

RESEARCH OF QUALITY INDICATORS OF YOGURTS WITH MALTODEXTRIN AND DRY GLUCOSE SYRUP

O. Ivashchenko, G. Polishcuk

National University of Food Technologies

Key words:

Yogurt
Glucose syrup
Maltodextrin
Dextrose equivalent
Structuring capability
Syneresis

Article history:

Received 11.07.2023
Received in revised form
28.07.2023
Accepted 10.08.2023

Corresponding author:

O. Ivashchenko

E-mail:

olivasha25@gmail.com

Citation: O. М. Івашченко, Г. Є. Поліщук (2023). Дослідження показників якості йогуртів з мальтодекстрином і сухим глюкозним сиропом. *Наукові праці НУХТ*, 29(4), 162—175.
DOI: 10.24263/2225-2924-2023-29-4-15

ABSTRACT

Products of enzymatic hydrolysis of starch are multifunctional ingredients in various food technologies. At the same time, their use in dairy products is quite limited and is mainly applied to the production of ice cream, dairy desserts, and non-fermented dairy beverages. Among the wide range of starch derivatives, the most promising ones for their application in fermented dairy beverages are dry glucose syrups and maltodextrins. They enable avoiding the addition of extra water and are easy to store and use. Glucose syrups and maltodextrins were proposed to be used in the composition of non-fat yogurt and bio-yogurt as stabilizers, milk fat mimetics, sweeteners, and moisture-binding agents.

It was established that an abundance of higher sugars in maltodextrins prolongs the fermentation process, while an increase in the content of monosaccharides in syrups accelerates the duration of fermentation of dairy blends in the technological process of producing yogurt and non-fat bio-yogurt with fat content of 0.05% and 1.0%. Based on the obtained regression equations, the course of lactic acid fermentation in the technological process of obtaining yogurt and bio-yogurt exhibited significant variation over a wide range of dextrose equivalent values of the applied starch derivatives. The structuring and moisture-binding capabilities of dry products from starch hydrolysis in yogurt and bio-yogurt increased in the following sequence: dry glucose syrup → maltodextrin type MD-18 → maltodextrin type MD-10. The most balanced impact on the sensory characteristics of yogurt and bio-yogurt was observed when using dry glucose syrup with a dextrose equivalent of 40...42, which served as a sweetener and structure stabilizer.

Low-saccharified maltodextrins were more effective as structuring agents, milk fat mimetics, and a source of dry matter for producing non-fat drinking yogurt and bio-yogurt.

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЯКОСТІ ЙОГУРТІВ З МАЛЬТОДЕКСТРИНОМ І СУХИМ ГЛЮКОЗНИМ СИРОПОМ

О. М. Іващенко, Г. Є. Поліщук

Національний університет харчових технологій

Продукти ферментативного гідролізу крохмалю є поліфункціональними інгредієнтами у різних харчових технологіях. Водночас їх застосування у складі молочних продуктів доволі обмежене і стосується передусім виробництва морозива, молочних десертів та неферментованих молочних напоїв. Серед широкого асортименту крохмалепродуктів найбільш перспективними для їх використання у складі ферментованих молочних напоїв є сухі глюкозні сиропи і мальтодекстрини, які унеможливають додаткове внесення води та легкі у зберіганні й застосуванні. Саме їх запропоновано застосовувати у складі йогурту та біойогурту нежирних питних як стабілізатори, міметики молочного жиру, підсолоджувачі, вологозв'язувальні агенти.

Встановлено, що переважання вищих цукрів у складі мальтодекстринів продовжує, а підвищення вмісту моноцукрів у сиропі і патоці прискорює тривалість сквашування молочних сумішей у технологічному процесі виробництва йогурту та біойогурту жирністю 0,05 і 1,0%. Відповідно до одержаних рівнянь регресії виявлено характер перебігу молочнокислого бродіння в технологічному процесі одержання йогурту і біойогурту в доволі широкому діапазоні значень декстрозного еквівалента застосованих крохмалепродуктів. Структуруюча і вологозв'язувальна здатність сухих продуктів гідролізу крохмалю у складі йогурту та біойогурту підвищуються у такій послідовності: сухий глюкозний сироп → мальтодекстрин марки MD-18 → мальтодекстрин марки MD-10. Найбільш збалансований вплив на органолептичні показники йогурту і біойогурту виявляє суха глюкозна патока з декстрозним еквівалентом 40...42, яка виконує функції підсолоджувача і стабілізатора структури. Низькоосахаровані мальтодекстрини більш ефективні як структуруючі агенти, міметики молочного жиру і джерело сухих речовин для одержання йогурту і біойогурту питного нежирного.

Ключові слова: йогурт, глюкозний сироп, мальтодекстрин, декстрозний еквівалент, структуруюча здатність, синерезис.

Постановка проблеми. Світове виробництво крохмалю і продуктів його переробки як унікальних поліфункціональних інгредієнтів щорічно збільшується (Ünlü, & Soysal, 2017). Натуральні продукти ферментативного і кислотного гідролізу крохмалю є підсолоджувачами, кріопротекторами, структуруючими агентами, впливають на осмотичний тиск, протидіють кристалізації цукрів, підсилюють смак та аромат, імітують вміст жиру, що й обумовлює їх широке використання у виробництві хлібобулочних і кондитерських виробів, плодово-ягідних та овочевих консервів, соусів і напоїв. (Eke-Ejiofor, 2015; Jia, Zhou, & Zheng, 2017).

