

# ПРОБЛЕМИ БАКТЕРІОФАГІЙ У ВИРОБНИЦТВІ ФЕРМЕНТОВАНИХ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

**О.В. Науменко**  
к.т.н, старший науковий співробітник  
відділу біотехнології  
Технологічного інституту  
молока та м'яса НААН

**В**иробництво ферментованих молочних продуктів є класичним та, мабуть, і найстарішим напрямом біотехнології, яке базується на застосуванні мікроорганізмів. Завдяки життєдіяльності та біохімічному потенціалу заквашувальної мікрофлори відбуваються перетворення основних компонентів молока у смакові, ароматичні та біологічно активні речовини, формується консистенція та структура кисломолочних продуктів, сирів тощо. Тому якість готової продукції перш за все залежить від стану заквашувальної мікрофлори та напряму перебігу мікробіологічних процесів. Основні чинники, що можуть негативно вплинути на розвиток та активність заквашувальних культур (див. рис. 1) з одного боку, пов'язані з якістю сировини: неповноцінністю молока, як середовища для розвитку молочнокислих бактерій; наявністю і збереженням у молоці природних антибактеріальних систем; забрудненням молока антибіотиками та іншими лікарськими препаратами, які використовують у ветеринарії;

## ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АКТИВНІСТЬ ЗАКВАШУВАЛЬНОЇ МІКРОФЛОРИ

- Сезонні коливання складу молока
- Наявність природних антибактеріальних систем молока (лактеніни, бактеріальні аглютиніни, система пероксидази)
- Інгібуючі речовини, що потрапляють із кормів (запліснявілий силос, турнепс, ріпа тощо)
- Антибіотики, пестициди
- Різноманітні миюче-дезінфікуючі засоби
- Адекватність заквашувальної мікрофлори та молочної основи
- Режим теплового оброблення молока
- Технологічні інгредієнти – підсолоджувачі, барвники, стабілізатори
- Чистота та активність заквашувального препарату (стороння мікрофлора)
- Доза заквашувального препарату
- **УРАЖЕННЯ БАКТЕРІОФАГАМИ**

**Рис. 2**

## ФАГИ — природна загроза якості ферментованих молочних продуктів

**Рис. 1**

Фактори, що спричинюють зниження активності заквасок:

**33 % – фаги**

**24 % – залишки антибіотиків**

**7% – закваски**

**4 % – якість молока**

### У результаті фагової інфекції відбувається:

- Елімінація окремих штамів або заквашувальної композиції повністю, що призводить до змін її властивостей
- Зниження кількості характерної мікрофлори
- Зниження метаболічної активності заквашувальної мікрофлори
- Зниження фізико-хімічних та органолептичних характеристик готового продукту
- Зниження біологічної активності заквашувальної мікрофлори (особливо пробіотичної) і як наслідок — зниження функціонального потенціалу ферментованого продукту

пестицидами; миючими та дезінфікуючими засобами; іншими речовинами, які згубно діють на молочнокислі бактерії. З іншого боку на функціонування заквашувальної мікрофлори можуть негативно впливати природні агенти — віруси бактерій — бактеріофаги, які інфікують бактерії заквасок та істотно впливають на їхню життєдіяльність. Ураження бактеріофагами є надзвичайно небезпечним, оскільки ці живі істоти за своєю біологічною суттю є облігатними паразитами і для свого відтворення використовують енергетичні та матеріальні ресурси бактеріальної клітини, призводячи до її руйнування. Від бактерії залишаються лише уламки, в той час як на світ з однієї клітини з'являється не менше ніж 10–300 нових фагів готових до інфікування інших клітин. Цикл розвитку фага — час від моменту враження бактерії до виходу потомства — триває лише від 15 до 180 хвилин. Вони характеризуються високим рівнем специфічності: типові і полівалентні.

Їм притаманний високий рівень життєздатності: швидкість розмноження у сприятливих умовах і вищий рівень резистентності до дії лугів, кислот, більшості миюче-дезінфікуючих засобів порівняно з бактеріями.

Відповідно до даних науковців і виробників, забруднення бактеріофагами складає 33% від загальної кількості факторів, які спричиняють зниження активності заквашувальної мікрофлори. Для порівняння — залишки антибіотиків відповідають за 24% випадків незадовільної якості заквасок, низька якість молока — за 4%, а низька якість самих заквасок — за 7% від загального числа таких випадків — див. рис. 2.

