

УДК 637.14

DOI <https://doi.org/10.37734/2518-7171-2024-1-3>

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗАКВАСОЧНИХ КУЛЬТУР У ВИРОБНИЦТВІ КИСЛОМОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ

О. П. ЧАГАРОВСЬКИЙ, доктор технічних наук, професор
(Одеський національний технологічний університет);

А. В. ЛУКАЩУК, головний технолог
(ТОВ «Науково-виробнича організація «Лактол Інтернейшнл»)

Анотація. Спираючись на опубліковані дослідження та дані щодо синтезу молочнокислими бактеріями різноманітних сполук, які впливають на органолептичні характеристики кисломолочних продуктів, визначено основні критерії для вибору заквасочних культур, які можуть бути рекомендовані для виробників кисломолочної продукції. Проаналізовано утворення смако-ароматичних сполук залежно від видового складу штамів заквасок, проведено порівняльний аналіз заквасок прямого внесення виробництва компанії Chr. Hansen для виробництва йогуртів, показано ключові відмінності у споживчих якостях йогуртів, вироблених із застосуванням різних стартових культур із декількох серій та генерацій. Аналізуючи залежності в'язкості та органолептичних оцінок йогуртів, вироблених на основі культур попередніх та нових генерацій показано базові принципи модифікації рецептур для розробки нової лінійки сучасних продуктів, що сприяють покращенню економічної ефективності виробництва загалом.

Ключові слова: кисломолочні продукти, заквасочні культури, культури прямого внесення, DVS, сквашування, органолептичні властивості.

Постановка проблеми в загальному вигляді.

Прихід на ринок України великих західних компаній-виробників заквашувальних препаратів, таких як Chr.Hansen, Danisco та інші, привів до появи у вітчизняній молочній промисловості широкого асортименту нових стартових культур прямого внесення для виробництва різноманітних кисломолочних продуктів. Це привело до необхідності визначити основні критерії, якими слід користуватися при виборі оптимальних культур для виробництва того чи іншого кисломолочного продукту.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

Властивості молочнокислих бактерій, які входять до складу стартових культур для виробництва ферментованої молочної продукції висвітлено у багатьох дослідженнях вчених, зокрема у працях Tamime A. Y., Robinson R. K., Dzwolak W., Ziajka S., Chmura S., Baranowska M. [1-3]. Ідентифіковано широкий перелік хімічних сполук, які є результатами метаболізму культурної мікрофлори в процесі ферментації, їх концентрації для окремих штамів, а також встановлено ключові залежності між органолептичною оцінкою кисломолочних продуктів та утворенням вище згаданих речовин в них.

Формування цілей статті. На основі вивчення даних досліджень особливостей синтезу молочнокислими мікроорганізмами смако-ароматичних та інших сполук, а також враховуючи сучасні запити ринку до виробництва кисломолочних продуктів із прогнозованими органолептичними характеристиками, пошуку рішень із збільшення економічної ефективності виробництва, було проведено порівняльний аналіз властивостей стартових культур для виробництва йогуртів та визначено

основні критерії щодо вибору тієї чи іншої культури виходячи з потреб виробництва.

Виклад основного матеріалу дослідження.

Смак, запах, аромат йогурту і інших кисломолочних продуктів визначається не тільки хімічним складом молока і молочних сумішей, а також низкою ароматичних речовин, які є результатом ферментаційної діяльності культур, що входять до складу заквасок. Ароматичні сполуки ферментованих молочних виробів утворюються в процесі метаболізму заквасочної мікрофлори і до них належать: нелеткі кислоти (молочна, піровиноградна, щавелева, янтарна), леткі кислоти (мурашина, оцтова, пропіонова, масляна), карбонільні субстанції (ацетон, ацетоїн, діацетил, ацетальдегід), спирти (2-бутанол, етанол) та інші речовини (ефіри, деякі амінокислоти). Кількість та види ароматичних речовин, що обумовлюють смакові характеристики кисломолочних продуктів залежить від складу молочнокислих бактерій, які містяться в заквасочних препаратах. В таблиці 1 приведені дані про перелік і кількість ароматичних сполук, які продукують деякі штами заквасочних культур для йогуртів та інших ферментованих молочних напоїв [1; 2].

