

БІОТЕХНОЛОГІЯ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ

УДК 637.146.3

ВОВКОГОН А.Г.

МЕРЗЛОВ С.В.

НЕПОЧАТЕНКО А.В.

МЕРЗЛОВА Г.В.

Білоцерківський національний аграрний університет

ТЕРМІН СКВАШУВАННЯ МОЛОКА ЗАЛЕЖНО ВІД ДОЗИ ІММОБІЛІЗОВАНИХ ЗАКВАСОК ЙОГУРТУ

Потрапляння у молоко антибіотиків погіршує його властивість як сировини для виробництва кисломолочних продуктів, у тому числі йогурту. Дієвим способом підвищення стійкості клітин мікроорганізмів закваски для йогурту до інгібувальних факторів є їх іммобілізація на органічних носіях, які є харчовими добавками.

Проведено дослідження щодо встановлення впливу різних доз іммобілізованої на модифікованому пектині та модифікованому желатині закваски для йогурту на час утворення молочного згустку та показники титрованої кислотності готового продукту. За 8-годинного термостатування зсідання молока (200 см³ одна проба) було виявлено у зразках, куди вносили від 60 і вище мг іммобілізованої на модифікованому пектині та 80 і вище мг іммобілізованої на модифікованому желатині закваски йогурту. Використання низьких доз іммобілізованих заквасок (10–30 мг на 200 см³ молока) не давало змоги отримувати молочний згусток упродовж 10 годин термостатування.

Найшвидше утворення молочного згустку було виявлено у пробах молока, до яких додавали по 160 мг іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту. Час сквашування становив 4,3 години. За такої самої дози іммобілізованої на модифікованому желатині закваски йогурту в пробах було ідентифіковано через 5,1 години від початку термостатування. Доведено, що за 8-годинного термостатування оптимальна титрована кислотність була у йогуртах, де застосовували від 60 до 100 мг на 200 см³ молока іммобілізованої на модифікованому пектині та від 80 до 130 іммобілізованої на модифікованому желатині закваски. Експериментально підтверджено, що для виготовлення якісних за сенсорними показниками йогуртів можливо використовувати на 23,0–25,0 % менше іммобілізованої на модифікованому пектині закваски, ніж закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Використовуючи ряд розрахункових методів було виведено функції встановлення оптимальних доз іммобілізованих заквасок для одержання регламентованої титрованої кислотності протягом певного часу.

Ключові слова: йогурт, закваска, іммобілізація, модифікований пектин, модифікований желатин, титрована кислотність, час сквашування.

doi: 10.33245/2310-9289-2019-147-1-126-134

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Серед кисломолочних напоїв йогурти посідають провідне місце за попитом у населення України. З кожним роком дедалі більше йогуртів виробляють у домашніх умовах за допомогою готових сухих бактеріальних заквасок. Використання недоброякісної сировини (молоко, що містить антибіотики та інші сполуки, які негативно діють на молочнокислі бактерії) призводить до того, що закваски не проявляють своєї дії [1]. Тому в НДІ харчових технологій Білоцерківського НАУ розроблено ряд препаратів стабілізованих заквасок для йогурту. Однак невивченим залишається питання встановлення оптимальної дози використання іммобілізованої на модифікованому пектині та модифікованому желатині закваски для йогурту.

Антимікробні засоби, незалежно від форми введення дійним коровам (аліментарно, внутрішньом'язово, у молочну залозу), переходять у молоко і створюють великі проблеми під час виробництва кисломолочних продуктів, де використовується жива культура бактерій. Споживання молочних продуктів з умістом антибіотиків негативно впливає на здоров'я людей. Низька концентрація антибіотиків здійснює бактеріостатичну дію, а висока – бактерицидну дію щодо мікроорганізмів заквасок для йогурту [2–6].

Існує ряд способів підвищення стійкості корисних бактерій до дії несприятливих факторів зовнішнього середовища. Наприклад, стабілізація методом іммобілізації клітин мікроорганізмів. Одним із поширених способів є сорбція мікроорганізмів на поверхню носія і розміщення у гелі, утворені з матриці [7, 8].

Ефективність дії заквасок для кисломолочних продуктів можна проводити різними методами. Контроль процесу утворення молочного згустку під час виробництва кисломолочних харчових продуктів (сметана, кефір, ряжанка та йогурт) зазвичай здійснюють за нормативною методикою визначення титрованої кислотності, що виражається в °Т. Також постійно проводять органолептичну оцінку, де враховують консистенцію і якість згустку [9].