Життєвий цикл бактеріофагів складається з наступних етапів:

- 1) адсорбція на клітині-хазяїна;
- 2) ін'єкція генома фага у клітину-хазяїна;
- 3) синтез компонентів фага клітиною-хазяїна;
- 4) формування нових фагових часток усередині клітини-хазяїна;
- 5) лізис клітини-хазяїна, вихід фага (рис. 3).

Це так званий літичний цикл розвитку вірулентних фагів. Існують помірні фаги, які не руйнують усі клітини, а з деякими вступають у симбіоз у вигляді профага, тобто вбудовують свій геном у хромосому бактерії і в такому умовно «сплячому» вигляді передаються від клітини до клітини в процесі її розмноження. Але, під впливом деяких стресових для клітини факторів, наприклад, температурного або фізико-хімічного впливу, опромінення ультрофіолетом і т.д., а іноді і спонтанно профаги можуть переходити до літичного життєвого циклу і призводити до лізису бактерій. Тому такі лізогенні культури закваски (що містять помірні фаги) можуть бути ще одним джерелом фагового забруднення на виробництві.

Бактеріофаги на виробництві розмножуються зі значною швидкістю. У разі інфікування культур молочнокислих бактерій вірулентними фагами спочатку відхилень у розвитку мікроорганізмів не спостерігається. Проте, через 2–4 години більшість бактеріальних клітин лізується, молочнокисле бродіння і наростання кислотності припиняється. Після певного часового проміжку кислотність знову починає зростати (так званий «вторинний ріст») за рахунок фагорезистентних мутантів, які практично завжди присутні в популяції чутливих до фага штамів. Тому згортання молока в присутності фага відбувається не за 5–7 годин, а через 20–36 годин, або взагалі не настає. Тому необхідно слідкувати за розвитком молочнокислого процесу у перші години після внесення закваски. Якщо молоко містить антибіотики чи інші інгібуючі речовини, розвиток заквашувальної мікрофлори уповільнюється або не спостерігається з моменту заквашування. Якщо ж причиною не сквашування є розвиток бактеріофагу, то спочатку спостерігається збільшення

## ЖИТТЄВИЙ ЦИКЛ БАКТЕРІОФАГІВ

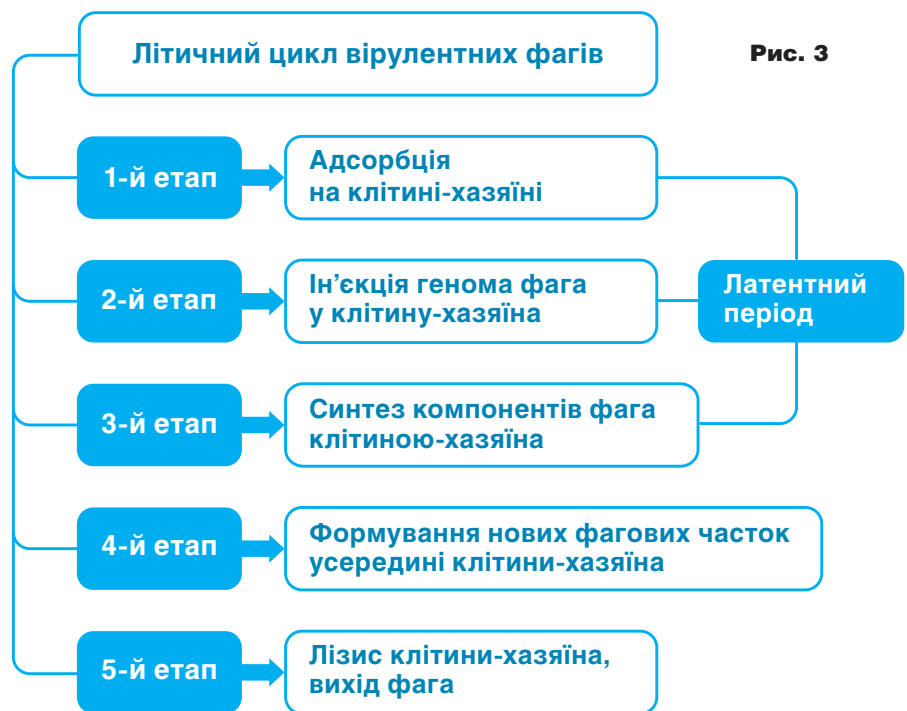


Рис. 3

### Помірні фаги не руйнують усі клітини, а з деякими вступають у симбіоз у вигляді профага

кількості клітин і нормальне зростання кислотності. А після 2–4 годин кількість життєздатних клітин закваски зменшується внаслідок фаголізу та припиняє наростати кислотність. Швидкість молочнокислого процесу практично не змінюється, якщо відбувається фаголізис одного із декількох штамів комплексної закваски. Та значно уповільнюється, коли лізуються два чи три штами закваски.