Результати досліджень (табл. 1) свідчать, що смак йогурту визначається в основному ацетальдегідом, вміст якого в готовому продукті є найбільшим у порівнянні з іншими ароматичними речовинами. Так дійсно, більшість публікацій щодо смакових відмінностей йогурту свідчить, що при органолептичній оцінці перевага надавалась виробу, заквасочна культура якого продукувала найбільшу кількість ацетальдегіду [1; 3].

Разом з тим не слід ігнорувати вплив на смаковий профіль йогуртів інших ароматичних субстанцій, які в процесі ферментації синтезують йогуртові штами *Str.thermophilus* і *Lb.bulgaricus*. До них відносяться діацетил, пропанон, бутанон, ацетон, етилацетат та багато інших, що можуть внести значний вклад в формування смаку йогурту.

Загалом відомо, що йогурт може містити 91 хімічну сполуку, 21 з яких зумовлює важливий вплив на формування смаку і аромату в готовому продукті [1]. Такими прекурсорами ароматичних речовин можуть бути леткі жирні кислоти (оцтова, пропіонова, капронова, каприлова, капринова), амінокислоти (серин, пролін, валін, ізолейцин, тирозин, глутамінова кислота, метіонін, фенілаланін), продукції термічної деструкції жиру (кетоні оксикислоти), лактони (фурфууроли).

Враховуючи значні відмінності у властивостях багатьох штамів *Str.thermophilus* та *Lb.bulgaricus*, які вони проявляють під час ферментації молочної суміші для виробництва йогурту (швидкість продукування молочної кислоти, синтез біополімерів-загущувачів, формування смако-ароматичних сполук), постає надактуальне питання: «Як здійснити вибір необхідних йогуртових заквашувальних культур, що дозволять реалізувати вимоги-уявлення щодо споживчих характеристик готового продукту?»

При виборі потрібних заквашувальних культур та будь-якого кисломолочного продукту слід дотримуватися низки рекомендацій, які наведено нижче.

1. Виробник культур повинен надати повну інформацію про склад та властивості заквасок, загальний опис культур, що включає:

- видовий склад штамів заквашувальної культури (коки, палички та інші),
- чутливість до температури середовища (мезофільні, термофільні),
- рекомендоване дозування для заквашування,
- рекомендації по застосуванню,
- криві кислотоутворення в межах температурних режимів ферментації, що характерні для видового складу штамів заквашувальної мікрофлори,
- інформація про відсутність генетично модифікованих організмів штамів (ГМО),
- інформація про наявність алергенів згідно з регламентом ЄС про маркування 1169/2011/ЄС з доповненнями,
- дієтичний статус (кошер, халяль),
- умови зберігання і термін придатності,
- асортимент виробничої серії заквашувальних культур та особливості їх ротації,
- опис зовнішнього вигляду та фізичного стану культур.

2. Особливу увагу при виборі заквашувального перпарату для йогуртів заслуговує додаткова

Таблиця 1

Синтез смако-ароматичних речовин культурами, що використовують у виробництві йогуртів та кисломолочних продуктів [2]