Метою роботи є дослідження способу підвищення стійкості клітин мікроорганізмів закваски для йогурту до інгібувальних факторів шляхом їх іммобілізації на органічних носіях, які є харчовими добавками.

Матеріал і методи дослідження. Дослідження модельного характеру виконували в лабораторних умовах. Перевірку дії іммобілізованих заквасок для йогурту перевіряли, використовуючи нормалізоване молоко корів з масовою часткою жиру 3,2 % та титрованою кислотністю 18,7 °Т. Для кожної дози закваски відміряли проби молока по 200,0 см³ у чотирьох повторностях (табл. 1).

Іммобілізовану на модифікованому пектині закваску для йогурту вносили у підготовлене молоко у кількості від 10 до 160 мг на 200,0 см³. Закваску, іммобілізовану на модифікованому желатині, використовували в аналогічних дозах.

Таблиця 1 – Схема досліду зі стабілізованими заквасками для йогурту

Група проб	Об'єм молока, см ³	Маса закваски, мг	
		Іммобілізована на пектині	Іммобілізована на желатині
I	200,0	10	10
II	200,0	20	20
III	200,0	30	30
IV	200,0	40	40
V	200,0	50	50
VI	200,0	60	60
VII	200,0	70	70
VIII	200,0	80	80
IX	200,0	90	90
X	200,0	100	100
XI	200,0	110	110
XII	200,0	120	120
XIII	200,0	130	130
XIV	200,0	140	140
XV	200,0	150	150
XVI	200,0	160	160

Після внесення у підігріте до 37 °С молоко різних доз іммобілізованих заквасок проби поміщали у термостат на 8 годин (I етап). Проби, де не утворився згусток, знову поміщали на 8 годин (II етап термостатування). Температуру у термостаті витримували на рівні 35,5–36,5 °С. Контроль процесу сквашування проводили через кожні 10 хвилин фіксували час утворення першого згустку. Титровану кислотність йогурту визначали за ГОСТ 3624 [10, 11]. У процесі наукового дослідження було використано метод регресійного аналізу, метод чисельного знаходження мінімумів з однією та двома змінними [12].

Результати дослідження. Сформований згусток є важливим показником якості готового йогурту. Ефективність утворення згустку молока за дії різних доз іммобілізованих заквасок перевіряли на 8-му годину ферментування. Застосування 10 мг іммобілізованої на пектині закваски йогурту (I група проб) не дало змогу отримати сформований згусток (табл. 2).

За використання від 20 до 50 мг на 200 см³ молока іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту не було виявлено стандартного формування згустків. Внесення 50 мг закваски на 8-му годину термостатування зумовлювало лише утворення білкових тяжів. Підвищення дози закваски, де роль матриці виконував модифікований пектин, до 60 мг на 200 см³ молока дало змогу отримати досить щільний молочний згусток, який відповідав нормативним вимогам. Зсідання спостерігали також у молоці, у яке вносили від 70 до 160 мг закваски.

Використання низьких доз закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині (10–70 мг на 200 см³ молока), унеможливило отримання молочного згустку. Щільний згусток молока було виявлено у пробах, де застосовували від 80 до 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Таблиця 2 – Наявність сформованого згустку на 8-му годину термостатування

Група проб	Використана закваска	
	Імобілізована на пектині	Імобілізована на желатині
I	-	-
II	-	-
III	-	-
IV	-	-
V	-	-
VI	+	-
VII	+	-
VIII	+	+
IX	+	+
X	+	+
XI	+	+
XII	+	+
XIII	+	+
XIV	+	+
XV	+	+
XVI	+	+

Примітка: «-» – згусток відсутній, «+» – утворений згусток.

Внесення найменшої дози іммобілізованої на модифікованому пектині закваски йогурту зумовлювало утворення молочного згустку через 12,3 години від початку експерименту. Підвищення дози закваски до 20 мг дало змогу скоротити час утворення згустку на одну годину (табл. 3).