У табл. 1 показано приклади різних вад сирів і сирних продуктів, деякі з яких обумовлені саме враженням заквашувальної мікрофлори фагами.

При створенні ефективної системи боротьби з бактеріофагом важливе значення має організація фагового моніторингу — постійного контролю за ступенем акумуляції фагів на виробництві. Однак в Україні в останні десятиліття проблемі фаголізу не приділяли належної уваги як науковці, так і виробники. Як наслідок було втрачено колекції фагів і чутливих до них тест-культур, роботи з виявлення та профілактики фаголізу на виробництві майже не проводилися. Зрозуміло, що за цих умов на кожному підприємстві відбулося нагромадження власних бактеріофагів та зросла кількість порушень перебігу ферментації, спричинених бактеріофагами. Щоб виправити цю ситуацію у Технологічному інституті молока та м'яса розроблено систему фагового моніторингу на підприємствах молочної галузі.

Для того, щоб визначити критичні точки фагової контамінації — зони локалізації, нагромадження фагів і біологічні джерела для розмноження фагів було обстежено ряд сироварних, молокопереробних підприємств різних областей

**Таблиця 1. Вади сирів та сирних продуктів мікробіологічного походження**

Вада	Збудник, причина	Заходи щодо усунення
<b>ВАДИ РИСУНКУ</b>		
<b>«сліпий» рисунок</b>	недостатній розвиток ароматоутворювальної заквашувальної мікрофлори, <b>враження бактеріофагом</b> , наявність інгібуючих речовин	ретельний підбір заквашувальних культур за співвідношенням газо- та кислотоутворювальної мікрофлори, контроль сировини, контроль виробничої закваски, вірний вибір дози закваски, дотримання режимів визрівання, <b>фаговий моніторинг</b>
<b>сітчастий рисунок</b>	БГКП	контроль санітарно-гігієнічного стану виробництва
<b>ВАДИ СМАКУ</b>		
<b>гіркий</b>	протеолітичні бактерії, психротрофні бактерії, спори аеробних мезофільних та термофільних бактерій, низька протеолітична активність заквашувальної мікрофлори або <b>враження бактеріофагами</b>	контроль сировини, уникнення тривалого зберігання сировини за низьких температур, бактофугування молока, подвійна пастеризація молока, ретельний підбір закваски, <b>фаговий моніторинг</b>
<b>нечистий</b>	протеолітичні, ліполітичні, психротрофні, солестійкі бактерії; спори аеробних та анаеробних бактерій, дріжджі, плісені	контроль сировини, уникнення тривалого зберігання сировини за низьких температур, бактофугування молока, подвійна пастеризація молока, контроль розсолу, повітря, пакувальних матеріалів
<b>невиражений</b>	недостатній розвиток ароматоутворювальної заквашувальної мікрофлори, <b>враження бактеріофагом</b> , наявність інгібуючих речовин	ретельний підбір заквашувальних культур, контроль сировини, контроль виробничої закваски, дотримання режимів визрівання, <b>фаговий моніторинг</b>
<b>кислий</b>	термостійкі палички, висока активність закваски	контроль санітарно-гігієнічного стану виробництва, контроль сировини за вмістом термофільних бактерій, ретельний підбір заквашувальних культур, контроль виробничої закваски

України та готової продукції з торгівельної мережі на присутність фагів молочнокислих бактерій. Бактеріофаги визначали у сирому і пастеризованому молоці, змивах з обладнання, сироватці, повітрі заквашувальних і виробничих приміщень, готовій продукції (кефірі, біокефірі, ряжанці, сметані, йогурті, біоіогурті, сирах кисломолочних і твердих і т.д.), а також у рідких заквасках і сухих бакконцентратах.

Найчастіше фаги виявлялися у підсирній сироватці та сирому молоці, відповідно 80 і 60%. Доволі багато їх було у змивах та пастеризованому молоці. І що особливо вражає — вони були присутні навіть у 10% заквасок (див. рис. 4).

