

## RESEARCH OF PROBIOTIC COATING FOR FOOD PRODUCTS

K. Pokoiovets, N. Hrehirchak

National University of Food Technologies

---

**Key words:**

*Bakery products*  
*Edible coatings*  
*Lactic acid bacteria*

**Article history:**

Received 06.03.2019  
Received in revised form  
27.03.2019  
Accepted 08.04.2019

**Corresponding author:**

K. Pokoiovets  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

**ABSTRACT**

The work is devoted to the study of the survival of lactic acid bacteria in fermentation, in edible coatings of various formulations for bakery products.

It is noted that the biggest problem in storage of bread is its microbiological damage, namely, drawing and mildew. The main cause of vitiation is the development of microorganisms. They can get into bread at any stage of the technological process — in the course of production at the stages of packaging, storage or sale, and lead to deterioration of its quality. When they fall into bread, growth and development of microorganisms depend on many factors: their type and quantity; the bread itself and the raw material from which it is made; the presence of a favorable medium (water, temperature, pH level, the presence of oxygen, etc.) and other factors. The development of microorganisms can be prevented or slowed down by monitoring the conditions of production and storage, the use of antibiotics, preservatives, bacteriocins of plant origin. One of the options to prevent the emergence and development of unfavorable microflora on the surface of the bread is the use of biodegradable packaging. The use of such packaging as edible coatings, which, being further enriched with active substances with antibacterial and anti-fungal properties, will ensure the microbiological stability of the baking products.

It is recognized that in the coating on the basis of sodium alginate, whey protein, glycerol and probiotic leaven “Yogurt with acidophile rod Iprovit”, which includes the following microorganisms: *Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, the best survival of microorganisms ( $5,7 \cdot 10^7$  CFU/g for 86 hours of storage) is observed among the samples under study.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБІОТИЧНОГО ПОКРИТТЯ ДЛЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

К.Ю. Покойовець, Н.М. Грегірчак

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено виживання молочнокислих бактерій заквасок у їстівних покриттях різного складу для хлібобулочних виробів.

Відзначено, що найбільша проблема при зберіганні хліба — це його мікробіологічне псування, а саме: черствіння та пліснявіння. Основна причина псування — розвиток мікроорганізмів. Вони можуть потрапити в хліб на будь-якій стадії технологічного процесу — в ході виробництва (руки, одяг персоналу та повітря виробничого приміщення), на стадіях упаковки, зберігання або реалізації, і призвести до погіршення його якості. Зростання і розвиток мікроорганізмів у хлібі залежать від багатьох чинників: їх виду та кількості; самого хліба і сировини, з якого він зроблений; наявності сприятливого середовища (води, температури, рівня рН, наявності кисню тощо) та інших факторів. Розвитку мікроорганізмів можна запобігти або уповільнити його шляхом контролю умов виробництва і зберігання, застосування антибіотиків, консервантів, бактеріоцинів рослинного походження. Одним із варіантів запобігання появи і розвитку несприятливої мікрофлори на поверхні хліба є використання біодеградабельної упаковки. Використання такого пакування, як їстівне покриття, яке, будучи додатково збагаченим активними речовинами з антибактеріальною і протигрибковою властивостями, дасть змогу забезпечити мікробіологічну стабільність хлібопекарських виробів.

Відзначено, що у покритті на основі альгілату натрію, молочної сироватки, гліцерину та пробіотичної закваски «Йогурт с ацидофільною паличкою іпровіт», до складу якої входять такі мікроорганізми: *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, спостерігається найкраще виживання мікроорганізмів ( $5,7 \cdot 10^7$  КУО/г на 86 год зберігання) серед досліджуваних зразків.

**Ключові слова:** хлібобулочні вироби, їстівні покриття, молочнокислі бактерії.

**Постановка проблеми.** В сучасному світі хліб без упаковки не відповідає вимогам покупців як за гігієнічними, так і за естетичними показниками. Тому важливим аспектом захисту хлібобулочних продуктів є упаковка. При виборі матеріалу упаковки слід урахувувати безліч факторів, але особливо важливим є його функціональність [1].

Сьогодні як упаковку використовують найрізноманітніші матеріали: папір, картон, целофан, полімерні і комбіновані матеріали тощо. Полімерні пакування — лідери на ринку, проте вони мають два суттєвих недоліки: по-перше, полімерні пакувальні вироби виготовляються з невідновлювальних природних ресурсів (нафти, вугілля, газу тощо); по-друге, довговічність пластику, яка до недавнього часу вважалася головною перевагою, сьогодні є істотним

недоліком. Утилізація полімерних пакувальних матеріалів критично погіршує екологічний стан довкілля [2].