Таблиця 3 – Час утворення молочного згустку, год

Група проб	Використана закваска	
	Імобілізована на пектині	Імобілізована на желатині
I	12,3±0,24	13,3±0,21
II	11,3±0,34	13,0±0,12
III	10,2±0,12	11,4±0,23
IV	9,3±0,32	11,0±0,17
V	8,4±0,22	9,3±0,12
VI	7,3±0,11	9,0±0,09
VII	7,1±0,18	8,3±0,05
VIII	6,3±0,10	7,5±0,13
IX	6,1±0,09	7,5±0,16
X	5,5±0,13	7,0±0,12
XI	5,3±0,12	6,5±0,11
XII	5,2±0,18	6,3±0,06
XIII	5,0±0,10	6,0±0,08
XIV	5,0±0,13	5,5±0,14
XV	4,9±0,17	5,3±0,18
XVI	4,3±0,07	5,1±0,11

Понад 8 годин не формувався згусток молока у III–V групах проб. У цих варіантах утворення згустку відмічали через 8,4–10,2 години після внесення закваски. Найшвидше був сформований згусток у пробах, до яких вносили по 160 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині на 200 см³ молока.

Застосування 10 мг закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, призводило до збільшення часу утворення згустку на одну годину, порівняно з варіантом, де використовували таку саму кількість закваски, стабілізованої на модифікованому пектині. Аналогічно, використання 20–50 мг закваски, де як носій слугував модифікований желатин, подовжувало час формування згустку на 1,1–2,3 години, відносно такої самої маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині. Підвищення дози закваски на модифікованому желатині до 70 мг на 200 см³ молока не дає змоги отримати йогурт з якісним згустком. За найбільшої дози закваски йогурту, іммобілізованої на модифікованому желатині, утворення згустку було зафіксовано через 5,1 години після її внесення. Встановлено, що із підвищенням дози іммобілізова-

ної закваски час утворення згустку молока зменшується. Використання закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, дає змогу швидше отримати йогурт з бажаними органолептичними характеристиками.

Досліджуючи титровану кислотність продуктів сквашування на 8-му годину ферментування, встановлено, що оптимальна кислотність була у йогуртах, на виготовлення яких використано від 60 до 100 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині. Внесення високих доз закваски – від 110 до 160 мг на 200 см³ молока – призводить до зростання титрованої кислотності у йогурті понад 90 °Т (табл. 4).

Найнижчу титровану кислотність спостерігали у молоці, де застосовували по 10 мг закваски, іммобілізованої на різних носіях. Показник становив 30,1 та 39,9 °Т. Кислотність молока у II, III, IV та V групах проб у разі сквашування закваскою, іммобілізованою на модифікованому желатині, була меншою відповідно на 19,3 %; 18,3; 14,9 та 13,7 % відносно продукту, для сквашування якого застосовували закваску, іммобілізовану на модифікованому пектині.

Таблиця 4 – Титрована кислотність кінцевого продукту на 8-му годину сквашування, °Т

Група проб	Використана закваска	
	Іммобілізована на пектині	Іммобілізована на желатині
I	39,9±1,54	30,1±2,03
II	48,5±0,78	39,1±1,09
III	49,3±1,55	40,3±0,67
IV	52,3±0,96	44,5±0,97
V	58,3±2,08	50,3±1,45
VI	87,4±0,89	52,2±1,78
VII	88,1±2,67	67,8±2,23
VIII	88,9±2,76	81,8±1,33
IX	90,3±0,56	84,3±1,56
X	90,7±0,78	87,2±0,75
XI	91,7±1,65	87,9±3,03
XII	91,6±1,97	90,3±0,78
XIII	92,2±0,67	90,0±0,59
XIV	93,1±3,06	92,1±1,65
XV	93,5±1,33	92,9±1,45
XVI	94,0±0,95	93,2±2,78

Оптимальна титрована кислотність була у йогуртах, під час виготовлення яких використано від 80 до 130 мг закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині. Використання закваски для йогурту, іммобілізованої на модифікованому пектині, у VIII–XVI групах сприяє одержанню готових продуктів з вищою титрованою кислотністю порівняно з йогуртами, виготовленими з використанням закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині.

Розрахунковим методом визначали аналітичний вид апроксимуючих функцій.

Встановили, яка аналітична функція може відповідати залежності часу утворення згустку від маси закваски. Ця функція має обернено пропорційну залежність від маси. Вона може бути або експоненціальною, або гіперболічною. Експоненціальна має вигляд:

$$T(m) = \exp(a_0 + a_1 m), \quad (1)$$

де a_0, a_1 – параметри функції, які не змінюються в межах досліджуваного часового ряду.