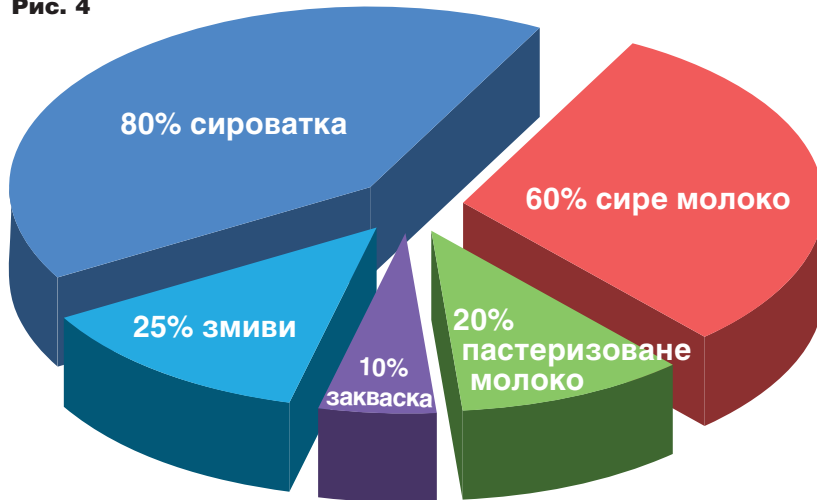
Встановлено, що біля 70% готових продуктів містили фаги різного титру. Загалом титр фагів лактобактерій у всіх досліджуваних зразках становив від 10 до 10<sup>9</sup> БУО/см<sup>3</sup>.

У результаті проведеної роботи було визначено джерела фагової контамінації та контрольні точки для здійснення фагового моніторингу на виробництві, встановлено три

рівні фагового забруднення на виробництві: низький — до 10<sup>1</sup> БУО/ см<sup>3</sup>; середній — 10<sup>2</sup>–10<sup>4</sup> БУО/ см<sup>3</sup> та високий — 10<sup>5</sup> і більше БУО/ см<sup>3</sup> — див. табл. 2. Було встановлено, що при виробництві продукції, в якій титр фагів становив 10<sup>4</sup> БУО/см<sup>3</sup> і менше, не спостерігалось порушень технологічного циклу, що дало змогу отримувати продукт із задовільними смаковими характеристиками. За такого рівня забруднення фагами в деяких зразках продуктів децю погіршувалась мікробіологічна чистота продуктів — підвищувався вміст бактерій групи кишкових паличок, спороутворювальних мікроорганізмів, дріжджів та плісені. У разі зростання фагового титру до 10<sup>5</sup>–10<sup>7</sup> БУО/см<sup>3</sup> спостерігали гальмування молочнокислої ферментації, а готові продукти характеризувались невисокими смаковими характеристиками. Подальше збільшення титру фагів до 10<sup>8</sup>–10<sup>9</sup> БУО/см<sup>3</sup> супроводжувалось припиненням ферментації і, як наслідок, зупиненням технологічного процесу виробництва того чи іншого кисломолочного продукту.

## ДЖЕРЕЛА ЛОКАЛІЗАЦІЇ ФАГІВ НА МОЛОКОПЕРЕРОБНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Рис. 4



Частота виявлення фагів, % від обстежених зразків

Результати мікробіологічних досліджень показали, що у зразках, де титр фага сягав ( $10^5$ – $10^7$ ) БУО/см<sup>3</sup>, на фоні зменшення загальної чисельності молочнокислих бактерій спостерігали значний приріст сторонньої мікрофлори — чисельність санітарно-показової мікрофлори (БГКП, дріжджів та плісені) перевищувала допустимі норми за нормативними документами на ці продукти. Отже, фагова контамінація створює серйозну небезпеку для виробництва не тільки через значні матеріальні втрати, зумовлені уповільненням чи призупиненням молочнокислого процесу, а й тому, що створюються сприятливі умови для розвитку сторонньої мікрофлори, внаслідок чого знижується якість та епідеміологічна безпека готових продуктів.

Таким чином, за умов низького титру вірусів вдається отримувати якісний продукт; у разі зростання фагового титру до  $10^4$  БУО/см<sup>3</sup> відмічають уповільнення молочнокислої ферментації, що негативно позначається на якості та рівні епідеміологічної безпеки отриманого продукту; ситуація масового фаголізу — титр фагу  $10^8$  БУО/см<sup>3</sup> і

більше загрожує втратою продукту.