Назва бактерії	Етанол, мг/л	Ацетальдегід, г/л	Діацетил, мг/л	Пропанон, мг/л	2-бутанон, мг/л	Оцтова кислота, мг/л	Ацетоїн*, мг/л	Мурашина кислота, мг/л	Ацетон, мг/л
<i>Str. salivarius subsp. thermophilus</i>	0–10,1	3,0–7,5	0–61	0,01–1,8	0,5	54	–	18–32	0,2–5,2
<i>Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus</i>	0–38	0,5–45	0–13	0,2–1,5	0,53	1,2	–	–	0,3–3,2
<i>Lactobacillus lactis subsp. lactis</i>	16,4–40,0	0,7–8,4	0,05–4,4	1,3–1,6	–	12	–	–	–
<i>Lactobacillus lactis subsp. diacetylactis</i>	13,1–183,1	2,2–11,4	0,6–55,0	–	–	444–840	0–311	–	–
<i>Lactobacillus acidophilus</i>	–	3–41	1–62	–	–	–	4–724	–	–
<i>Lactobacillus casei subsp. casei</i>	4,2–8,4	–	34–57	–	–	28,8–540	0–43,1	–	–
<i>Bifidus breve</i> (мкг/л)	62,1	77,5	0,7	11,6	0,6	–	–	–	–
<i>Bifidus longum</i> (мкг/л)	13,4–71	31,0–45,3	0,8–2,1	11,0–11,4	0,5–0,6	–	–	–	–
<i>Bacterium bifidum</i> (мкг/л)	54,6	12,5	0,6	12,2	0,6	–	–	–	–
Змішана культура (<i>Str. thermophilus</i> , <i>Lactobacillus bulgaricus</i>)**	–	2,0–41,0	0,4–0,9	–	–	–	2,2–5,7	–	1,3–4,0

Примітка: *ацетоїн є сполукою, що не має запаху, але при його окисленні утворюється діацетил; ** інформація про синтез смако-ароматичних речовин приведена в монографії [1].

інформація про його кислототворчі властивості (швидкість ферментації та постацидифікація), здатність до утворення густого згустку, відчуття повноти структури згустку на смак, а також формування характерного для йогурту аромату та смаку.

Про важливість бути обізнаними з вищеперерахованими властивостями заквасок наглядно демонструють побудовані спайдердіаграми культур YC-X11, YF-L901 та YoFlex Advance (рис. 1), які були вибрані в якості прикладів із серії йогуртових заквашувальних препаратів компанії Chr.Hansen, яка складається із більш ніж 30 окремих композицій. Слід підкреслити, що до складу йогуртових заквасок YC-X11, YF-L901 та YoFlex Advance входять виключно комбінації штамів *Str.thermophilus*, *Lb.bulgaricus*, в той же час серія культур Chr.Hansen містить також окремі екземпляри заквашувальних препаратів з молочнокислими бактеріями *Lactobacillus rhamnosus* (YoFlex Creamy 1.0, YoFlex Creamy 2.0), *Lactobacillus fermentum* (YoFlex Harmony 1.0) та *Lactobacillus lactis* (YC-180). Аналіз загального опису профільних характеристик йогуртових культур YC-X11, YF-L901 та YoFlex Advance 2.0 свідчить про значні відмінності між ними. Так, культура YF-L901 постачається на ринок тільки в замороженому стані, а YoFlex Advance виключно в ліофілізованій формі, в той час як YC-X11 є доступною в обох фізичних формах. Як випливає із спайдердіаграм, за своїми властивостями вказані заквашувальні препарати значно відрізняються, а відповідно, споживчі характеристики йогуртів, при виробництві яких застосовували YC-X11, YF-L901 та YoFlex Advance не будуть схожі між собою. Найбільш густий йогурт, але зі слабким смаком і ароматом та невеликим зростанням кислотності під час зберіганням буде мати місце у випадку використання йогуртової культури YF-L901. Відтак, зовсім інша картина спостерігається при виробництві йогурту на культурі YC-X11, який матиме гарний смак та аромат, але середню за густиною консистенцію з більш вираженою спроможністю до наростання кислотності протягом зберігання. І, нарешті, йогурт з повною структурою на смак, але з найменш вираженим ароматом та дуже слабкою постацидифікацією при зберіганні може бути випродукований при застосуванні культури YoFlex Advance.