Проблему можна вирішити завдяки використанню біополімерів для виробництва біорозкладаючої упаковки, яка забезпечить мікробіологічну стабільність хлібопекарського виробу та зупинить розвиток плісняви на поверхні виробів. З точки зору маркетингу використання біодеградабельних пакувальних матеріалів є досить привабливим. Оскільки сьогодні населення добре поінформоване про проблеми стану навколишнього середовища, багато споживачів позитивно налаштовані на біодеградабельні упаковки, що виготовляються з біоматеріалів.

Їстівні плівки серед різних типів біодеградабельних пакування є об'єктом нового напрямку досліджень і привертають увагу не тільки вчених і виробників, а й споживачів. Цей вид біодегратованих плівок має альтернативний природному механізм біорозкладання — під дією внутрішньоклітинних і неклітинних ферментів (ендо- і екзоензимів), що містяться в шлунку і кишківнику людини, полімерний матеріал піддається хімічним реакціям, результатом яких, в основному, є окиснення і гідроліз.

У харчовій промисловості особлива увага приділяється створенню принципово нових пакувальних матеріалів, нетоксичних, здатних забезпечити ефективний захист продукту від мікробних забруднень, впливу кисню повітря, запобігти усиханню продукту в період виготовлення і зберігання [3]. Їстівні покриття сьогодні являють собою тонкошарову структуру біополімерної композиції, яка наноситься на поверхню харчових продуктів шляхом занурення, розпилення або намазування і може споживатися разом з ним [4]. Їстівні покриття використовують також як ефективні носії біологічно активних речовин (вітамінів, антиоксидантів і пробіотиків) для харчових продуктів [5; 6].

Так, наприклад, включення антиоксидантів до складу харчових плівок збільшує строк придатності продукту, захищаючи його від окиснення і зміни кольору [4; 7]. Природні антиоксиданти, такі як лимонна та аскорбінова кислоти, були включені в їстівні покриття на основі метилцелюлози для контролювання киснепроникності і зменшення втрати вітаміну С в абрикосах під час зберігання. Встановлено, що покриття на основі карагінану або сироваткового протеїну з додаванням аскорбінової або лимонної кислоти ефективно підтримують колір яблука і продовжують строк зберігання [8]. Досліджено, що бананові скибочки, покриті хлоридом кальцію, аскорбіновою кислотою і цистеїном, запобігають втраті маси продукту. Наявність у плівках на основі хітозану Са, Zn, вітаміну Е забезпечує збереження свіжості фруктів і овочів [9]. Доведено, що додавання Са і вітаміну Е в їстівне покриття поліпшує поживну цінність моркви, свіжої та замороженої полуниці, малини. Розроблені їстівні харчові плівки на основі концентрованих ягідних соків (чорної і червоної смородини) збагачують продукт мінеральними речовинами і вітамінами А, С і групи В.

Цікавим є використання пробіотиків, живих мікроорганізмів, які в результаті їх щоденного споживання ( $10^6$ — $10^9$  КУО) справляють позитивний вплив на здоров'я людини. Так, у їстівні покриття на основі альгінату для свіжих фруктів додавали *Bifidobacterium lactis Bb-12* [7], *Lactobacillus sakei* вводили в

покриття з натрію казеїнату для контролю лістерій у культуральному середовищі і в свіжій яловичині [8].

Оброблення під час виробництва харчових продуктів може призвести до значних втрат життєздатності пробіотиків через нагрівання, механічні uszkodження або осмотичний стрес, викликаний uszkodженням клітини [9].

На жаль, висока температура під час виробництва хлібобулочних виробів призводить до значних втрат пробіотичних молочнокислих культур, якщо вносити їх до складу продукту. Одним із способів розв'язання цієї проблеми є нанесення їстівних покриттів, що містять пробіотичні мікроорганізми, на поверхню продукту.

**Метою статті** є дослідження виживання мікроорганізмів, які входять до складу пробіотичних заквасок у складі різних їстівних покриттів при зберіганні.

**Матеріали і методи.** Досліджували виживання молочнокислих бактерій з пробіотичними властивостями у різних видах їстівних покриттів (табл. 1).

