



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA**

(11) **108873**

(13) **U**

(51) МПК

G06N 3/02 (2006.01)

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: **u 2015 07249**

(22) Дата подання заявки: **20.07.2015**

(24) Дата, з якої є чинними
права на корисну
модель: **10.08.2016**

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: **10.08.2016, Бюл.№ 15**

(72) Винахідник(и):

**Бергілевич Олександра Миколаївна (UA),
Касянчук Вікторія Вікторівна (UA),
Бергілевич Олег Олександрович (UA)**

(73) Власник(и):

**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ,
вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, 40021
(UA)**

(54) СПОСІБ ПРОГНОЗУВАННЯ КІЛЬКОСТІ ПСИХРОТРОФНИХ МІКРООРГАНІЗМІВ В МОЛОЦІ КОРОВ'ЯЧОМУ ЗБІРНОМУ ОХОЛОДЖЕНОМУ З ВИКОРИСТАННЯМ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ

(57) Реферат:

В способі прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в сирому збірному молоці корів протягом його зберігання для прогнозування використовується новостворена штучна нейронна мережа (НСШНМ) за використання програми NeuroPro. В основу програми покладено введення до НСШНМ 3-х вхідних параметрів: КМАФАНМ (кількість мезофільних аеробних, факультативно-анаеробних мікроорганізмів) у сирому молоці, температуру зберігання сирого молока та тривалість його зберігання.

UA 108873 U

Корисна модель належить до ветеринарної та харчової мікробіології і може бути використана при встановленні кількісної оцінки холодостійкої (психротрофної) мікрофлори молока коров'ячого при його зберіганні. Корисна модель призначена для використання на молочних фермах та заводах, де зберігають сире молоко, та в спеціалізованих лабораторіях, науково-дослідних інститутах. Згідно з чинними вимогами у молоці сирому одним із основних мікробіологічних показників є загальна кількість мікроорганізмів (КМАФАнМ - кількість мезофільних аеробних, факультативно-анаеробних мікроорганізмів). При холодильному зберіганні молока у ньому розмножуються психротрофні мікроорганізми, які входять до складу КМАФАнМ. Чим більше значення КМАФАнМ у сирому молоці, тим більше у ньому психротрофних мікроорганізмів. Психротрофні мікроорганізми відіграють основне негативне значення у псуванні сирого молока та погіршення якості молокопродуктів. Відомо, психротрофні мікроорганізми є небажаною мікрофлорою в технології молокопродуктів, оскільки продукують терморезистентні ферменти (ліпази та протеази), які викликають вади молока та готової молочної продукції: молоко набуває гіркого смаку та неприємного запаху. Крім того, серед цих мікроорганізмів є багато умовно-патогенних та патогенних, які потребують своєчасного виявлення та контролю (Касянчук В.В., Бергілевич О.О., Бергілевич О.М. Виділення психрофільних та психротрофних мікроорганізмів сирого охолодженого збірного молока// Збірник наукових праць Вінницького ДАУ, 2008. - Випуск 34. - Том 1. - С. 188-192.)

Визначення психротрофних мікроорганізмів класичним загальноприйнятим мікробіологічним методом посіву досить тривале - до 10 діб. Для виробника молока важливо знати, яка кількість психротрофних мікроорганізмів може бути за різних умов зберігання молока. Тому, актуальним є пошук альтернативних більш швидких методів визначення кількості цих мікроорганізмів у сирому молоці. У розвинених країнах в останні десятиріччя розвивається такий новий напрям як прогностична (прогнозуюча) мікробіологія, яка базується на експериментальному визначенні особливостей росту та розмноження мікроорганізмів в різних умовах та використанні комп'ютерних програм, у тому числі прогностичних. Отже, швидкий контроль за кількістю психротрофних мікроорганізмів у сирому молоці корів може бути здійснений за умови використання комп'ютерних моделей або програм, що відображають вірогідні взаємозв'язки між періодом та температурою зберігання сирого збірного молока та кількістю психротрофних мікроорганізмів, що дає змогу швидко та достовірно визначити кількість зазначених мікроорганізмів та управляти якістю сирого молока.

