

УДК 637.1

JUSTIFICATION OF THE DURATION OF FERMENTATION OF MILK MIXTURE IN TECHNOLOGY OF SOUR MILK DESSERTS

U. Kuzmyk, O. Bass, N. Yushchenko, A. Makhmudov, I. Mukoliv
National University of Food Technologies

Key words:

Sour milk dessert
Water activity
Active acidity
Sublimated fruits
Rheological properties

Article history:

Received 08.09.2021
Received in revised form
22.09.2021
Accepted 05.10.2021

Corresponding author:

U. Kuzmyk

E-mail:

ukuzmik@gmail.com

ABSTRACT

A promising area is the development of resource-saving food technologies, namely the development of innovative products using raw materials of plant and animal origin.

The study of the fermentation duration process was carried out in terms of water activity, active acidity, degree of syneresis and changes in shear stress depending from the rate of deformation of clots. It was found that at the beginning of the fermentation process, active acidity (pH) was 6.2, water activity — 0.992. The sample was characterized by uniform, viscous consistency. During 6 h of fermentation, the active acidity decreased by 1.4 pH units, and the activity of water was 0.982. A strong, dense clot was formed, serum was not separated. After 8 h of fermentation, the active acidity and activity of water remained unchanged.

According to the results of the study of the degree of syneresis, it was found that the indicator decreased with increasing duration of fermentation of the mixture, there was a tendency to reduce the amount of separated serum. During 8 h of fermentation, the value of syneresis was 10%, which is almost three times less than the duration of fermentation for 2 hours. The shear stress increased.

The structuring process was analyzed by the results of the constructed rheological curves of the dependence of shear stress and strain rate of the studied samples. After 8 h of fermentation, the shear stress reached 160 Pa. At this value, the shear stress of the structuring was sufficient to prevent spontaneous serum separation. This is because sublimated apples and bananas contain a solution of fiber which retains free moisture. The presence of dry whey protein concentrate gives a delicate plastic consistency to the sour milk dessert due to the high dispersion of whey protein micelles and the peculiarities of the gelation process.

Therefore, the duration of fermentation of the milk mixture is 6—8 h at a temperature of $40\pm 2^{\circ}\text{C}$, followed by cooling for 8—16 h to the temperature of $4\pm 2^{\circ}\text{C}$. As a result of the interaction of milk proteins and functional ingredients, a dense consistency of sour-milk dessert was obtained. The strength of their bonds will affect the consistency, the degree of syneresis, the rheological properties and the stability of the quality during storage.

DOI: 10.24263/2225-2924-2021-27-5-11

ОБҐРУНТУВАННЯ ТРИВАЛОСТІ СКВАШУВАННЯ МОЛОЧНОЇ СУМІШІ В ТЕХНОЛОГІЇ КИСЛОМОЛОЧНИХ ДЕСЕРТІВ

У. Г. Кузьмик, О. О. Басс, Н. М. Ющенко, А. М. Махмудов, І. М. Миколів
Національний університет харчових технологій

У статті описано процес тривалості сквашування молочної суміші в технології кисломолочних десертів. Дослідження здійснювали за показником активності води, активної кислотності, ступеня синерезису та зміни напруження зсуву від швидкості деформації згустків. Виявлено, що на початку процесу сквашування активна кислотність становила 6,2 од рН, активність води — 0,992. Зразок характеризувався однорідною, в'язкою консистенцією. Протягом 6 год сквашування активна кислотність знизилася на 1,4 од рН, а активність води становила 0,982. При цьому утворився міцний, щільний згусток, сироватка не відокремлювалась. Після 8 год сквашування активна кислотність та активність води залишались без змін.

За результатами дослідження ступеня синерезису встановлено, що показник зменшується при збільшенні тривалості сквашування суміші, спостерігається тенденція зменшення кількості відділеної сироватки. Протягом 8 год сквашування значення синерезису становило 10%, що майже втричі менше ніж при тривалості сквашування протягом 2 год. При цьому зростало напруження зсуву.