Перспективними заходами запобігання розвитку фагової інфекції та забезпечення стабільності біотехнологічних процесів на виробництві є:

- 1) постійний моніторинг за наявністю бактеріофагів;
- 2) використання багатоштамових бактеріальних композицій та ротація штамів через певний період часу; використання фагостійких штамів;
- 3) дотримання вимог термообробки сировини, дезінфекції обладнання та загального санітарно-гігієнічного рівня виробництва (рис. 5).

Ступінь фагового забруднення визначає об'єм та глибину засобів профілактики та усунення бактеріофагів. Необхідним є контроль санітарно-гігієнічних умов виробництва, контроль критичних точок, недотримання яких може призвести до появи високого рівня бактеріофагів на виробництві. Точки контролю повинні відповідати специфіці виробництва на кожному конкретному підприємстві.

Отже, для того щоб забезпечити ефективну роботу підприємства необхідно проводити регулярний фаговий моніторинг. У Технологічному інституті молока та м'яса розроблено «Методичні рекомендації щодо організації виробничого мікробіологічного контролю на підприємствах молочної промисловості» (надалі МР) на заміну «Інструкції по мікробіологічному контролю производства на предприятиях молочной промышленности», впровадження яких наразі погоджується з Центральним органом виконавчої влади у сфері охорони здоров'я України. Згідно МР **контролю забруднення бактеріофагами** підлягає виробництво продуктів, технологією яких передбачено сквашування молочної основи або вершків заквасками/заквашувальними препаратами:

- рідких ферментованих та термізованих продуктів з молока, вершків, маслянки та сироватки: ряжанка, варенець, простокваша, простокваша мечніківська, простокваша аци-

Таблиця 2. Вплив фагів на технологічний процес виробництва КМП

<b>1-й рівень забруднення — <math>1 \dots 10</math> БУО/см<sup>3</sup> низький (безпечний)</b>	<b>5% підприємств</b>
<b>2-й рівень забруднення — <math>10^{2-4}</math> БУО/см<sup>3</sup> середній (допустимий)</b>	<b>86% підприємств</b>
<b>3-й рівень забруднення — <math>10^5</math> і вище БУО/см<sup>3</sup> небезпечний, критичний</b>	<b>2% підприємств</b>
<b><math>10^{5-7}</math> БУО/см<sup>3</sup> — сповільнення ферментації, подовження тривалості вироблення продукту, погіршується мікробіологічна чистота</b>	
<b><math>10^{8-9}</math> БУО/см<sup>3</sup> — повне припинення ферментації, зупинка виробництва</b>	



Рис. 5

дофільна, йогурт з/без харчовими добавками або наповнювачами, біойогурт з/без харчовими добавками або наповнювачами, біфідойогурт з/без харчовими добавками або наповнювачами, кефір, ацидофільне молоко, ацидофілін, ацидофільно-дріжджове молоко, напої та продукти кисломолочні з/без харчовими добавками або наповнювачами, продукти термізовані кисломолочні, збагачені біфідобактеріями та іншими пробіотичними мікроорганізмами, ферментовані напої з маслянки, сироватки з/без харчовими добавками або наповнювачами тощо;

- сметани та сметанних продуктів;
- сиру кисломолочного, у т.ч. домашнього тощо;
- сирів (м'яких, напівтвердих, твердих, підплавлених, підкопчених, розсольних тощо) та сирних продуктів;
- кисловершкових масла та спредів.

Показником благополуччя досліджуваного об'єкту є відсутність у відібраних пробах бактеріофагів, які здатні лізувати тест-культури.

Виявлення бактеріофагів розцінюють як показник фагового неблагополуччя об'єкту, що вимагає переведу цього об'єкту на посилене контролювання та проведення посиленої санітарної обробки: миття, дезінфекції, термообробки

всього технологічного обладнання і трубопроводів як всередині так і зверху, обробки повітря заквашувальних та виробничих відділень. Для оцінювання реальної загрози об'єкту як джерела забруднення проводять кількісне визначення бактеріофагів.

За періодичністю та об'ємом досліджень виділяють три категорії фагового контролю.

**Стандартний контроль** здійснюють за відсутності непрямих доказів фаголізу (табл. 3, рис. 6) та, якщо за результатами вірусологічних досліджень щонайменше в одній пробі виявлено бактеріофаги, титр яких становить  $10^2$ – $10^4$  БУО/г ( $\text{см}^3$ ) включно. У

цьому разі аналізування здійснюють зі застосуванням не менше трьох тест-культур для визначення бактеріофагу. Систематичному контролю підлягають наступні основні критичні контрольні точки: виробнича закваска, пастеризовані молочні суміші та вершки, заквашена суміш, сироватка, сир/сирний продукт після пресування, повітря виробничих цехів та заквашувального відділення, змиви з обладнання, інвентарю.