Аналогом корисної моделі є спосіб визначення кількості психротрофних мікроорганізмів, який полягає в посіві дослідного матеріалу на щільне живильне середовище, з подальшим витримуванням в термостаті за температури 6,5 °С протягом 7-10 діб [Молоко. Метод підрахування колоній психротрофних мікроорганізмів, що формують колонії за температури 6,5 °С: ДСТУ ISO 6730:2006 (IDF 101:2005) - [Чинний 2008-01-01]. -К.: Держспоживстандарт України, 2008. - IV, 8 с].

Недоліком даного методу є те, що він є досить трудомісткий, базується на проведенні лабораторних досліджень, що є досить довготривалим (до 10 діб) та потребує значних матеріальних витрат.

В основу корисної моделі поставлена задача: розробити спосіб прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці коров'ячому збірному протягом його зберігання охолодженим з використанням спеціально навчених штучних нейронних мереж.

Найближчим аналогом корисної моделі є спосіб прогнозування кількості бактерій *Enterobacter sakazakii* в молоці коров'ячому збірному охолодженному за допомоги новоствореної спеціальної штучної нейронної мережі (НСШНМ) за використання стандартної програми NeuroPro. НСШНМ була розроблена спеціально для визначення кількості *Enterobacter sakazakii* на основі експериментальних даних стандартним методом посіву на поживне середовище за впливу таких чинників як кислотність молока та уміст у ньому білка, жиру. Для прогнозування кількості цих бактерій до зазначеної НСШНМ вводяться фактичні показники кислотності молока, вмісту жиру та білка в ньому та показники температури і терміну передбачуваного зберігання молока. НСШНМ прогнозує протягом 2-5 хв значення кількості бактерій *Enterobacter sakazakii* у сирому молоці із заданими параметрами на той період зберігання, що був уведений до НСШНМ. НСШНМ дає змогу з високою вірогідністю прогнозувати кількість бактерій *Enterobacter sakazakii* у сирому молоці певного фізико-хімічного складу при його зберіганні за заданими температурою через певний період зберігання [Патент України на корисну модель № 60298./ Спосіб прогнозування кількості бактерій *Enterobacter sakazakii* в сирому охолодженному молоці протягом зберігання /О.М. Бергілевич, В.В. Касянчук, Д.А. Засєкін, О.М. Алексєєв, О.О. Бергілевич; заявник Сумський НАУ. - заявл. 4.01.2011; опубл. 10.04.2011 Бюл. № 11. - 5 с].

Отже, в найближчому аналогу для прогнозування кількості бактерій *Enterobacter sakazakii* до стандартної програми NeuroPro було введено конкретні власні дані експериментів, які були отримані шляхом підрахунку цих бактерій у експериментальних пробах сирого молока на відповідному середовищі у чашках Петрі. Підрахунок *Enterobacter sakazakii* проводився у

моделях дослідів за різних умов фізико-хімічного складу молока та різних режимів його зберігання. Моделі для експериментів були наближених до практичних умов виробництва сирого молока. У моделях використовували проби сирого молока з різним умістом жиру і білка, які зберігали за різних параметрів температури і термінів зберігання.

Отже, в найближчому аналогу для створення НСШНМ у програмі NeuroPro було

використано п'ять вхідних показників (вміст жиру, білка в молоці та його кислотність) та тривалість і температура зберігання і один вихідний - кількість бактерій *Enterobacter sakazakii*. Недоліком в найближчому аналогу є те, що його використання передбачає введення до НСШНМ п'яти значень, що ускладнює процес визначення цільового показника.

Подібними ознаками найближчого аналогу і заявленого способу є те, що використовуються штучні нейронні мережі в комп'ютерній програмі NeuroPro. Ця програма є менеджером штучних нейронних мереж (ШНМ), які для їх використання з конкретною прогностичною метою попередньо необхідно навчити відповідно до поставленої мети, використовуючи експериментальні дані. Програма NeuroPro розроблена в Інституті обчислювального моделювання СО РАН і розрахована на функціонування в операційній системі MS Windows 97 або MS Windows NT 4.0 та працює з файлами бази даних в форматі dbf (dBase, FoxBase, FoxPro, Clipper). [Компьютерное моделирование биотехнологических процессов и систем: Учеб. пособие/ Д.С. Дворецкий, С.И. Дворецкий, Е.И. Муратова, А.А. Ермаков. Тамбов: Изд-во ТГТУ. - 2005. 80 с].