Процес структурування проаналізовано за результатами побудованих реологічних кривих залежності напруження зсуву та швидкості деформації досліджуваних зразків. Через 8 год сквашування показник напруження зсуву досягав 160 Па. За такого значення показника напруження зсуву структурування було достатнім для запобігання спонтанного відділення сироватки. Це пов'язано з тим, що сублімовані яблуко та банан містять розчинну клітковину, яка утримує вільну вологу. Присутність сухого концентрату сироваткових білків надає кисломолочному десерту ніжної пластичної консистенції за рахунок високої дисперсності міцел сироваткових білків та особливостей процесу гелеутворення.

Отже, тривалість сквашування молочної суміші становить 6—8 год за температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$ з подальшим доохолодженням протягом 8—16 год до температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$. У результаті взаємодії молочних білків і функціональних інгредієнтів отримано щільну консистенцію кисломолочного десерту. Міцність їх зв'язків впливатиме на консистенцію, ступінь синерезису, реологічні властивості та стабільність якості під час зберігання.

Ключові слова: кисломолочний десерт, активність води, активна кислотність, сублімовані фрукти, реологічні властивості.

Постановка проблеми. При виборі способу виробництва харчового продукту необхідно передбачити запровадження ресурсозберігаючих технологій, отримання продукту високої якості, розроблення інноваційних продуктів з використанням сировини рослинного й тваринного походження, зниження виробничих витрат (Kapetanakou, Passiou, Chalkou, & Skandamis, 2021).

Для розширення асортименту продуктів харчування та підвищення харчової цінності використовують рослинну сировину. Плодово-ягідна сировина — це

джерело біологічно активних речовин, таких як вітамінів, фенольних сполук, мінеральних речовин тощо. Такі речовини володіють імуномоделюючою, радіопротекторною, антиоксидантною властивістю. Окрім того, рослинна сировина володіє технологічними властивостями, надає колір продукту, проявляє стабілізуючі властивості тощо (Штонда & Пасічний, 2019; Павлюк, Погарська, Берестова, Крячко & Лавриненко, 2010).

Найбільш доступною та популярною фруктовою сировиною є плоди яблук і банан, що відрізняються високим вмістом біологічно активних речовин (аскорбінової кислоти, β -каротину, мінеральних речовин, пектинових, дубильних речовин тощо). Доведено, що саме за рахунок вмісту поживних речовин така сировина проявляє функціонально-технологічні властивості (Wang, Kristo & LaPointe, 2019; Yingyuen, Sukrong & Phisalaphong, 2020).

Застосування плодово-ягідної сировини у вигляді порошків сублімаційного сушіння набуло широкої популярності в промисловості. Висока якість і біологічна повноцінність такої сировини пояснюється тим, що обробці може піддаватися лише свіжа сировина. Біологічні та фізико-хімічні зміни в продукті мінімальні. Продукти легко поглинають при відновленні вологу (можуть відновлюватися навіть у холодній воді), зберігають первинні властивості, колір, смак, запах (Тарасенко та ін., 2015).

Присутність сухого концентрату сироваткових білків надає продуктам нижньої пластичної консистенції за рахунок високої дисперсності міцел сироваткових білків та особливостей гелеутворення. Також вони мають високу біологічну цінність, тому можуть слугувати додатковим збагачуючим компонентом (Однорог & Поліщук, 2018).

Під час виробництва молочних продуктів застосовують стабілізуючі речовини. Вони забезпечують стабільну консистенцію, підвищують стійкість продукту до дії зовнішніх факторів протягом терміну зберігання продукту, що досягається в результаті сукупності хімічних і фізичних процесів. Як натуральний стабілізатор використовують желатин, що утворює високоеластичний термозворотний гель з точкою плавлення в межах рівня температури тіла людини (менше 37°C) як гелеутворювач. Гелі желатину формуються за рахунок зв'язків різної природи (водневих, гідрофобних, електростатичних) (Соломон, Новгородська & Бондар, 2019).