*Таблиця 1. Склад їстівних покриттів*

№ п/п	Плівкоутворюючі компоненти	Пробіотична закваска	Мікроорганізми, що входять до складу закваски
1	Альгінат натрію, молочна сироватка (суха), гліцерин	Йогурт з ацидофільною паличкою Іпровіт	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
2	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, гліцерин	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	<i>Streptococcus salivarius subsp. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i>
3	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин	Симбілакт Vivo	<i>Acetobacter aceti</i> , <i>Bifidobacterium bifidum</i> , <i>Bifidobacterium adolescentis</i> , <i>Bifidobacterium longum</i> , <i>Bifidobacterium animalis</i> , <i>Lactobacillus acidophilus</i> , <i>Lactococcus lactis subsp. cremoris</i> , <i>Propionibacterium freudenreichii</i>
4	Модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин	Стрептосан Іпровіт	<i>Enterococcus faecium ma</i> <i>Streptococcus salivarius subsp. thermophiles</i>

Для виготовлення *покриття № 1* використовували пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт», альгінат натрію, молочну сироватку (суху), як пластифікатор використовували гліцерин.

Їстівне покриття отримували шляхом змішування альгінату натрію, молочної сироватки, води та гліцерину з подальшим нагріванням суміші при 80—85°C протягом 25 хв для того, щоб забезпечити повне розчинення та гідратацію. Потім розчин охолоджували до 30°C та додавали пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт», яку попередньо розчиняли протягом 1—1,5 год в 10 мл прокип'яченого та охолодженого до 25°C молока.

*Покриття № 2* отримували в результаті змішування таких компонентів: модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, як пластифікатор використовували гліцерин (99%) та додавали пробіотичну закваску «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт». Суміш крохмалю, води, желатину та гліцерину нагрівали при 80—85°C протягом 30 хв, потім охолоджували та додавали пробіотик (за схемою, яка описана при приготування покриття № 1).

До складу *покриття № 3* входить пробіотична закваска «Симбілакт Vivo» (виробник ООО «ВИВО-АКТИВ, Україна). Також додавали модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин і гліцерин (99%). Покриття отримували за схемою, описаною при приготуванні покриття № 2.

Для виготовлення *покриття № 4* використовували модифікований крохмаль з високоамілозних сортів кукурудзи, желатин, гліцерин (99%) і пробіотичну закваску «Стрептосан Іпровіт».

Для дослідження впливу їстівного покриття на якість хлібобулочних виробів була використана рецептура і технологія хліба «Матнакаш» за ГОСТ 27842-88 «Хліб з пшеничного борошна». Готові покриття виливали на тефлонову поверхню та зберігали при кімнатній температурі. 2 г покриття змішували з 18 мл фосфатно-буферного розчину (рН = 7) і перемішували протягом 1 год за допомогою магнітної мішалки для забезпечення достатнього розчинення покриття.

Кількість молочнокислих бактерій визначали висівом на середовище MRS. Культивування проводили за температури 37°C протягом 5 діб. Посів здійснювали через 3 год після приготування плівки, 48 год, 86 год зберігання [9; 10].

**Результати і обговорення.** Їстівні покриття сьогодні є перспективним напрямом у технології пакування, адже такі покриття дають змогу знизити втрати і забезпечити якість та безпеку харчових продуктів у процесі транспортування, зберігання і реалізації. Вчені звертають увагу на створення захисних покриттів, які не тільки подовжують терміни зберігання, а й збагачують продукт біологічно активними речовинами. Проте вивчення їстівних покриттів мікробіологічні показники практично не проводилося. Як правило, перевіряли тільки фізико-хімічні та органолептичні показники [11].

Тому ми перевіряли виживання молочнокислих бактерій, які входили до складу пробіотичних заквасок у різних покриттях (табл. 2).

Таблиця 2. Виживання молочнокислих бактерій у покриттях при зберіганні

Зразок покриття	Закваска	Кількість молочнокислих бактерій*, КУО/г		
		3 год	48 год	86 год
1	2	3	4	5
Контроль (покриття без закваски)	—	<10	<10	<10
№ 1 — на основі альгінату натрію та молочної сироватки	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	$7,5 \cdot 10^8$	$4,1 \cdot 10^8$	$5,7 \cdot 10^7$

1	2	3	4	5
№ 2 — на основі крохмалю та желатину	Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт	$6 \cdot 10^8$	$1,2 \cdot 10^6$	$2,3 \cdot 10^5$
№ 3 — на основі крохмалю та желатину	Симбілакт Vivo	$3,1 \cdot 10^6$	$4,7 \cdot 10^5$	$1,3 \cdot 10^4$
№ 4 — на основі крохмалю та желатину	Стрептосан Іпровіт	$4,9 \cdot 10^7$	$6,8 \cdot 10^6$	$2,1 \cdot 10^5$

**Примітка.** \* Стат. рівень значимості  $p \leq 0,05$ . Дослід проводили в двох повторностях і розраховувати середнє значення.