Параметри експоненціальної регресії знаходимо за методом найменших квадратів (МНК), попередньо перетворюючи (1) в лінійну регресію:

$$\ln(T(m)) = a_0 + a_1 m, \quad (4)$$

$$z = a_0 + a_1 m, \quad (5)$$

де $z = \ln(T(m))$,

З МНК отримуємо [1]:

$$a_1 = (\overline{mz} - \overline{m} \cdot \overline{z}) / (\overline{m^2} - (\overline{m})^2); a_0 = \overline{z} - a_1 \overline{m}, \quad (6)$$

де $\overline{mz} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i z_i}{n}$; $\overline{m} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i}{n}$; $\overline{z} = \frac{\sum_{i=1}^n z_i}{n}$; $\overline{m^2} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i^2}{n}$; n – обсяг вибірки.

Спадаюча експоненціальна регресія (3) при $t \rightarrow \infty$ асимптотично наближається до нуля, але коли статистичні дані не відповідають такій асимптоті, то в останньому випадку нами запропоновано використовувати модифіковану експоненціальну регресію [13, 14]:

$$T_1(m, c) = \exp[a_0(c) + a_1(c) \cdot m] + c, \quad (7)$$

де C – коефіцієнт, який відповідає асимптотичному значенню.

Параметри модифікованої експоненціальної регресії знаходимо аналогічно (4) – (6), а параметр C знаходимо чисельним методом, з мінімуму середньої абсолютної відсоткової помилки апроксимації:

$$MAPE(c) = \frac{100\%}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{E(m, c)_i}{T_{1e}(m)_i} \right|, \quad (8)$$

де $E(m, c) = T_{1e}(m) - T_1(m, c)$ різниця між статистичними та регресійними значеннями часу утворення згустку для певної маси закваски m

Гіперболічна регресія має наступну залежність від маси закваски [15]:

$$T_2(m) = a_2 + \frac{a_3}{m}. \quad (9)$$

Роблячи заміну змінної $t = 1/m$, отримуємо з (9) лінійну регресію:

$$T_2(m) = a_2 + a_3 \cdot t, \quad (10)$$

параметри якої знаходимо за методом найменших квадратів аналогічно (6).

Під час визначення залежності титрованої кислотності йогурту від маси іммобілізованої закваски враховували, що кислотність залежить від кількості стабілізованих мікроорганізмів, яка відповідає логістичній функції Перла – Ріда, а оскільки кислотність молока дорівнює C_1 , то використовували модифіковану регресію Перла – Ріда [13, 16]:

$$N(m, N_m) = \frac{N_m}{1 + \exp(a_2 - a_3 \cdot m)} + c_1, \quad (11)$$

де N_m – максимальне асимптотичне значення регресії.

Для того, щоб визначити зі статистичних даних параметри логістичної регресії, перетворювали (11) в лінійну регресію [13]:

$$\frac{N_m}{N_e(m) - c_1} - 1 = \exp(a_2 - a_3 \cdot m), \quad (12)$$

$$Z(m, N_m) = a_2(N_m) - a_3(N_m) \cdot m, \quad (13)$$

де $Z(m, N_m) = \ln\left(\frac{N_m}{N_e(m) - c_1} - 1\right)$.

Параметри лінійної регресії (13) $a_2(N_m)$ і $a_3(N_m)$ знаходили за методом МНК аналогічно (6), параметр N_m визначали чисельним методом з умови мінімуму середньої абсолютної відсоткової помилки апроксимації:

$$MAPE(N_m) = \frac{100\%}{n} \cdot \sum_{i=1}^n \left| \frac{E(m, N_m)_i}{N_e(m)_i} \right|, \quad (14)$$

де $E(m, N_m) = N_e(m) - N(m, N_m)$ різниця між експериментальним та регресійним значенням титрованої кислотності для конкретної маси закваски.