**Посилений контроль** здійснюють у разі виникнення порушень у процесі готування виробничої закваски, порушення кислотоутворення під час вироблення сирної маси та високого рівня рН у сирній масі, зниження якості готового продукту та у разі виявлення щонайменше в одній пробі бактеріофагів, титр яких становить понад  $10^5$  БУО/г ( $\text{см}^3$ ).

Посилений контроль передбачає:

- збільшення числа тест-культур для визначення бактеріофагу;
- збільшення числа об'єктів контролювання;
- збільшення періодичності контролю, аж до щоденного.

**Контроль за спрощеною схемою** здійснюють за стабільно високої якості готового продукту та, якщо упро-

Таблиця 3. Непрямі докази фаголізу

**при приготуванні заквасок, кисломолочних продуктів:**

**збільшення тривалості сквашування молока (або не сквашування молока), сповільнення або призупинення кислотоутворення у процесі культивування заквасок та під час виробки продуктів, низька титрована кислотність у кінці культивування, низький рівень газо- та ароматоутворення у готових заквасках та продуктах;**

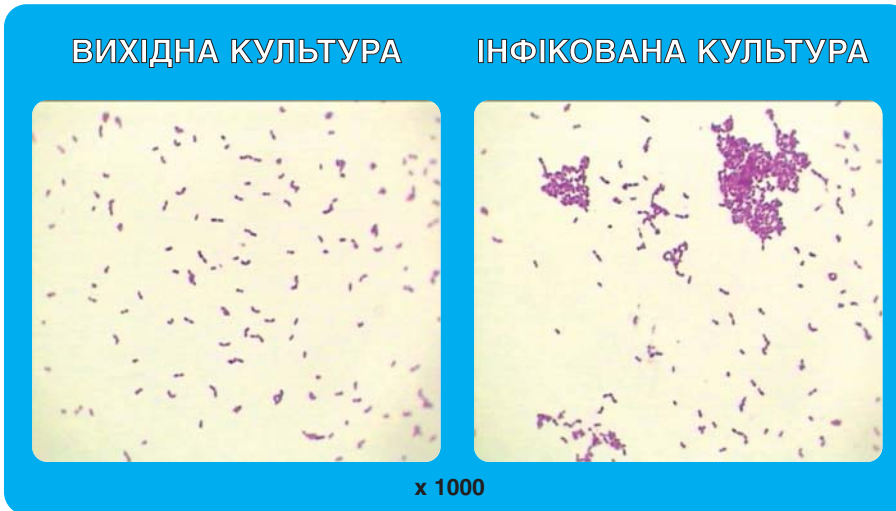
**під час виробки сирів:**

**сповільнення або відсутність наростання титрованої кислотності сироватки при отриманні і виробці сирного зерна, формуванні сирної маси, високий рівень рН сиру після пресування і в перші 3-5 діб визрівання;**

**результати мікроскопічних досліджень проб заквасок, заквашувальних сумішей і т.д.**

Рис. 6

**Фіксовані препарати культури *Lactococcus lactis ssp. lactis***



дож не менше ніж трьох місяців не зареєстровано порушень молочнокислого бродіння під час готування виробничих заквасок і виробництва ферментованих молочних продуктів, а також не було виявлено бактеріофаги у контрольних критичних точках або титр фагів щонайменше в одній пробі становив не більше ніж  $10^1$  БУО/г (см<sup>3</sup>). У цьому разі аналізування здійснюють зі застосуванням не менше трьох тест-культур для визначення бактеріофагу та зменшують число об'єктів контролювання, періодичність досліджень.