Аналіз властивостей розглянутих йогуртових заквасок, що відображені на рисунку 1, в підсумку дозволяє попередньо сформулювати наступні рекомендації:

1. Культури YC-X11 слід використовувати для виробництва питного йогурту без фруктово-ягідних наповнювачів, термін придатності якого є коротким (≤ 14 діб), в зв'язку з середнім значенням постацидифікації. Крім того, під час виробничого процесу після закінчення швидкої ферментації необхідно охолодити згусток за максимально короткий термін щоб уникнути переокислення готового продукту. Враховуючи здатність культури

YC-X11 надавати йогурту гарний смак та аромат, можна рекомендувати використовувати кінцевий продукт як основу для виробництва айрану, тану та інших кисломолочних напоїв з низьким вмістом білка.

2. Культуру YoFlex Advance найкраще застосовувати у виробництві питних йогуртів з наповнювачами і з подовженими термінами зберігання (≥ 30 діб) так як в готовому продукті процес постацидифікації протікає дуже повільно, а синтез незначної кількості смако-ароматичних сполук не має негативного впливу на органолептику кінцевого виробу, яку формують фруктово-ягідні добавки.

3. Густі йогурти слід виробляти з культурою YF-L901, яка продукує природні біополімери (екзополісахариди), що беруть участь у формуванні густої структури згустку, повнота якої відчувається на смак.

Сучасні заквашувальні культури прямого внесення Direct Vat Set (DVS) є найкращими технологічними інструментами для прогнозування і конструювання ферментованих молочних продуктів з бажаними смаковими характеристиками (смак, аромат, консистенція, їх стабільність та незмінність під час зберігання та інші).

Враховуючи, що для йогурту і цілої низки кисломолочних виробів бактеріальні заквашувальні препарати містять асоціативні штами мікрофлори з різними властивостями, то поєднання різних культур може допомогти покращити необхідні характеристики або навпаки знівелювати недоліки, що притаманні заквасці, яка містить одинокі штами молочнокислих бактерій. Тому вибір заквасочних культур для йогурту і ферментованих молочних виробів є особливо важливою процедурою, від якої залежать не тільки якісні показники готової продукції, але і економічна ефективність їх виробництва.

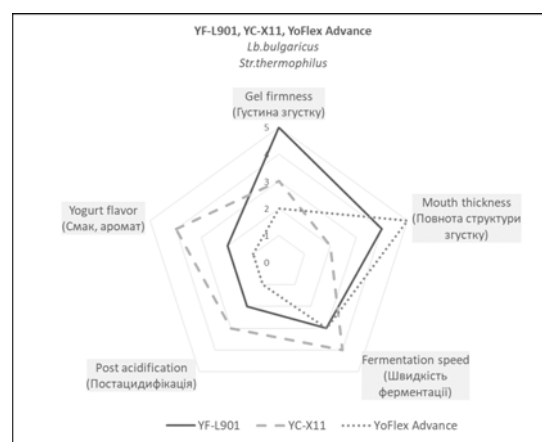


Рис. 1. Профільні характеристики йогуртових культур компанії Chr.Hansen.

Бальна оцінка властивостей: 1 – дуже низька/дуже повільна; 2 – мала/повільна; 3 – середня; 4 – висока/швидка; 5 – дуже висока/дуже швидка

Селекційна робота, яка проводиться в міжнародних біотехнологічних компаніях щодо покращення таких властивостей штамів молочнокислої мікрофлори як синтез екзогенних полісахаридів, формування бажаних смако-ароматичних сполук, гальмування або відсутність процесів кислотоутворення протягом тривалого зберігання привели до появи нового покоління культур, що дозволяють оптимізувати йогуртові рецептури знизити виробничі затрати та поліпшити натуральність готової продукції.