На основі проведеного регресійного аналізу експериментальних даних з визначення часу утворення молочного згустку залежно від маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині та желатині (табл. 3), встановлено, що їм відповідають модифіковані експоненціальні регресії (рис. 1):

$$T_{1p}(m, c) = \exp[a_{0p}(c) + a_{1p}(c) \cdot m] + c_p, \quad (15)$$

$$T_{1g}(m, c) = \exp[a_{0g}(c) + a_{1g}(c) \cdot m] + c, \quad (16)$$

де m – маса закваски, $a_{0p} = 2,357$, $a_{1p} = -0,016$, $c_p = 3,913$, $MAPE_p = 2,482\%$;

$a_{0g} = 2,444$, $a_{1g} = -0,011$, $c_g = 3,23$, $MAPE_g = 1,996\%$.

Помилка апроксимації в межах експериментальної похибки.

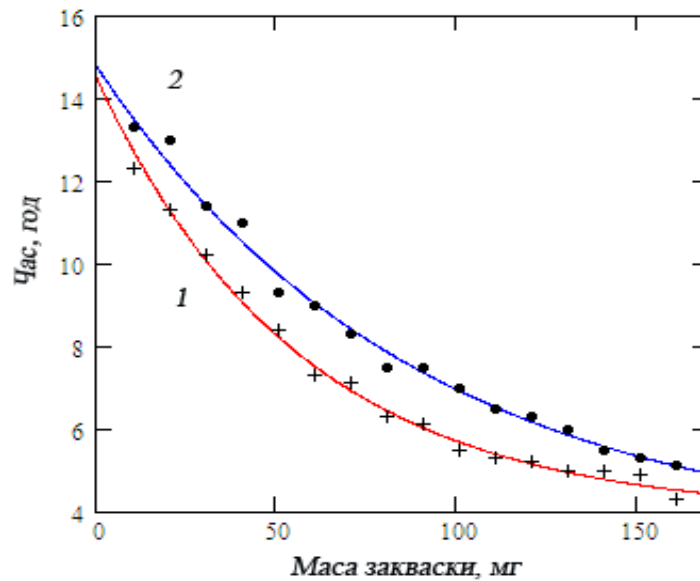


Рис. 1. Залежність часу утворення молочного згустку від маси закваски $T_p(1), T_g(2)$.

Щодо гіперболічної регресії встановлено, що вона не відповідає експериментальним дослідженням залежності утворення молочного згустку від маси закваски.

За регресійного дослідження залежності титрованої кислотності йогурту від маси закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині та желатині, встановлено, що їм відповідають модифіковані регресії Перла – Ріда (рис. 2).

$$N_p(m, N_{mp}) = \frac{N_{mp}}{1 + \exp(a_{2p} - a_{3p} \cdot m)} + c_1, \quad (17)$$

$$N_g(m, N_{mg}) = \frac{N_{mg}}{1 + \exp(a_{2g} - a_{3g} \cdot m)} + c_1, \quad (18)$$

де $a_{2p} = 1,342$, $a_{3p} = 0,044$, $N_{mp} = 76,107$, $c_1 = 18$, $MAPE_p = 5,26\%$;

$a_{2g} = 2,072$, $a_{3g} = 0,04$, $N_{mg} = 76,239$, $MAPE_g = 4,228\%$.

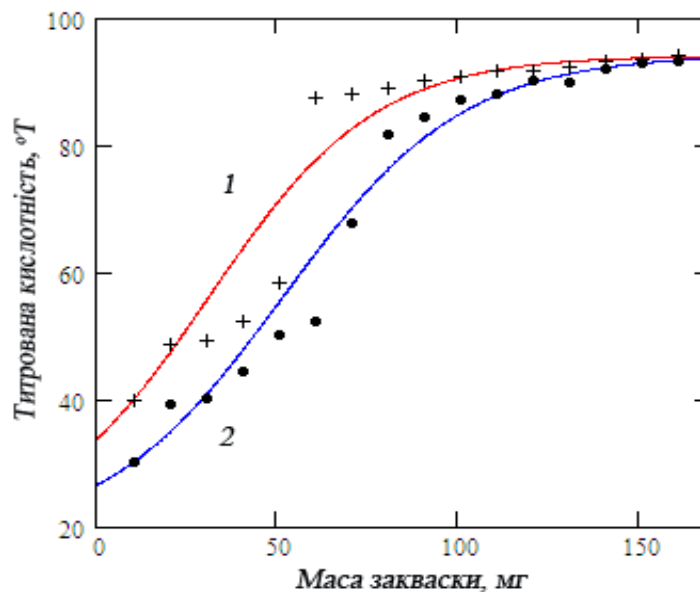


Рис. 2. Залежність величини титрованої кислотності кінцевого продукту від маси закваски $N_p(1), N_g(2)$.