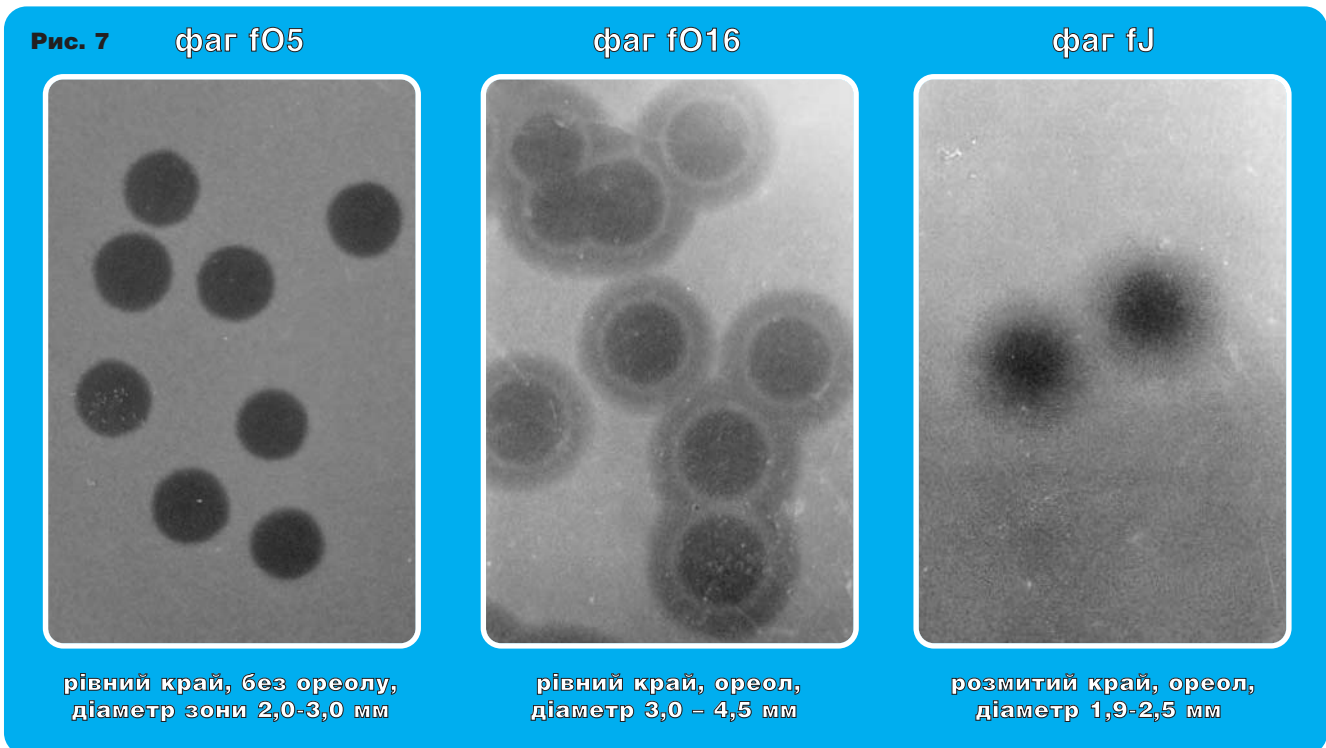
Необхідно зазначити, що в Технологічному інституті молока та м'яса розроблено також методологію проведен-

ня виявлення бактеріофагів молочнокислих бактерій. Ми пропонуємо виробникам як скринінгові методи досліджень (якісне визначення фагів), так і більш ґрунтовні методи, що дозволяють встановити кількісний вміст фагів у дослідних зразках. Загалом суть методів виявлення фагів полягає в тому, що досліджувану (підготовану) пробу висівають у тверде поживне середовище з тест-культурою, культивуванні висівів за оптимальної для розмноження тест-культури температури та рахуванні негативних колоній (зон відсутності видимого росту тест-культури на суцільному бактеріальному газоні).

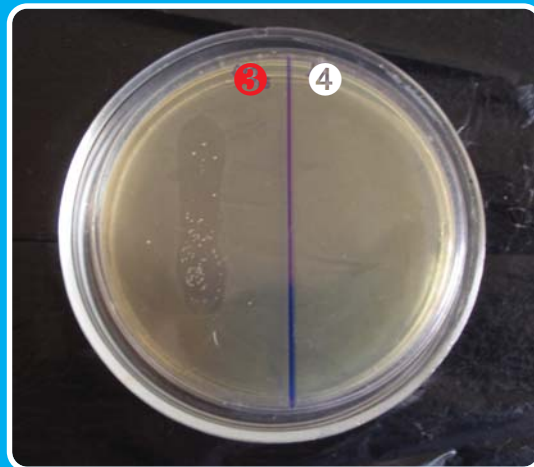
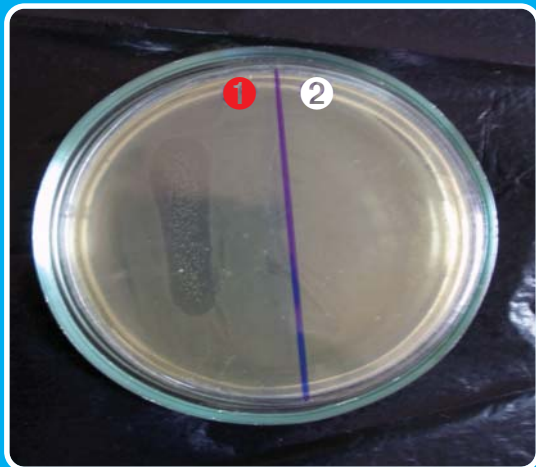
Негативні колонії (приклад на рис. 7) або зони відсутності росту (приклад на рис. 8) на бактеріальному газоні утворюються внаслідок лізису бактеріальних клітин тест-культур у місцях попадання бактеріофагів, які присутні у пробі. Розмір, форма і кількість таких зон залежать від методу визначення (способу нанесення досліджуваної проби, поживного середовища, що використовується і інших режимів), кількості і властивостей бактеріофагів, властивостей тест-культур і особливостей їх взаємодії з бактеріофагом.