Відмітним ознаками заявленого способу від найближчого аналога є те, що як цільовий об'єкт досліджень є прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в збірному молоці корів 2-х гатунків: екстра та вищий протягом 48 годин зберігання його охолодженим за температури в межах від 4 °C до 6 °C (практичні режими зберігання сирого молока).

Ми створили нову штучну мережу для прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці коров'ячому збірному охолоджену у програмі NeuroPro, шляхом навчання штучних нейронних мереж при уведенні до них наступних експериментальних даних отриманих нами на моделях сирого молока:

кількість психротрофних мікроорганізмів у сирому молоці за дії різних охолоджуючих температур і термінів його холодильного зберігання;

кількість психротрофних мікроорганізмів у сирому молоці за різного значення показника КМАФАнМ.

Моделями були проби молока з різними значеннями показника КМАФАнМ від 100±20 тис КУО/см³ до 500±50 тис КУО/см³, які зберігали за наступних температур: + 4 °C і +6 °C протягом 12, 24, 36 та 48 годин.

Поставлена задача щодо розробки способу прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці коров'ячому збірному охолоджену з використанням штучних нейронних мереж вирішується наступним чином.

Спосіб був розроблений в п'ять етапів:

I. Формування бази даних результатів власних експериментальних досліджень кількості психротрофних мікроорганізмів та КМАФАнМ, отриманих на модельних пробах молока (формат dbf), моделі включали наступні показники:

загальна кількість мікроорганізмів у молоці - КМАФАнМ,

кількість психротрофних мікроорганізмів,

температура зберігання молока (4 °C та 6 °C);

період (термін) зберігання молока охолодженим (12, 24, 36 та 48 годин);

II. Створення нейропроекту - введення отриманої бази експериментальних даних до штучної мережі програми NeuroPro.

III. Навчання новоствореної штучної нейронної мережі прогнозувати цільовий показник за наявними даними та проведення її тестування шляхом введення різних нових значень КМАФАнМ, та режимів зберігання сирого молока в охолоджену стані з подальшою перевіркою отриманих даних класичним методом посіву на поживне середовище.

IV. Визначення та збереження показників значимості вхідних сигналів та спрощення штучної нейронної мережі (зменшення кількості найменш значимих сигналів).

V. Отримання статистичної інформації та оцінювання прогностуючої здатності щодо достовірності прогнозування психротрофних мікроорганізмів в сирому охолоджену молоці протягом зберігання.

Достовірність та ефективність створеної штучної мережі щодо спроможності прогнозувати кількість психротрофних мікроорганізмів перевіряли шляхом використання класичного методу посіву модельних проб молока на поживне середовище з наступним підрахунком колоній.

При використанні новоствореної штучної мережі необхідно ввести 3 вхідні параметри (користувач вводить свої власні наступні показники):

загальна кількість мікроорганізмів у молоці - КМАФАнМ,

температура зберігання молока (°C);

період (термін) зберігання молока охолодженням (годин).

Новостворена спеціальна штучна мережа для прогнозування має один вихідний параметр - прогнозована кількість психротрофних мікроорганізмів та 3 вхідні параметри.

Переваги способу полягають в його швидкості, точності та інформативності, а також значному зменшенні досліджень, необхідних для прогнозування кількості мікроорганізмів. Цей спосіб дозволить замінити реальні досліді на математичній моделі, що адекватно відображають найбільш важливі закономірності досліджуваних об'єктів.

Встановлення ефективності способу прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці коров'ячому збірному охолодженному з використанням штучних нейронних мереж протягом його зберігання проводили шляхом порівняння експериментальних даних та даних, отриманих з використанням комп'ютерного прогнозу. При цьому відхилення між фактичним даними та нейропрогнозом були незначними і в середньому коливалися від 400 КУО/см³ до 20 КУО/см³, а ступінь достовірності становив від 96,4 % до 99,8 %.

Корисна модель ілюструється наступними прикладами.