В Україні шляхом ферментативного гідролізу кукурудзяного крохмалю виготовляють фруктозу, крохмальну патоку, глюкозні та глюкозно-фруктозні сиропи, мальтодекстрини, обсяги виробництва яких повністю забезпечують внутрішній ринок доволі дешевими багатфункціональними інгредієнтами. Але застосування продуктів гідролізу крохмалю у складі молочних продуктів поки що доволі обмежене і стосується передусім виробництва морозива, молочних десертів і неферментованих молочних напоїв (Polischuk, Sharahmatova, Breus, Bass, & Shevchenko, 2019; Zargaraan, Kamaliroosta, Yaghoubi, & Mirmoghtadaie, 2016).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Наукові публікації, присвячені застосуванню продуктів гідролізу крохмальної патоки у складі йогурту, дуже обмежені. Дослідників більше цікавить використання у складі йогуртів глюкозно-галактозного сиропу, одержуваного з лактози, для заміни 25...50% цукру (Mosquera-Martínez, Sepúlveda-Valencia, Ciro-Velásquez, Vargas-Díaz, & Pérez-Escobar, 2023).

Натомість доведено пребіотичні властивості мальтодекстрину, одержуваного з кукурудзяного крохмалю, у складі біойогурту з біфідобактеріями, що підтверджується підвищенням життєдіяльності пробіотичних штамів *Lactobacillus acidophilus* і *Bifidobacterium lactis* за одночасного поліпшення сенсорних органолептичних властивостей готового продукту впродовж усього періоду зберігання (Batawy, & Khalil, 2018). У той же час інші технологічні функції мальтодекстрину не вивчено. Структуруючі та пребіотичні властивості також властиві композиційним сумішам крохмальної патоки та крохмалю за їх спільного застосування у складі харчових продуктів (Gökşen, & Ekiz, 2018).

Також відомо про структуруючу здатність мальтодекстрину з вівса у кількості 1, 2 і 3% у складі йогурту жирністю від 1 до 3% (Domagała, Sady, Grega, & Bonczar, 2006) за умови часткової або повної заміни молочного жиру на мальтодекстрин. Заміна молочного жиру в йогурті на вказаний мальтодекстрин не показала істотних відмінностей у сенсорному аналізі та реологічних характеристиках готового продукту.

Слід відзначити, що в складі йогурту і йогуртових напоїв, зазвичай, використовують хімічно модифіковані крохмалі у кількості до 1,5% (He, Han, Liu, Wang, Yang, & Yang, 2019). Китайськими науковцями доведено, що поперечне зшивання крохмалю призводить до підвищення його стійкості до кислоти та механічного впливу, порівняно з нативним крохмалем, однак подібна хімічна модифікація макромолекул може знижувати здатність до набухання та розчинність цього полісахариду. Тому для досягнення певного балансу між ефектом наповнювача і сумісності з молочними білками макромолекули крохмалю рекомендовано ацетилювати з одержанням хімічно модифікованих структуруючих харчових добавок (Pang, Xu, Luo, Che, Bansal, & Liu, 2019). Водночас вітчизняні вчені довели технологічну доцільність застосування натурального структуруючого і підсолоджуючого інгредієнта — рідкої низькоосахарованої патоки у складі йогурту з масовою часткою жиру 1,5% як підсолоджувача і стабілізатора структури (Марченко, & Поліщук, 2017). Але не досліджено функціонально-технологічні властивості сухих продуктів гідролізу крохмалю, зокрема з декстрозним еквівалентом нижче 30, у складі йогурту та біойогурту нежирного.

З технологічної точки зору сухі натуральні підсолоджувачі більш перспективні для використання у складі ферментованих молочних напоїв, порівняно з рідкими крохмальними сиропами, оскільки вони містять усього 3...5% вологи, на відміну від рідких сиропів (20...22% вологи) (Harni, Putri, & Handayani, 2021). У разі застосування у складі йогурту до 9...10% сухих речовин патоки рідкої або сиропу, що замінюють 4% сухого знежиреного молока (СЗМ) і 5...6% цукру, в продукт додатково вноситься близько 2,2...2,5% води. Окрім того, під час зберігання патока густішає, втрачає текучість, може змінювати колір, тому перед використанням її нагрівають до 40...50 °C для зменшення в'язкості, що потребує додаткового технічного оснащення, а також відповідних витрат часу та енергії. Подібні обмеження й рекомендації для сухої патоки відсутні. Саме тому для унеможливлення внесення до складу йогурту води разом з рідкими патоками і сиропами, а також для спрощення транспортування, зберігання, дозування та подальшого застосування натуральних підсолоджувачів, доцільним є використання сухих продуктів переробки крохмалю вітчизняного виробництва — сухого глюкозного сиропу і сухого мальтодекстрину.

Мета дослідження: вивчити вплив сухого глюкозного сиропу і мальтодекстрину на органолептичні та фізико-хімічні показники якості йогурту нежирного.

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- вивчити вплив сухих продуктів гідролізу крохмалю на тривалість процесу сквашування в технології йогурту нежирного;
- дослідити закономірності структурування і вологозв'язування згустків йогурту в присутності сухих крохмалепродуктів;
- визначити органолептичні показники зразків йогурту із сухими продуктами гідролізу крохмалю різного ступеня осахарованості.