Значне підвищення в'язкості згустків йогурту має місце при застосуванні нових культур YoFlex Premium-1 в порівнянні з культурою YF-901 та YF-L701 у випадку присутності в рецептурах 1%, 2%, 3% та 4% сухого знежиреного молока, що представлено у вигляді кривих на рисунку 2.

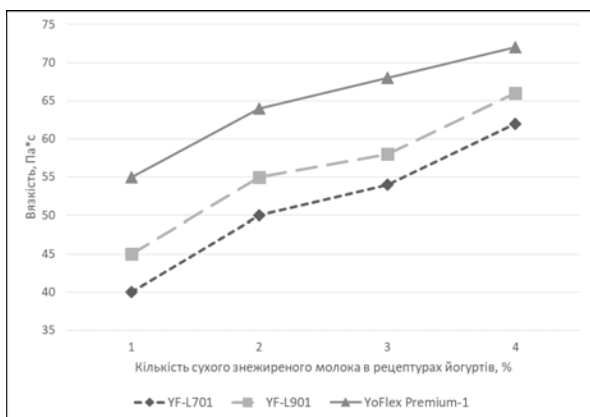


Рис. 2. Залежність в'язкості йогуртів, вироблених на різних культурах компанії Chr.Hansen від вмісту сухого знежиреного молока в рецептурах

Аналіз даного графіку свідчить про зростання в'язкості згустку у випадку сквашування молочної суміші, що містить 1% сухого знежиреного молока, культурами YoFlex Premium-1 до ідентичних значень які кисломолочний згусток має у випадку вмісту 2% сухого знежиреного молока в йогуртовій суміші, яка була ферментована за допомогою культур YF-L901. При використанні йогуртових культур YF-L701 подібних величин в'язкості згусток набуває тільки у випадку додавання понад 3% сухого знежиреного молока.

Відтак, нове покоління йогуртових культур дозволяє отримати згусток із високим рівнем в'язкості, що дає можливість як мінімум вдвічі зменшити вміст сухого знежиреного молока в рецептурі молочної суміші без будь-якого компромісу для реологічних характеристик. Окрім густого продукту із чудовою консистенцією, нові заквашувальні культури сприяють значному покращенню смаку йогурту надаючи йому вершковість, що створює враження жирності навіть для виробів із низьким вмістом жиру (рис. 3).

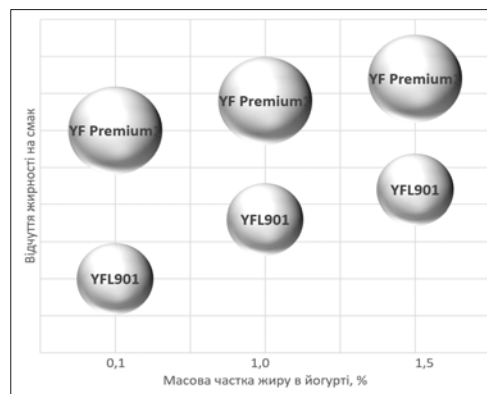


Рис. 3. Порівняльна характеристика органолептичного відчуття жирності йогуртів з різною масовою часткою жиру та вироблених із використанням культур YoFlex Premium 1, YF-L901

Йогуртові культури нового покоління компанії Chr.Hansen (YoFlex Premium, YoFlex Mild, YoFlex Creamy) відкривають безмежні можливості для створення досконалих продуктів з бажаним органолептичним профілем (аромат, смак, зовнішній вигляд, консистенція) в порівнянні із заквасками попередньої генерації (YoFlex Advance та YF-L901) по створенню кращої консистенції (кремова, глянцева, густа, коротка структура) згустку, більш вираженого вершкового йогуртового аромату, відчуття жирності та густоти на смак, меншу здатність до синерезису, про що наглядно демонструють профілі споживчих характеристик, що відображені на рисунку 4 у вигляді спайдердіаграм.