Зважаючи на вищезазначене, сформульовано основні положення актуальності дослідження: необхідність покращення структури харчування населення за рахунок біологічно активних речовин рослинної сировини; доцільність удосконалення технології кисломолочних десертів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Консистенція кисломолочних продуктів обумовлена сукупністю багатьох факторів: якістю та хімічним складом сировини, дотриманням режимів технологічного процесу, механічним впливом на згусток тощо.

Досліджено вплив рисового борошна на фізико-хімічні показники ферментованих молочних продуктів. Опрацьовано рецептури та способи застосування рисового борошна у складі продуктів, виготовлених із молока або вершків. Встановлено, що використання рисового борошна у кількості від 1,5 до 3,5 г /100 г продукту не погіршує органолептичні властивості та забезпечує формування стійкої консистенції кисломолочних згустків (Романчук, Рудакова, Моїсеева & Гондар, 2016). Проте не досліджено показник активності води, що

має вплив на формування структурно-механічних властивостей молочного продукту.

Розроблено молочний десерт з фініковим сиропом і порошком. При використанні такого наповнювача не потрібно додатково вводити цукор, що надасть продукту дієтичних властивостей. До того ж фініки (*Phoenix dactylifera L.*) джерело біологічно активних речовин (Djaoud *et al.*, 2020). Проте у цьому дослідженні вплив наповнювача на фізико-хімічні властивості молочного десерту не вивчався.

Досліджено, що додавання 1% яблучного порошку перед ферментацією йогурту сприяє агрегації міцел казеїну. Як наслідок, спричиняє початок гелеутворення при більш високому рН (5,9) (Wang, Kristo & LaPointe, 2019).

Обґрунтовано доцільність внесення білкових концентратів (КСБ-УФ-65, КМБС-65) у кисломолочні напої в кількості від 3 до 5% з метою покращання їхньої консистенції та стабільності впродовж зберігання (Рудюк, Пасічний, Хорунжа & Красуля, 2019). Але авторами не досліджено процес ферментації при виробництві молочних продуктів.

Проведено дослідження можливості поєднання кокосового та знежиреного молока в технології сиру кисломолочного. До складу цього продукту входить знежирене та кокосове молоко (9—12%), м'якоть банана (6—9%). Отриманий продукт характеризувався вмістом сухих речовин 35,04%, вологою 64,96%, масовою часткою жиру 5,5% та вуглеводів 23,1%, мінеральними речовинами 1% (Kumar, Chauhan, Rajani & Sabikhi, 2018).

Відома технологія йогурту (Jayabalan, Magesh, Rajeshkannan & Rathakrishnan, 2020), який виробляють з пастеризованої суміші молока, цукру з додаванням порошку м'якоти банана та бананових стебел. Оптимальним співвідношенням складових є 82,6% молока, 9,98% цукру, 2,03% порошку м'якоти банана та 2,25% порошку бананових стебел.

Аналіз наукової інформації показав, що розроблення інноваційних продуктів з використанням сировини рослинного й тваринного походження є актуальним.

Мета статті: дослідження процесу тривалості сквашування молочної суміші в технології кисломолочних десертів.

Матеріали і методи. Для одержання дослідних зразків десерту кисломолочного з фруктами, збагаченого сироватковими білками, обрано таку сировину: молоко знежирене з масовою часткою жиру не вище 0,05%, кислотністю не вище 21°Т, отримане сепаруванням незбираного молока, концентрат сироваткових білків, отриманий способом ультрафільтрації (КСБ-УФ), желатин швидкорозчинний харчовий, порошок яблука та банана сублімаційного сушіння згідно з чинними нормативними документами.

Дослідження активності води (A_w) у дослідних зразках здійснювали на аналізаторі активності води «HygroLab 2» (Rotronic, Швейцарія) за температури 20°С в діапазоні вимірювання 0...1 A_w (0...100% rh). Визначення активної кислотності (рН) здійснювали відповідно до ДСТУ 8550:2015 (Кузьмик, Ющенко, Басс & Миколів, 2020).