Матеріали і методи. Для проведення дослідження було обрано сухий глюкозний сироп з декстрозним еквівалентом (ДЕ) 40 і сухий мальтодекстрин двох марок — MD-10 (ДЕ=10) та MD-18 (ДЕ=18...20) вітчизняного виробництва (ПрАТ «Інтеркорн Корн Просессінг Індустрі»).

Контрольні і дослідні зразки йогурту готували із застосуванням заквасок для йогурту (закваска «Іпровіт», Інститут продовольчих ресурсів НААНУ, містить *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*,) і для біойогурту з біфідобактеріями (закваска VIVO, містить *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*).

Титровану кислотність зразків йогурту визначали загальновідомим титриметричним способом шляхом нейтралізації кислот, які знаходяться в продукті, розчином гідроксиду натрію та ідентифікації точки еквівалентності (Tomovska, Gjorgievski, & Makarijoski, 2016).

Умовну в'язкість зразків йогурту вимірювали за допомогою віскозиметра ВЗ-246. Перед вимірюванням проби йогурту ретельно перемішували, запобігаючи утворенню бульбашок, і доводили їх температуру до (20±2) °C.

Вологоутримувальну здатність зразків йогурту визначали фільтруванням 100 см³ зруйнованих кисломолочних згустків через паперовий фільтр при 20±1 °C та вимірюванням об'єму відділеної сироватки у см³ впродовж 60 хв.

Органолептичні властивості зразків йогурту оцінювали шляхом сенсорного профілювання за п'ятибальною описовою шкалою відповідно до стандартного

методу ISO (EN ISO 13299:2016) за такими індивідуальними сенсорними атрибутами: зовнішнім виглядом і консистенцією, кольором, смаком, запахом, які оцінювали за 5-бальною описовою шкалою. За 1 бал приймали відсутність даного атрибута, а за 5 — атрибут максимальної інтенсивності. Оцінки за 5-бальною шкалою відмічали на осях діаграм та отримували сенсорні профілі зразків. Розподіл коефіцієнтів вагомості за 25-бальною шкалою такий: консистенція — 0,3; смак — 0,3; аромат — 0,2; зовнішній вигляд — 0,1; колір — 0,1. Одержані за 5-бальною шкалою результати перераховували відповідно до коефіцієнтів вагомості. Якість зразків йогурту диференціювали за оцінкою рівня якості та загальним зваженим балом відповідно до таких діапазонів їх значень: 21—25 балів — відмінний; 16—19,9 бала — добрий; 11—15,9 бала — задовільний; 6—10,9 бала — поганий; менше 6 балів — дуже поганий (неприйнятний).

Склад контрольних і досліджуваних зразків наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Склад контрольних і досліджуваних зразків йогурту

Зразки	Інгредієнти, %				
	Сухе знежирене молоко (СЗМ)	Цукор	Мальтодекстрин марки MD-10	Мальтодекстрин марки MD-18	Сухий глюкозний сироп (СГС)
Контрольні зразки з масовою часткою жиру 0,05%					
Йогурт	4,0	5,0	—	—	—
Біойогурт	4,0	5,0	—	—	—
Контрольні зразки з масовою часткою жиру 1,0%					
Йогурт	4,0	5,0	—	—	—
Біойогурт	4,0	5,0	—	—	—
Досліджувані зразки з масовою часткою жиру 0,05%					
Йогурт	—	—	9,0	—	—
Йогурт	—	—	—	9,0	—
Йогурт	—	—	—	—	9,0
Біойогурт	—	—	9,0	—	—
Біойогурт	—	—	—	9,0	—
Біойогурт	—	—	—	—	9,0
Досліджувані зразки з масовою часткою жиру 1,0%					
Йогурт	—	—	9,0	—	—
Йогурт	—	—	—	9,0	—
Йогурт	—	—	—	—	9,0
Біойогурт	—	—	9,0	—	—
Біойогурт	—	—	—	9,0	—
Біойогурт	—	—	—	—	9,0

За час сквашування приймали тривалість досягнення заквашеними молочними сумішами титрованої кислотності не нижче 80 °Т відповідно до вимог ДСТУ 4343:2004 «Йогурти. Загальні технічні умови щодо мінімальних значень титрованої кислотності для йогуртів. Після сквашування йогурт охолоджували до температури не вище 6 °С, витримували впродовж 1, 7 та 14 діб і визначали показники якості продукту.

Статистична обробка результатів. Всі результати за 3—5-кратної повторності і заданої довірчої ймовірності $P \geq 0,95$ були статистично оброблені за допомогою програми Statistika 10. Побудову діаграм здійснено у Microsoft Excel 2016.

Викладення основних результатів дослідження. Вуглеводний склад крохмалепродуктів може впливати на перебіг процесу ферментації молочних сумішей (Batawy, & Khalil, 2018), тому з метою вивчення впливу видового складу закваски і виду крохмалепродукту та масової частки жиру молочних сумішей на час їх сквашування результати наведено у табл. 2.