Порівняльний аналіз спайдердіаграм йогуртових культур YoFlex Premium-1, YoFlex Creamy-1 та культур попереднього покоління YoFlex Advance та YF-L901 свідчить про значну еволюцію заквашувальних препаратів нової генерації, використання яких дозволяє виробляти йогурт з досконалою органолептикою, а також створює передумови до перегляду існуючих рецептур з метою збільшення економічної ефективності виробництва за рахунок зменшення жирності, зниження дозування або відмови від додавання загущувачів, сухого знежиреного молока, білка та інших інгредієнтів, які формують текстуру йогурту.

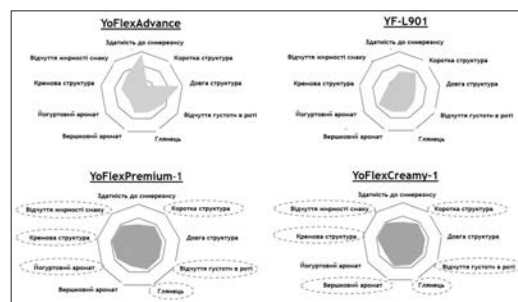


Рис. 4. Профілі споживчих характеристик йогуртів, вироблених на заквашувальних культурах попередньої (YoFlex Advance та YF-L901) та нової (YoFlex Premium-1, YoFlex Creamy-1) генерації

Висновки. Системний підхід до обґрунтованого вибору відповідних заквашувальних препаратів у виробництві кисломолочних продуктів є критично важливим і необхідним враховуючи широку палітру доступних на вітчизняному ринку

пропозицій. Вивчення і розуміння властивостей стартових культур дає змогу не лише прийняти найбільш оптимальне рішення у кожному конкретному виробництві, але також і створювати нові смачні та конкурентоспроможні продукти.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Tamime A. Y., Robinson R. K. Yoghurt. Science and Technology. Boca Raton, FL : Woodhead Publishing Ltd., 1999. 662 с.
2. Dzwolak W., Ziajka S., Chmura S., Baranowska, M. Produkcja mlecznych napojów fermentowanych. Warszawa : Oficyna Wydawnicza Hoża, 2000. 324 с.
3. Tamime A. Y. Some aspects of the production of yoghurt and condensed yoghurt. Ph. D. Thesis. Reading : University of Reading Department of Food Science, 1977. 77 с.

REFERENCES

1. Tamime, A. Y., & Robinson, R. K. (1999). Yoghurt. Science and Technology. Boca Raton, FL : Woodhead Publishing Ltd., 662 p.
2. Dzwolak, W., Ziajka, S., & Chmura, S., Baranowska, M. (2000). Produkcja mlecznych napojów fermentowanych [Manufacture of Milk Fermented Drinks]. Warszawa : Oficyna Wydawnicza Hoża, 324 p [in Polish],
3. Tamime, A. Y. (1977). Some aspects of the production of yoghurt and condensed yoghurt. Ph. D. Thesis. Reading : University of Reading Department of Food Science, 77 p.

O. Chaharovskiy, PhD. Dr., Professor (Odesa National University of Technology); **A. Lukashchuk**, Chief Technologist (Lactol International LLC). **Justification of the choice of starter cultures in the production of dairy products**

Abstract. The main criteria for the starter cultures selection process, which could be recommended for fermented milk products producers, have been determined based on published studies and data about lactic acid bacteria synthesis of various chemical compounds which affect fermented milk products' organoleptic characteristics. The flavor compounds formation analyzed depending on the species composition of starter cultures, a comparative analysis of Chr.Hansen's starter cultures for yogurts carried out, key differences of yogurt consumer characteristics which produced by different starter cultures from several ranges and generations were shown. The basic recipe modification principles were described by analyzing the dependences of viscosity and organoleptic properties of yogurts produced by starter cultures from previous and new generations for new range modern dairy products development that contribute to improving the economic efficiency of production.

Key words: fermented milk products, starter cultures, direct vat set cultures, DVS, fermentation, organoleptic properties.