Початкова кількість мікроорганізмів у заквасках складає  $1 \cdot 10^9$  КУО/г. Аналіз свіжоприготовлених покриттів показав, що найкраще виживання молочнокислих бактерій спостерігається як у покритті з альгінатом натрію, так і в покритті на основі крохмалю з комбінацією культур *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*.

Через 48 год зберігання кількість клітин у покриттях зменшується на порядок, на відміну від покриття № 1, де їх кількість залишається на майже такому самому рівні.

Відмічено, що і через 86 год зберігання найвищий ступінь виживання молочнокислих бактерій також спостерігається у покритті на основі альгінату натрію. Кількість мікроорганізмів зменшилася всього на два порядки, якщо порівняти з початковою кількістю бактерій у сухій заквасці, тоді як в інших зразках їх кількість зменшилася на 4—5 порядків.

За результатами дослідження відмічено, що найнижчий рівень виживання молочнокислих бактерій у покриттях № 3 та № 4. Такі результати можна пояснити тим, що до складу пробіотичних заквасок, які додавали до розчину покриття, в основному входили біфідобактерії, які є строгими анаеробами, а отже, погано виживали у покритті. За результатами мікроскопіювання на 86 год зберігання їх зовсім не було виявлено. Тому пробіотичні закваски, у складі яких є мікроорганізми, не доцільно використовувати у їстівних покриттях. Оскільки найвищий ступінь виживання молочнокислих бактерій спостерігається у покриттях № 1 та № 2, то можна зробити висновок, що найкраще використовувати у складі їстівних покриттів відповідні штами лактобактерій і стрептобактерій.

Порівнявши різні плівкоутворюючі розчини, можна стверджувати, що найкращою матрицею для молочнокислих бактерій є покриття на основі альгінату натрію, сухої молочної сироватки та гліцерину. Суха молочна сироватка містить у своєму складі невелику кількість легкозасвоюваних жирів, вітамін А, органічні кислоти, вітамін В<sub>2</sub>, вітамін РР, вітамін Н, фосфор, залізо, йод, калій, кобальт. А ще вона слугує додатковим компонентом захисного середовища для лактобактерій.

Альгінат натрію володіє високими плівкоутворюючими властивостями через його унікальні колоїдні властивості, легко виводиться з організму людини і не споживається мікроорганізмами, на відмінно від крохмалю, який споживається деякими молочнокислими бактеріями, що впливати на цілісність покриття [11].

Схожі результати отримали Altamirano-Fortoul та Rosell, які розробили технологічні рішення щодо збереження пробіотичних культур в хлібі з використанням їстівного покриття на основі крохмалю при нанесенні на хліб [12].

При цьому відмічено відносно високу кількість життєздатних лактобактерій *Lactobacillus rhamnosus* GG після процесу випікання ( $2,4...3,05 \cdot 10^7$  КУО/г), а їх втрати склали лише  $1,0...1,4$  КУО/г через 24 год зберігання при кімнатній температурі.

Проте у дослідженнях М.О. Кашнікової [13] було встановлено, що виживання бактерій роду *Lactobacillus casei* в харчовому покритті на основі гуміарабіку під час зберігання хліба збільшується. Так, у перший день зберігання їх кількість становила  $6,52 \cdot 10^5$  КУО/г, а на 6 день —  $8,98 \cdot 10^7$  КУО/г, що ставить під сумнів проведені дослідження, оскільки молочнокислі бактерії не можуть розвиватися у покритті.

Відомо, що плісняві гриби є мікрофлорою псування і потрапляють на хлібобулочні вироби після їх випікання, тобто є вторинною контамінуючою мікрофлорою. За гігієнічними нормативами вміст плісневих грибів у хлібі з терміном реалізації понад 48 год не допускається. Тому потрібно перевірити, як біодеградабельні покриття з молочнокислими бактеріями захищають хлібобулочні вироби від потрапляння та розвитку контамінуючої мікрофлори (табл. 3).

*Таблиця 3. Наявність пліснявих грибів при зберіганні хліба*

Зразок хліба	Кількість пліснявих грибів і дріжджів,* КУО/г		
	3 год	48 год	86 год
Контроль (без покриття)	<10	$1 \cdot 10^2$	$8,2 \cdot 10^2$
3 покриттям (без додавання закваски)	<10	<10	$1 \cdot 10^2$
3 покриттям № 1	<10	<10	<10
3 покриттям № 2	<10	<10	<10
3 покриттям № 3	<10	<10	$1 \cdot 10^2$
3 покриттям № 4	<10	<10	<10

**Примітка.** \* Стат. рівень значимості  $p \leq 0,05$ . Дослід проводили в двох повторностях і розраховували середнє значення.

