrogenated rapeseed oil was used as shell material for encapsulation. Bread shelf life were determined with using of minimum – effective concentration of encapsulated sorbic acid.

Keywords: encapsulated sorbic acid, food preservatives, food additives, bread shelf life.