З регресій (17) і (18) можна визначити масу закваски m_x для наперед заданої кислотності N_x :

$$m_x = \frac{a_2 - \ln\left(\frac{N_m}{N_x - 18} - 1\right)}{a_3}, \quad (19)$$

а знаючи m_x , з регресій (15) або (16) можливо вирахувати час початку утворення молочного згустку відповідно для закваски, іммобілізованої на пектині або желатині.

Висновки. Виготовлення йогурту протягом 8 годин термостатування можливе за використання закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині у дозах від 60 до 100 мг на 200 мл молока корів. Для виготовлення йогурту закваски, іммобілізованої на модифікованому пектині, необхідно на 25,0 % менше, ніж закваски, іммобілізованої на модифікованому желатині. За допомогою регресійного аналізу, методу чисельного знаходження мінімумів з однією та двома змінними було відпрацьовано формули для визначення впливу маси іммобілізованої закваски на час утворення молочного згустку.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ahmet Erdogan., Mustafa Gurses., and Selahattin Sert. Some Quality Criteria of Yogurt Made from Milk Added with Antibiotic at Different Levels. 2001. Vol. 4 (7). P. 886–887. Doi: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2001.886.887>.
2. Brunton L.A., Duncan D., Coldham N.G., Snow L.C., Jones J.R. A survey of antimicrobial usage on dairy farms and waste milk feeding practices in England and Wales. *Vet Rec.* 2012 Sep 22. 171(12). 296 p.
3. Mollenkopf D.F., Glendening C., Wittum T.E., Funk J.A., Tragesser L.A., Morley P.S. Association of dry cow therapy with the antimicrobial susceptibility of fecal coliform bacteria in dairy cows. *Prev Vet Med.* 2010 Aug 1. 96(1-2). P. 30–35. Doi: <https://doi.org/10.1016>.
4. Wagner S., Erskine R. In: *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*. 4. Giguère S, Prescott J.D., Baggot R.D., et al, editor. Oxford, Blackwell; 2006. Antimicrobial drug use in bovine mastitis.
5. Brunton L.A., Reeves H.E., Snow L.C., Jones J.R. A longitudinal field trial assessing the impact of feeding waste milk containing antibiotic residues on the prevalence of ESBL-producing *Escherichia coli* in calves. *Prev Vet Med.* 2014. Nov 15. 117(2). P. 403–412. Doi: <https://doi.org/10.1016>.
6. Passantino A. Ethical aspects for veterinarians regarding antimicrobial drug use in Italy. *Int J Antimicrob Agents.* 2007. 29. P. 240–244. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.09.023>.
7. Zeynab Bayat., Mehdi Hassanshahian., and Simone Cappello. Immobilization of Microbes for Bioremediation of Crude Oil Polluted Environments: A Mini Review. 2015. Vol. 9. P. 48–54. Doi: <https://doi.org/10.2174/1874285801509010048>.
8. Герасименко В.Г., Герасименко М.О., Цвіліховський М.І. Біотехнологія: підручник. 2006. С. 240–380.
9. Сажинов Г.Ю., Твердохлеб Г.В. Технологія молока і молочних продуктів. М.: Агропромиздат, 2006. 463 с.
10. ДСТУ 4343:2004. Йогурти. Загальні технічні умови. К.: Держспоживстандарт України, 2005. 10 с.
11. ГОСТ 3624–92. Молоко і молочні продукти. Титриметрические методы определения кислотности. Введ. 01.01.94. М.: ИПК Изд-во стандартов, 1996. 8 с.
12. Линник Ю.В. Метод наименьших квадратов и основы математико-статистической теории обработки наблюдений. М. 1962.
13. Guorfi L., Kohler M., Krzyzak A. Walk H.A. *Distribution-Free Theory of Nonparametric Regression*. Springer, New York, 2002.
14. Непочатенко А., Непочатенко В. Економіко-математичне моделювання величини витрат під час збору врожаю залежно від потужності двигуна зернозбирального комбайну. Економіка та управління АПК: зб. наук. праць. Біла Церква. 2013. Вип. 11 (106). С. 130–136.
15. Bates D. and D. Watts. *Nonlinear Regression and its Applications*. John Wiley and Sons, NY. 1988. 102 p.
16. Ramos R. Logistic function as a forecasting model: its application to business and economics. *International Journal of Engineering and Applied Sciences.* 2013. 2(3). P. 29–36.