Приклад I стосується формування бази даних з результатів власних експериментальних досліджень. На підставі експериментально отриманих даних були сформовані моделі взаємозалежностей між загальною кількістю мікроорганізмів у молоці - КМАФАнМ та психротрофними мікроорганізмами в сирому збірному молоці (окремо для ґатунку екстра та вищій) й температурою, терміном його зберігання.

При цьому визначали:

а) результати вивчення впливу температури зберігання молока за 4 °C протягом 48 год. на кількість психротрофних мікроорганізмів в ньому;

б) результати вивчення впливу температури зберігання молока за 6 °C протягом 48 год. на кількість психротрофних мікроорганізмів в ньому.

Таблица 1

Експериментальна база даних, щодо впливу температури зберігання молока ґатунку екстра на кількість психротрофних мікроорганізмів

Тривалість зберігання молока, год.	Кількість мікроорганізмів, КУО/см ³ (середні дані)	
	МАФАнМ	Психротрофні (відношення до МАФАнМ, %)
Температура зберігання молока 4 °C		
12	20 000	2 000(10 %)
	50 000	6 150(12,3 %)
	100 000	13 500(13,5 %)
24	40 000	4 400(11 %)
	50 000	6 600(13,2 %)
	100 000	14 000(14,0 %)
36	40 000	4 880(12,2 %)
	50 000	7 000(14,0 %)
	100 000	14 900(14,9 %)
48	50 000	7 250(14,5 %)
	100 000	15 300(15,3 %)
Температура зберігання молока 6 °C		
12	30 000	3 240(10,8 %)
	50 000	6 650(13,3 %)
	100 000	13 900(13,9 %)
24	40 000	4 800(12 %)
	50 000	6 850(13,7 %)
	100 000	14 600(14,6 %)

Таблиця 1

Експериментальна база даних, щодо впливу температури зберігання молока
ґатунку екстра на кількість психротрофних мікроорганізмів

Тривалість зберігання молока, год.	Кількість мікроорганізмів, КУО/см ³ (середні дані)	
	МАФАНМ	Психротрофні (відношення до МАФАНМ, %)
36	40 000	5 610(12,9 %)
	50 000	7 250(14,5 %)
	100 000	15 300(15,3 %)
48	50 000	7 400(14,8 %)
	100 000	15 700(15,7 %)

Дані таблиці 1 свідчать про те, що у сирому збірному молоці вміст психротрофної мікрофлори у середньому складає від 10 % до 15 %. Причому із збільшенням рівня забруднення молока мезофільною мікрофлорою (МАФАНМ), кількість психротрофних мікроорганізмів збільшується.

5

Таблиця 2

Експериментальна база даних, щодо впливу температури зберігання молока ґатунку
вищий на кількість психротрофних мікроорганізмів

Тривалість зберігання молока, год.	Кількість мікроорганізмів, КУО/см ³ (середні дані)	
	МАФАНМ	психрофільні (відношення до МАФАНМ, %)
Температура зберігання молока 4 °С		
12	150 000	18 000(12 %)
	200 000	26 600(13,3 %)
	300 000	43 500(14,5 %)
24	150 000	18 750(12,5 %)
	200 000	27 200(13,6 %)
	300 000	44 400(14,8 %)
36	150 000	19 350(12,9 %)
	200 000	28 000(14,0 %)
	300 000	45 000(15,0 %)
48	200 000	29 000(14,5 %)
	300 000	45 900(15,3 %)
Температура зберігання молока 6 °С		
12	150 000	19 200(12,8 %)
	200 000	28 600(14,3 %)
	300 000	45 600(15,2 %)
24	150 000	20 250(13,5 %)
	200 000	30 000(15,0 %)
	300 000	47 100(15,7 %)
36	150 000	21310(14,2 %)
	200 000	31200(15,6 %)
	300 000	48 300(16,1 %)
48	200 000	32 400(16,2 %)
	300 000	50 400(16,8 %)

Приклад II. Прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів (величина, що прогнозується) в молоці коров'ячому збірному ґатунку екстра при зберіганні його охолодженим за температури 4 °С протягом 48 год. В даному прикладі сталим показником була температура зберігання молока, яка становила 4 °С. Зміну кількості психрофільних бактерій визначали через 12, 24, 36 та 48 годин зберігання молока збірного охолодженого. Ефективність запропонованого способу в даному прикладі визначали шляхом порівняння результатів експериментальних досліджень та результатів нейропрогнозу, який в автоматичному режимі здійснює аналізування