У досліджуваних зразках № 1, 2 та 4 грибів і дріжджів не було виявлено, на відміну від зразка № 3 та зразка з покриттям без додавання закваски. В контрольному зразку хліба без покриття гриби та дріжджі спостерігаються вже на 48 год. Тож їстівні покриття захищають хлібобулочні вироби від потрапляння та розвитку контамінуючої мікрофлори.

### **Висновки**

Отже, їстівні покриття сьогодні є перспективним напрямом в технології пакування. Їстівна плівка здатна утримувати біологічно активні речовини (макро- і мікроелементи тощо) і, відповідно, збагачувати харчові продукти необхідними нутрієнтами у фізіологічно виправданих кількостях. Крім того, їстівні плівки застосовуються як інгібітори росту патогенів і мікробного псування харчових продуктів. Тому використання в хлібопеченні їстівних плівок

і покриттів — новий спосіб збереження чутливих до нагрівання біологічно активних компонентів, в т.ч. пробіотиків.

Отримані результати підтверджують, про можливість використання їстівних покриттів з пробіотичними мікроорганізмами для зберігання харчових продуктів. Відмічено, що у зразку № 1 (на основі альгінату натрію із закваскою «Йогурт с ацидофільною паличкою Іпровіт») спостерігається найкраща тенденція до виживання молочнокислих бактерій серед досліджуваних зразків покриттів.

### **Література**

1. Чепель Н.В., Сильчук Т.А, Кашнікова М.О. Дослідження життєздатності пробіотичної культури *lactobacillus casei* у житньому хлібі з харчовою плівкою. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. №8/2, т. 13.
2. Савицкая Т.А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор). *Полимерные материалы и технологии*. 2016. № 2, т. 2. С. 5—36.
3. Tharanathan R.N. Biodegradable films and composite coatings: past, present and future / R.N. Tharanathan. *Trends in Food Science & Technology* 14. 2003. P. 71—78.
4. Bourtoom, T. Edible films and coatings: characteristics and properties. *International Food Research Journal*. 2008. Vol. 15, No. 3. P. 237—248.
5. Kanmani, P., & Lim, S. T. Development and characterization of novel probiotic-residing pullulan/starch edible films. *Food Chemistr*. 2013. Vol. 141, No. 2. P. 1041—1049.
6. Lópezde Lacey, A.M., López-Caballero, M.E., Gómez-Estaca, J., Gómez- Guillén, M.C., & Montero, P. Functionality of *Lactobacillus acidophilus* and *Bifidobacterium bifidum* incorporated to edible coatings and films. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2012. No. 16. P. 277—282.
7. Bustos, P., & Bórquez, R. Influence of osmotic stress and encapsulating materials on the stability of autochthonous *Lactobacillus plantarum* after spray drying. *Drying Technology*. 2013. Vol. 31, No. 1. P. 57—66.
8. Tapia M S., Rojas-Graü M.A., Rodríguez F.J., Ramírez J., Carmona A., & Martín-Belloso, O. Alginate- and gellan-based edible films for probiotic coatings on fresh-cut fruits. *Journal of Food Science*. 2007. Vol. 72, No. 4. P. 190—196.
9. Gialamas, H., Zinoviadou, K. G., Biliaderis, C. G., & Koutsoumanis K.P. Development of a novel bioactive packaging based on their incorporation of *Lactobacillus casei* into sodium-caseinate films for controlling *Listeria monocytogenes* in foods. *Food Research International*. 2010. Vol. 43, No.10. P. 2402—2408.
10. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв: Лаб. практикум, К.: НУХТ, 2009. 302 с.
11. Кишеня А.В. Їстівні плівки і покриття, їх роль в якості упаковки. *Науковий вісник ЛНУВМБТ імені С.З. Гжицького*. 2016. № 1, т. 8. С. 32 — 38.
12. Altamirano-Fortoul, R., Rosell, C. Physicochemical changes in breads from bake off technologies during storage. *Food Science and Technology*. 2011. No. 44. P. 631— 636.
13. Кашнікова М.О., Сильчук Т.А. Дослідження життєздатності пробіотичної культури *lactobacillus casei* у житньому хлібі з харчовою плівкою. *Scientific Journal «ScienceRise»*. 2015. № 8/2. С. 6—13.