Таблиця 2. Час сквашування зразків йогурту та біойогурту з мальтодекстрином і сухим глюкозним сиропом (години) ($n=5$; $P \geq 0,95$)

Види зразків	Йогурт		Біойогурт	
	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%
Контрольні зразки	4,10±0,20	4,2±0,19	3,87±0,14	4,05±0,16
Зразки з MD-10 (DE=10)	4,90±0,21	5,10±0,20	4,71±0,19	4,85±0,17
Зразки з MD-18 (DE=18...20)	4,80±0,16	5,0±0,22	4,60±0,23	4,71±0,21
Зразки з СГС (DE=40)	4,54±0,16	4,77±0,12	4,33±0,20	4,44±0,19

Відповідно до табл. 2, загальні закономірності зміни тривалості процесу сквашування зразків різними за складом заквасками для йогурту в цілому подібні прояву активності молочнокислої мікрофлори у попередніх дослідженнях, де вивчалися суміші з рідкими крохмальними патоками/сиропами: глюкозно-фруктозним сиропом (ГФС), глюкозним сиропом (ІГ-42), патокою низькоосахарованою (ПН), декстрозний еквівалент яких становив 97...98, 40...42 і 30 відповідно (Іващенко, & Поліщук, 2022). Найбільшу активність виявила закваска з термофільною ацидофільною паличкою, що підтверджується найкоротшим часом досягнення мінімального значення титрованої кислотності не нижче 80 °Т. Також слід відмітити незначне скорочення часу сквашування для сумішей жирністю 0,05%, порівняно із сумішами 1% жирності. Прослідковується чітка тенденція залежності тривалості сквашування від декстрозного еквівалента крохмалепродуктів у складі йогурту в кількості 9%. Ілюстративно таку залежність наведено на рис. 1. Результати визначення тривалості сквашування молочних сумішей з підсолоджувачами вітчизняного виробництва з ДЕ від 30 до 98, а саме з ГФС, ІГ-42 і ПН, використано з попередньо опублікованих даних (Марченко, & Поліщук, 2017).

Визначену закономірність можна пояснити наявністю у складі низькоосахарованих продуктів деструкції крохмалю достатньої кількості декстринів, які ефективно зв'язують воду, що пригнічує життєдіяльність молочнокислих бактерій. Натомість моноцукри у високоосахарованих патоках і сиропах (глюкозно-фруктозний сироп, глюкозний сироп) активують молочнокислі бактерії і таким чином скорочують час сквашування молочних сумішей. Тому для одержання певного балансу між бажаною тривалістю сквашування і ступенем солодкості

йогурту варто застосовувати підсолоджувачі з різним декстрозним еквівалентом як одним з вагомих чинників впливу на перебіг мікробіологічних процесів.

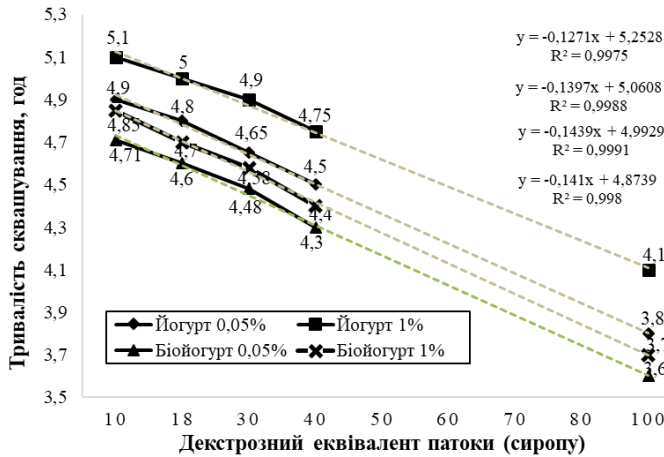


Рис. 1. Залежність тривалості сквашування молочних сумішей різної жирності заквасками для йогурту і біойогурту від декстрозного еквіваленту крохмальних патоک (сиропів) і мальтодекстринів у їх складі

Відомо, що крохмалепродукти спроможні суттєво впливати на фізико-хімічні показники йогурту (Lobato-Calleros, Ramírez-Santiago, Vernon-Carter, & Alvarez-Ramirez, 2014). Тому на наступному етапі визначали умовну в'язкість зразків йогурту та біойогурту з сухим глюкозним сиропом і мальтодекстринами різних марок (рис. 2) після сквашування і подальшого зберігання зразків при температурі $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ у холодильній камері впродовж 1, 7 і 14 діб.

Умовну в'язкість згустків свіжовиготовлених зразків йогурту та зразків після заданого терміну зберігання наведено на рис. 2 а, б.

Відповідно до рис. 2, сухі мальтодекстрини марок MD-10 та MD-18, порівняно з сухим знежиреним молоком, структурують йогурт ефективніше за рахунок високого вмісту декстринів. Мальтодекстрини у 3,5 раза дешевші за сухе знежирене молоко, тому їх застосування у складі йогурту в кількості 9%, порівняно із сухим знежиреним молоком у кількості 4%, економічно вигідніше. Також слід зазначити, що мальтодекстрини не лише структурують йогурти, але й підсолоджують їх і є відносно дешевим джерелом сухих речовин. Отже, мальтодекстрини можуть частково знижувати потребу в цукрі в йогуртах. Сухий глюкозний сироп СГС виявляє дещо меншу структуруючу здатність, що пояснюється розріджувальною дією моноцукрів (Nikolić, Petrović, Pajin, Lončarević, Šubarić, Ačkar, Miličević, Šereš, Dokić, Šoronja-Simović, & Jozinović, 2023).

Упродовж зберігання зразків йогурту з крохмалепродуктами відзначене суттєве підвищення умовної в'язкості, особливо після 1-ї та 7-ї діб зберігання. Найбільш виражений цей ефект у зразках із сухим мальтодекстрином. Присутність молочного жиру у кількості 1% також відіграє певну роль у структуруванні зразків йогурту.