Для визначення необхідного набору тест-культур нами розроблено спеціальну тест-систему фагового моніторингу ТІММ НААН. До тест-системи входять тест-культури — чут-

**Морфологія негативних колоній фагів, вилучених із кисломолочних продуктів**



## Зони фаголізу різних фагів. Метод збігаючої краплі



1, 3 – наявність зон фаголізу  
2, 4 – відсутність фаголізу

Рис. 8

Висновок: зразки № 1 та № 3 містять бактеріофаг

ліві до різних типів фагів, які можуть бути підібрані індивідуально для конкретного підприємства, що дозволяє виявити максимальний спектр фагів, та «Методичні вказівки з виявлення бактеріофагів молочнокислих бактерій» з алгоритмом проведення експрес-досліджень кількісного визначення бактеріофагів (рис. 9).

### Методичні вказівки з визначення бактеріофагів молочнокислих бактерій

(МВ ТИММ УААН — 30.12.2009)  
Розробник — Технологічний інститут  
молока та м'яса

- **Методи визначення бактеріофагів.**  
Загальні положення
- **Основні вимоги до проведення робіт з визначення бактеріофагів**
  - Поживні середовища, розчини, реактиви, що необхідні для визначення бактеріофагів молочнокислих бактерій
  - Підготування тест культур, проб, матеріалів та посуду
- **Проведення визначення бактеріофагів**
  - Методика, урахування та аналізування результатів

Рис. 9

Як тест-культури для визначення бактеріофагів молочнокислих бактерій ми рекомендуємо використовувати спеціально відібрані штами молочнокислих бактерій, безфагові (нелізогенні) та високочутливі до широкого спектру бактеріофагів. Ці тест-культури, призначені для проведення

фагового контролю, їх задепоновано у Національній колекції промислових мікроорганізмів ІМВ (Україна), розроблено та затверджено нормативну документацію на їх виробництво — ТУ У 15.5–00419880–103:2010. Нами проведено впровадження тест-системи фагового моніторингу на виробництві ДДПБЗ ТИММ та майже 10-х молокопереробних підприємствах України, яка підтвердила ефективність застосування фагового моніторингу для забезпечення випуску продукції гарантованої якості.

У квітні 2011 року у відділі біотехнології ТИММ НААН було проведено науково-практичний семінар «Організація та здійснення контролювання бактеріофагів на молокопереробних і сироробних підприємствах», на якому крім теоретичних лекційних занять було особливу увагу приділено навчанню фахівців проведенню фагового моніторингу на виробництві. На практичних заняттях було показано як правильно готувати тест-культури, індикаторні чашки Петрі, пробірки та флакони для визначення бактеріофагу; відбирати та підготовлювати досліджувані проби; проводити визначення наявності в них бактеріофагу різними методами: у рідких та твердих поживних середовищах; опрацьовувати отримані результати контролювання бактеріофагів.

Інститут і надалі планує надавати консультативну на практичну допомогу щодо проведення аналізування зразків молокопереробних та сироробних підприємств на присутність фагів молочнокислих бактерій, пропонує тест-системи для фагового моніторингу: «Методичні вказівки з визначення бактеріофагів молочнокислих бактерій», набір тест-культур, навчання — для проведення досліджень власне на виробництві.

**Додаткову інформацію можна одержати за адресою:**  
02660, м.Київ, вул. М.Раскової, 4-А  
тел.: (044) 517-06-98  
Науменко Оксана Василівна  
e-mail: [naumenkoo@list.ru](mailto:naumenkoo@list.ru)