REFERENCES

1. Ahmet, Erdogan., Mustafa, Gurses., Selahattin, Sert. (2001). Some Quality Criteria of Yogurt Made from Milk Added with Antibiotic at Different Levels. Vol. 4 (7), pp. 886–887. Available at: <https://doi.org/10.3923/pjbs.2001.886.887>.
2. Brunton, L.A., Duncan, D., Coldham, N.G., Snow L.C., Jones J.R. (2012). A survey of antimicrobial usage on dairy farms and waste milk feeding practices in England and Wales. *Vet Rec.* Sep 22, 171(12), 296 p.
3. Mollenkopf, D.F., Glendening, C., Wittum, T.E., Funk, J.A., Tragesser, L.A., Morley, P.S. (2010). Association of dry cow therapy with the antimicrobial susceptibility of fecal coliform bacteria in dairy cows. *Prev Vet Med.* Aug 1, 96 (1-2), pp. 30–35. Available at: <https://doi.org/10.1016>.
4. Wagner, S., Erskine, R. In: *Antimicrobial Therapy in Veterinary Medicine*. 4. Giguère S, Prescott J.D., Baggot R.D., et al, editor. Oxford, Blackwell, 2006. Antimicrobial drug use in bovine mastitis.
5. Brunton, L.A., Reeves, H.E., Snow, L.C., Jones, J.R. (2014). A longitudinal field trial assessing the impact of feeding waste milk containing antibiotic residues on the prevalence of ESBL-producing *Escherichia coli* in calves. *Prev Vet Med.* Nov 15, 117(2), pp. 403–412. Available at: <https://doi.org/10.1016>.
6. Passantino, A. (2007). Ethical aspects for veterinarians regarding antimicrobial drug use in Italy. *Int J Antimicrob Agents.* 29, pp. 240–244. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2006.09.023>.

7. Zeynab, Bayat., Mehdi, Hassanshahian., Simone, Cappello. (2015). Immobilization of Microbes for Bioremediation of Crude Oil Polluted Environments: A Mini Review. Vol. 9, pp. 48–54. Available at: <https://doi.org/10.2174/1874285801509010048>.
8. Gerasymenko, V.G., Gerasymenko, M.O., Cvilihovs'kyj, M.I. (2006). Biotehnologija: pidruchnyk [Biotechnology: a textbook]. pp. 240–380.
9. Sazhinov, G.Ju., Tverdohleb, G.V. (2006). Tehnologija moloka i molochnih produktov [Technology of milk and dairy products]. Moscow, Agropromizdat, 463 p.
10. DSTU 4343:2004. Jogurti. Zagal'ni tehnicni umovi [Yogurt. General technical conditions]. Kyiv, Derzhspozhyvstandard of Ukraine, 2005. 10 p.
11. GOST 3624–92. Moloko i molochnye produkty. Titrimetricheskie metody opredelenija kislotnosti. Vved. 01.01.94. [Milk and dairy products. Titrimetric methods for the determination of acidity. Enter 01/01/94.]. Moscow, IPK Standards publishing house, 1996. 8 p.
12. Linnik, Ju.V. Metod naimen'shij kvadratov i osnovy matematiko-statisticheskoy teorii obrabotki nabljudenij [The method of least squares and the basics of the mathematical-statistical theory of processing observations]. M. 1962.
13. Guorfi, L., Kohler, M., Krzyzak, A. Walk, H.A. Distribution-Free Theory of Nonparametric Regression. Springer, New York, 2002.
14. Nepochatenko, A., Nepochatenko, V. (2013). Ekonomiko-matematichne modelyuvannya velichini vitrat pid chas zboru vrozhayu zalezno vid potuzhnosti dviguna zernozbiralnogo kombaynu [Economic-mathematical modeling of the cost of harvesting costs depending on the engine power of the combine harvester]. Economy and Administration of the ARC: Sb. sciences works. Bila Tserkva, Issue 11 (106), pp.130–136.
15. Bates, D., Watts, D. (1988). Nonlinear Regression and its Applications. John Wiley and Sons, NY. 102 p.
16. Ramos, R. (2013). Logistic function as a forecasting model: its application to business and economics. International Journal of Engineering and Applied Sciences. 2(3), pp. 29–36.