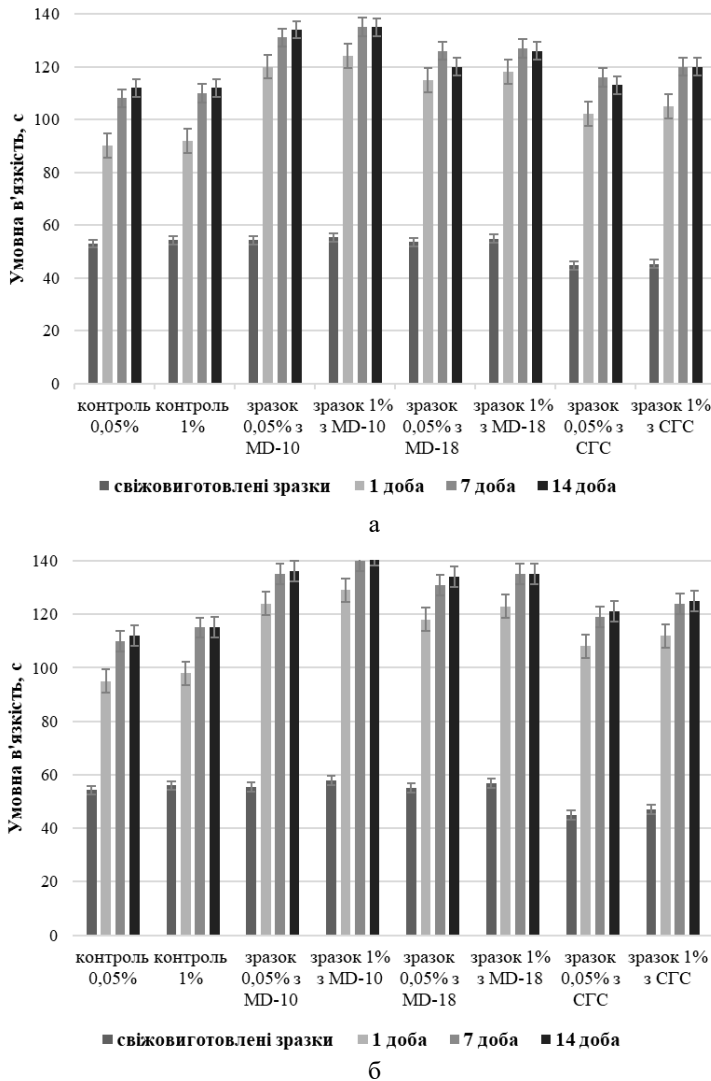


Рис. 2. Умовна в'язкість зразків йогурту (а) та біойогурту (б) з крохмалепродуктами під час зберігання

За результатами порівняльного аналізу значень умовної в'язкості йогурту та біойогурту очевидно є загальна тенденція позитивного впливу крохмалепродуктів на в'язкісні характеристики продукту свіжовиготовленого та впродовж зберігання, особливо в разі застосування закваски з ацидофільною паличкою.

Авторами попередньо доведено, що рідкі крохмальні патоки і сиропи можуть впливати на синеретичні властивості кисломолочних згустків (Івашенко, & Поліщук, 2022). Тому на наступному етапі досліджували ступінь синерезису йогурту з сухими крохмалепродуктами у кількості 9%, які за рахунок більшого вмісту вищих цукрів спроможні ефективніше зв'язувати вологу та чинити опір синерезису

молочно-білкових згустків йогурту під час зберігання. Ступінь синерезису свіжовиготовленого йогурту та біойогурту з сухими крохмалепродуктами через 60 хв вимірювання наведено на рис. 3.

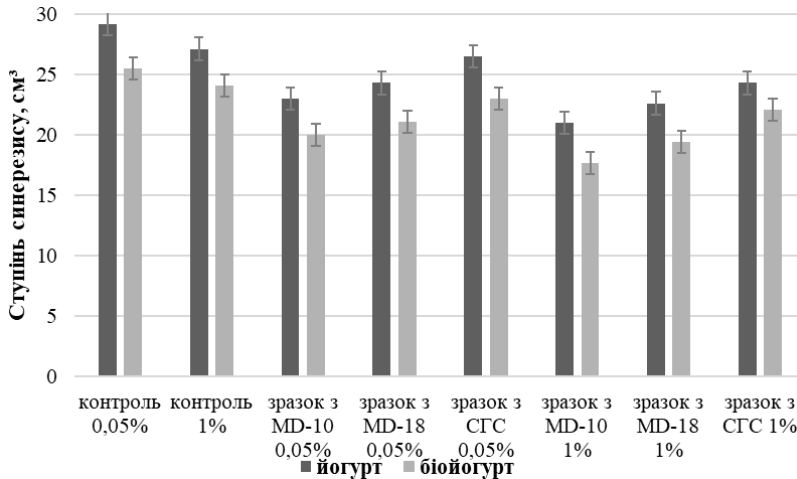


Рис. 3. Ступінь синерезису зразків йогурту і біойогурту з крохмалепродуктами

За результатами аналізу рис. 3 можна відмітити найсуттєвіше підвищення ступеня синерезису кисломолочних згустків біойогурту з масовою часткою жиру 1%, що містить мальтодекстрин MD-10. Дещо меншу ефективність виявлено для мальтодекстрину MD-18, а найменшу — для CGC. Водночас усі зразки йогурту і біойогурту з крохмалепродуктами характеризувалися меншим синерезисом, порівняно з контрольними зразками, що підтверджує доволі високу стабілізуючу здатність мальтодекстрину і сухої глюкозної патоки. Біойогурт відрізнявся кращим утримуванням вологи за присутності в його складі в'язких екзополісахаридів як продуцентів життєдіяльності ацидофільної палички (Angelin, & Kavitha, 2020).