10

статистичної інформації та прогнозування психротрофних мікроорганізмів в сирому охолодженому молоці протягом зберігання. Результати досліджень наведені в таблиці 3

Таблиця 3

Встановлення ефективності способу прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці збірному при зберіганні його охолодженим за температури 4 °С протягом 48 год. з використанням штучних нейронних мереж

Температура зберігання молока, °С	Термін зберігання, год.	Кількість психротрофних мікроорганізмів, КУО/см ³		Ступінь достовірності	
		Фактично	Нейропрогноз	Відхилення	%
Молоко ґатунку екстра					
4	12	2 000	1 960	-40	2,0
	24	14 000	14 050	+50	3,6
	36	4 880	4 900	+20	0,4
	48	15 300	15 230	-70	0,5
6	12	3240	3210	-30	0,9
	24	6 850	6 900	+50	0,7
	36	15 300	15170	-130	0,8
	48	15 700	15 820	+120	0,8
Молоко ґатунку вищий					
4	12	26 600	26 720	+120	0,5
	24	27 200	26 950	+250	1,0
	36	45 000	44 800	-200	0,4
	48	45 900	46 000	+100	0,2
6	12	28 600	28 280	-320	1,2
	24	47 100	46 900	-200	0,4
	36	48 300	48 400	+100	0,2
	48	32 400	32 000	-400	1,3

- 5 Дані таблиці 3 свідчать про незначні відхилення між результатами, що отримані шляхом проведення нами експериментів (класичний метод посіву) та нейропрогнозом, які складають у середньому від 0,5 % до 2,0 %. Враховуючи актуальність швидкого визначення умісту психротрофних мікроорганізмів у сирому молоці, дані отримані шляхом нейропрогнозу дадуть змогу швидко оцінити мікробіологічну якість молока та прийняти рішення щодо термінів та умов його подальшого зберігання та шляхів його технологічної переробки.

- 10 Приклад III. Прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці коров'ячому збірному охолодженому в залежності від проміжних значень температури зберігання та терміну зберігання. Результати досліджень наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Результати використання методу прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці при різних (проміжних) параметрах зберігання

Температура зберігання молока, °С	Термін зберігання, год.	Вихідна кількість мікроорганізмів (КМАФАМ)	Результати нейропрогнозу
4	10	58 000	8 923
6	21	90 000	12 920
7	20	75 000	11538
4	8	40 800	6 048
6	8	40 800	7095
8	15	5800	6011
6	15	120 600	21976
6	17	250 500	45 521
7	20	230 000	41385

- Отже, як видно з наведених прикладів I-III, застосування запропонованого способу прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці у процесі зберігання, з використанням штучних нейронних мереж, який оснований на залежності темпів розвитку психротрофної мікрофлори від температури та терміну зберігання молока в охолодженому стані, має високий ступінь достовірності, який становить від 96,4 % до 99,8 %, оскільки відхилення між фактичними експериментальними даними та розробленим нейропрогнозом незначні і, в середньому, коливаються від 400 КУО/см³ до 20 КУО/см³ психротрофних мікроорганізмів. Запропонований метод дає змогу швидко та достовірно отримати дані, що є запорукою швидкого проведення запобіжних заходів для попередження псування сирого молока для отримання якісних молокопродуктів.

ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

- Спосіб прогнозування кількості психротрофних мікроорганізмів в молоці сирому коров'ячому збірному протягом його зберігання з використанням новоствореної штучної нейронної мережі (НСШНМ) за використання програми NeuroPro, який **відрізняється** тим, що визначають кількість психотрофних мікроорганізмів, до НСШНМ вводять 3 вхідні параметри: КМАФАНМ (кількість мезофільних аеробних, факультативно-анаеробних мікроорганізмів), температуру зберігання сирого молока та тривалість його зберігання, при цьому середня помилка (відхилення) становить від 0,5 % до 2,0 %.

Комп'ютерна верстка Л. Ціхановська

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601