Установка времени сквашивания молока в зависимости от содержания иммобилизованных заквасок йогурта

Вовкогон А. Г., Мерзлов С. В., Непочатенко А. В., Мерзлова Г. В.

Попадание в молоко антибиотиков ухудшает его качество как сырья для производства кисломолочных продуктов, в том числе йогурта. Действенным способом повышения устойчивости клеток микроорганизмов закваски для йогурта к ингибирующим факторам является их иммобилизация на органических носителях, которые являются пищевыми добавками.

Проведены исследования по установлению влияния различных доз иммобилизованной на модифицированном пектине и модифицированном желатине закваски для йогурта на время образования молочного сгустка и показатели титруемой кислотности готового продукта. За 8-часового термостатирования обращения молока (200 см³ одна проба) было обнаружено в образцах, куда вносили от 60 и выше мг иммобилизованной на модифицированном пектине и 80 и выше мг иммобилизованной на модифицированном желатине закваски йогурта. Использование низких доз иммобилизованных заквасок (10–30 мг на 200 см³ молока) не позволяло получать молочный сгусток в течение 10 часов термостатирования.

Самое быстрое образование молочного сгустка было обнаружено в пробах молока, к которым добавляли по 160 мг иммобилизованной на модифицированном пектине закваски йогурта. Время сквашивания составило 4,3 часа. При той же дозе иммобилизованной на модифицированном желатине закваски молочный сгусток в пробах было идентифицировано через 5,1 часа от начала термостатирования. Доказано, что при 8-часовом термостатировании оптимальная титруемая кислотность была в йогуртах, где применяли от 60 до 100 мг на 200 см³ молока иммобилизованной на модифицированном пектине и от 80 до 130 иммобилизованной на модифицированном желатине закваски. Экспериментально подтверждено, что для изготовления качественных по сенсорными показателями йогуртов можно использовать на 23,0–25,0 % меньше иммобилизованной на модифицированном пектине закваски чем закваски, иммобилизованной на модифицированном желатине.

Используя ряд расчетных методов были выведены функции установления оптимальных доз иммобилизованных заквасок для получения регламентированной титруемой кислотности в течение определенного времени.

Ключевые слова: йогурт, закваска, иммобилизация, модифицированный пектин, модифицированный желатин, титруемая кислотность, время сквашивания.

Fixing the time of the milk ripening depending on the content of immobilized yoghurt ferment

Vovkogon A.G., Merzlov S.V., Nepochatenko A.V., Merzlova G.V.

The process of getting antibiotics into the milk makes its property worse as a raw material for the production of dairy products including yogurt. An effective way to increase the resistance of microorganisms of yeast to yogurts by inhibiting factors is to immobilize them on organic carriers that are food additives.

The researches have been conducted in order to determine the effects of various doses of immobilized modified pectin and modified gelatin ferment for yogurt at the time of the milk coagulum formation and also indexes of titrated acidity of the finished product. For 8 hours of thermostat treatment of milk (200 cm³ single sample) there were found in samples from 60 and above mg immobilized on modified pectin and 80 and above mg immobilized on modified gelatin yeast ferment. The use of low doses of immobilized starter (10-30 mg per 200 cm³ of milk) did not allow to receive a milk coagulum for 10 hours of thermostat.

The fastest formation of the milk bundle was detected in milk samples, About 160 mg of yogurt ferment immobilized on a modified pectin were added to these samples. The time for hardening was 4.3 hours. At the same dose of fermentation immobilized on modified gelatin, the milk coagulum in samples was identified within 5.1 hours from the beginning of the thermostat. It has been proved that for 8 hours of thermostat the optimum titratable acidity was in yoghurts where 60 to

100 mg per 200 cc of immobilized milk on modified pectin and there were used from 80 to 130 mg of ferment immobilized on modified gelatin. It has been experimentally confirmed that it is possible to use ferment immobilized on modified pectinless on 23,0-25,0 % than the fermentation immobilized on modified gelatin for the production of qualitative sensory parameters of yoghurts.

Using a number of calculation methods, there were getting the functions of establishing the optimal doses of immobilized starter cultures for obtaining regulated titrated acidity for a certain time.

Keywords: yogurt, ferment, immobilization, modified pectin, modified gelatin, titrated acidity, fermentation time.

Надійшла 20.03.2019 р.