Зовнішній вигляд дослідних зразків на прикладі біойогурту з масовою часткою жиру 1% і вмістом 9% сухих крохмалепродуктів, порівняно з контрольним зразком (4% сухого знежиреного молока +5% цукру), наведено на рис. 4.

Відповідно до рис. 4, очевидним є найсуттєвіше структурування біойогурту з мальтодекстрином MD-10, дещо менше — з мальтодекстрином MD-18, і найменше — з CGC, що можна пояснити доволі високим вмістом у цих сухих крохмалепродуктах вищих структуруючих цукрів (Grenby, & Mistry, 2000; Hofman, Van Vuul, & Brouns, 2016). Порівняльний аналіз зовнішнього вигляду контрольного і дослідних зразків йогурту ще раз підтверджує більшу доцільність застосування продуктів деструкції кукурудзяного крохмалю, ніж сухе знежирене молоко.

Отже, всі сухі крохмалепродукти виявляють високу структуруючу та вологоутримувальну здатність. Виявлений ефект потребує проведення більш глибоких досліджень реологічних характеристик, зокрема тиксотропної здатності кисломолочних згустків із крохмалепродуктами за допомогою спеціального обладнання.

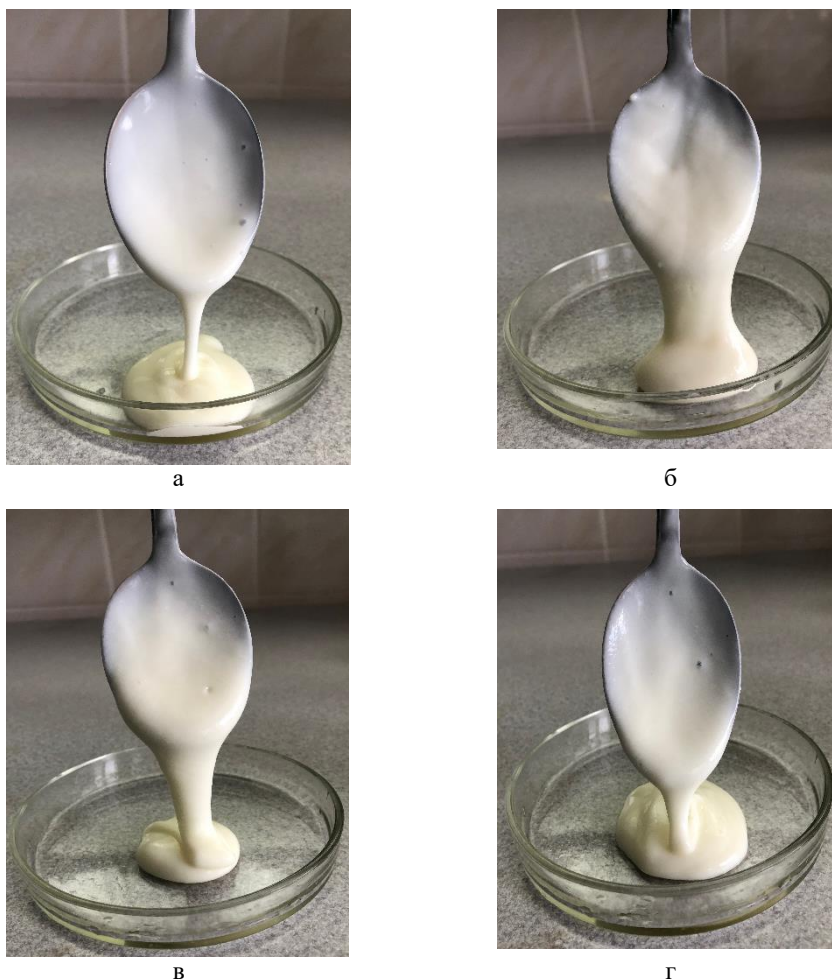


Рис. 4. Зовнішній вигляд дослідних зразків на прикладі біойогурту: а — контрольний зразок; б — зразок з MD-10; в — зразок з MD-18; г — зразок з СГС

На останньому етапі дослідної роботи визначали органолептичні показники йогурту та біойогурту із сухими крохмалепродуктами. Оскільки мальтодекстрини і глюкозний сироп характеризуються різним вуглеводним складом, доволі логічним є припущення, що за підвищення ДЕ крохмалепродукти все більше впливатимуть на ступінь солодкості за одночасної втрати структуруючої здатності йогурту і навпаки. На прикладі біойогурту з масовою часткою жиру 1% на рис. 5 наведені результати дослідження, які підтверджують вказане припущення.

Відповідно до рис. 5, зразки з MD-10 і MD-18 характеризуються густою кремоподібною консистенцією та привабливим зовнішнім виглядом, але вони недостатньо солодкі і мають невиражений аромат. Натомість зразок контрольний за стандартного ступеня солодкості і гарного аромату недостатньо структурований.

Зразок з СГС займає проміжне значення. Зважаючи на це, у подальших дослідженнях варто використовувати переваги кожного із підсолоджувачів, залежно від поставленого завдання і виду продукту (з наповнювачами, без наповнювачів).



Рис. 5. Профілограма органолептичних показників зразків біоїогурту (м.ч.ж. 1,0%) із сухими крохмалепродуктами

У табл. 3 наведено загальний зважений бал і рівень якості органолептичної оцінки зразків йогурту йогурту і біоїогурту різної жирності.

Таблиця 3. Загальний бал і рівень якості зразків йогурту та біоїогурту за результатами органолептичної оцінки

Види зразків	йогурт		біоїогурт	
	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%	м.ч.ж. 0,05%	м.ч.ж. 1,0%
Загальний бал				
Контрольні	19,0	19,5	20,8	21,7
Зразки з MD-10	19,0	19,4	19,5	20,2
Зразки з MD-18	19,5	20,0	20,4	20,5
Зразки з СГС	24,0	24,3	24,6	24,8
Рівень якості				
Контрольні	добрий	добрий	відмінний	відмінний
Зразки з MD-10	добрий	добрий	добрий	відмінний
Зразки з MD-18	добрий	відмінний	відмінний	відмінний
Зразки з СГС	відмінний	відмінний	відмінний	відмінний

Відповідно до табл. 3, зразки йогурту з СГС доволі зрівноважені за консистенцією і ступенем солодкості й ароматом. Натомість ступінь солодкості й аромат зразків з MD-10 та MD-18 дещо невиражені за високого структурування, хоча слід відзначити доволі ефективне маскування мальтодекстринами браку молочного жиру в йогурті нежирному. Підвищення вмісту жиру та застосування пробіотичної закваски позитивно впливають на загальне органолептичне сприйняття в усіх групах йогурту. Саме для йогурту нежирного з м.ж.ч. 0,05% найбільш складно сформувати належні органолептичні показники, що потребує особливої

уваги дослідників (Chen, Zhao, Hao, Yu, Tian, & Zhao, 2017). Усі зразки йогурту суттєво не відрізнялися ($P \geq 0,95$) за рівнем якості після 7 і 14 діб зберігання, порівняно з йогуртом після однієї доби зберігання.

Отже, сухий глюкозний сироп за збалансованого впливу на смак (ступінь солодкості, аромат) та консистенцію є найбільш прийнятним у складі йогурту і біо-йогурту нежирного. Сухий глюкозний сироп спроможний повністю замінювати цукор і сухе знежирене молоко як джерело сухих речовин, підсолоджувач і стабілізатор у складі йогурту жирністю 0,05 і 1,0%. Мальтодекстрини як джерело сухих речовин виявляють функції стабілізаторів та міметиків жиру, тому є технологічно активними і можуть бути застосовані у складі йогурту з низьким ступенем солодкості або разом з інтенсивнішими підсолоджувачами, наприклад, сухою фруктозою, що потребує подальших досліджень.

Висновки

Переважаання вищих цукрів у складі мальтодекстринів подовжує, а підвищення вмісту моноцукрів у сиропі і патоках прискорює тривалість сквашування молочних сумішей у технологічному процесі виробництва йогурту та біо-йогурту жирністю 0,05 і 1,0%, що підтверджується одержаними рівняннями регресії за зміни значень декстрозного еквіваленту крохмалепродуктів від 10 до 98.

Структурування і вологозв'язувальна здатність молочно-білкових згустків йогурту та біо-йогурту жирністю 0,05% ті 1,0% із сухими продуктами гідролізу крохмалю підвищуються в такій послідовності: сухий глюкозний сироп → мальтодекстрин марки MD-18 → мальтодекстрин марки MD-10.

Найбільш збалансований вплив на органолептичні показники йогурту і біо-йогурту нежирного виявляє суха глюкозна патока з декстрозним еквівалентом 40...42, яка виконує функції підсолоджувача і стабілізатора структури. Застосування мальтодекстринів марок MD-10 та MD-18 як ефективних структуруючих інгредієнтів і міметиків молочного жиру для одержання йогурту питного десертного призначення потребує сполучення з інтенсивними підсолоджувачами.

Перспективами подальших наукових досліджень є вивчення реологічних характеристик, зокрема тиксотропної здатності, кисломолочних згустків з крохмалепродуктами та наукове обґрунтування сполучення структуруючих мальтодекстринів з іншими підсолоджувачами у складі йогурту та біо-йогурту нежирного десертного призначення для досягнення максимального технологічного ефекту.

Література

Іващенко О. М., Поліщук, Г. Є. (2022). Вивчення функціонально-технологічних властивостей крохмальної патоки у складі йогурту. *Харчова промисловість*, 31-32, 43—53. <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2022-31-32-7>.

Марченко, Т. С., Поліщук, Г. Є. (2017). Наукове обґрунтування доцільності використання крохмальної патоки у складі йогуртів. *Наукові праці Національного університету харчових технологій*, 23, 1, 240—247. <https://doi.org/10.24263/2225-2916-2022-31-32>.

Angelin, J., Kavitha, M. (2020). Exopolysaccharides from probiotic bacteria and their health potential. *International Journal of Biological Macromolecules*, 162, 853—865. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.190>.

- Batawy, O. E., Khalil, O. S. (2018). Manufacture and Properties of Low-Fat Bio Yoghurt Containing Probiotic Strains and Maltodextrins Prebiotic. *J. Prob Health*, 6, 192. <https://doi.org/10.4172/2329-8901.1000192>.
- Chen, C., Zhao, S., Hao, G., Yu, H., Tian, H., Zhao, G. (2017). Role of lactic acid bacteria on the yogurt flavour: A review. *International Journal of Food Properties*, 20(sup1), S316—S330. <https://doi.org/10.1080/10942912.2017.1295988>.
- Domagała, J., Sady, M., Grega, T., Bonczar, G. (2006). Rheological properties and texture of yoghurts when oat-maltodextrin is used as a fat substitute. *International Journal of Food Properties*, 9(1), 1—11. <https://doi.org/10.1080/10942910600588776>.
- Eke-Ejiofor J. (2015). Functional properties of starches, physico-chemical and rheological properties of glucose syrup made from cassava and different potato varieties. *International Journal of Recent Scientific Research*, 6, 4400—4406. <https://doi.org/10.24327/IJRSR>.
- Gökşen, G., EKİZ, H. I. (2018). Pasting and gel texture properties of starch-molasses combinations. *Food Science and Technology*, 39, 93—102. <https://doi.org/10.1590/fst.27817>.
- Grenby, T., Mistry, M. (2000). Properties of maltodextrins and glucose syrups in experiments in vitro and in the diets of laboratory animals, relating to dental health. *British Journal of Nutrition*, 84(4), 565—574. <https://doi.org/10.1017/S0007114500001884>.
- Mosquera-Martínez, A. J., Sepúlveda-Valencia, J. U., Ciro-Velásquez, H. J., Vargas-Díaz, S., Pérez-Escobar, L. (2023). Whole yogurt sweetened with glucose-galactose syrup obtained by nanofiltration: Effect on galactooligosaccharides concentration, physicochemical and sensory properties. *Applied Food Research*, 3(1), 100272. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.afres.2023.100272>.
- Hami, M., Putri, S. K., Handayani, T. D. (2021, May). Characteristics of Glucose Syrup From Various Sources of Starch. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 757, No. 1, p. 012064). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/757/1/012064>.
- He, J., Han, Y., Liu, M., Wang, Y., Yang, Y., Yang, X. (2019). Effect of 2 types of resistant starches on the quality of yogurt. *Journal of dairy science*, 102(5), 3956—3964. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15562>.
- Hofman, D. L., Van Buul, V. J., Brouns, F. J. (2016). Nutrition, health, and regulatory aspects of digestible maltodextrins. *Critical reviews in food science and nutrition*, 56(12), 2091—2100. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.940415>.
- Jia D., Zhou L., Zheng Y., (2017). Properties of a novel thermostable glucose isomerase mined from *Thermus oshimai* and its application to preparation of high fructose corn syrup. *Enzyme and Microbial Technology*. 99: 1—8. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2017.01.001>.
- Lobato-Calleros, C., Ramírez-Santiago, C., Vernon-Carter, E. J., Alvarez-Ramirez, J. (2014). Impact of native and chemically modified starches addition as fat replacers in the viscoelasticity of reduced-fat stirred yogurt. *Journal of Food Engineering*, 131, 110—115. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.01.019>.
- Mohameed, H. A., Abu-Jdayil, B., Eassa, A. M. (2006). Flow properties of corn starch–milk–sugar system prepared at 368.15 K. *Journal of food engineering*, 77(4), 958—964. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.08.040>.
- Nikolić, I., Petrović, J., Pajin, B., Lončarević, I., Šubarić, D., Ačkar, Đ., Miličević, B., Šereš, Z., Dokić, L., Šoronja-Simović, D., Jozinović, A. (2023). The Influence of Starch Sweeteners on Functional Properties of Cellulose Fat Mimetics: Rheological and Textural Aspects. *Polymers*, 15(14), 2982. <https://doi.org/10.3390/polym15142982>.
- Polischuk, G., Sharahmatova, T., Breus, N., Bass, O., Shevchenko, I. (2019). Studies of water freezing features in ice cream with starch syrup. *Food Science and Technology*, 13(2). <https://doi.org/10.15673/fst.v13i2.1383>.
- Pang, Z., Xu, R., Luo, T., Che, X., Bansal, N., Liu, X. (2019). Physiochemical properties of modified starch under yogurt manufacturing conditions and its relation to the properties of yogurt. *Journal of food engineering*, 245, 11—17. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2018.10.003>.
- Tomovska, J., Gjorgievski, N., Makarijoski, B. (2016). Examination of pH, Titratable Acidity and Antioxidant Activity in Fermented Milk, Journal of materials Science and Engineering. *Journal of*

Materials Science and Engineering A, 6(11), 326—333. <https://doi.org/10.17265/2161-6213/2016.11-12.006>.

Zargaraan, A., Kamaliroosta, L., Yaghoubi, A. S., Mirmoghadaie, L. (2016). Effect of substitution of sugar by high fructose corn syrup on the physicochemical properties of bakery and dairy products: a review. *Nutrition and Food Sciences Research*, 3(4), 3—11. <https://doi.org/10.18869/acadpub.nfsr.3.4.3>.

Ünlü, E., Soysal, Ç. (2017). Starch Based Sugar; Production, Usage and Health Effect. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 38—42. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3822644>.