Ступінь синерезису згустків визначали центрифужним методом. Дослідний зразок після перемішування вносили в центрифужні мірні пробірки у кількості 10 см³ та центрифугували протягом 30 хв за частоти обертів 3000 хв⁻¹. Через кожні 5 хв визначали об'єм сироватки, що виділявся (см³) (Рудюк, Пасічний, Хорунжа & Красуля, 2019).

Реологічні властивості отриманих згустків визначали на ротаційному віскозиметрі «Rheotest II» з вимірювальною системою циліндр-циліндр S/N шляхом зняття кривих кінетики деформації (течії) (Kochubei-Lytvynenko, Yatsenko, Yushchenko & Kuzmyk, 2018).

Викладення основних результатів дослідження. Модельні зразки молочної суміші готували таким чином: у знежирене пастеризоване молоко під час інтенсивного перемішування додавали сухий концентрат сироваткових білків (4—6%), сублімовані фрукти (4—7%) за температури $40 \pm 5^\circ\text{C}$, які попередньо перемішали та просіяли. Желатин (0,5—0,7%) попередньо витримували в холодній воді, не менше 30 хв, потім розчин нагрівали до температури $60 \pm 5^\circ\text{C}$ при перемішуванні до повного розчинення. Отриману молочну суміш при перемішуванні нагрівали до 80°C , додавали розчин желатину і нагрівали до 90°C з витримкою 55 ± 5 с для пастеризації. Потім суміш охолоджували до температури $55 \pm 5^\circ\text{C}$, ретельно перемішували, охолоджували до температури заквашування $40 \pm 2^\circ\text{C}$ і вносили закваску прямого внесення (0,3—0,5%), яка містить мікроорганізми біфідо- і лактобактерій, до складу яких входить *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*, *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus rhamnosus*, *Lactobacillus paracasei*, *Bifidobacterium infantis*. Суміш перемішували 15—20 хв і сквашували протягом 12 год до утворення міцного згустку.

У процесі сквашування досліджено активну кислотність. Результати наведені на рис. 1.

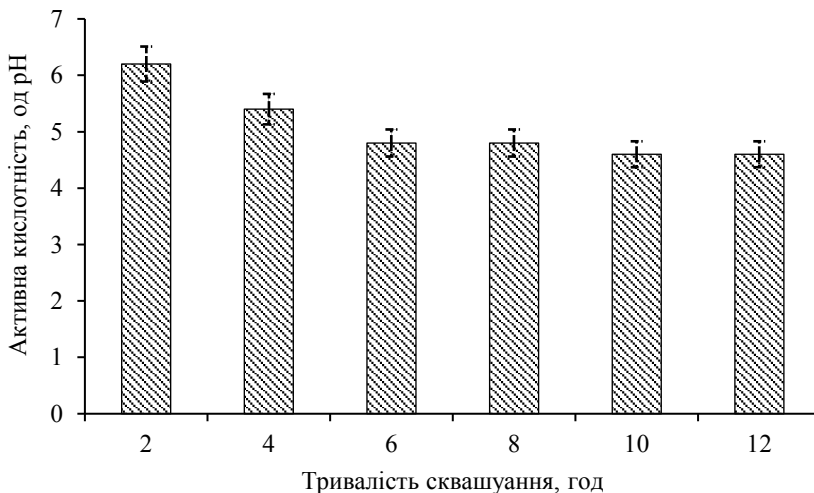


Рис. 1. Зміна активної кислотності молочної суміші в процесі сквашування

Аналізуючи отримані дані, можна побачити, що на початку процесу сквашування активна кислотність становила 6,2 од рН. Зразок характеризувався однорідною, в'язкою консистенцією. Протягом 6 год сквашування під впливом молочної кислоти, що утворюється внаслідок молочнокислого бродіння лактози, активна кислотність знизилась на 1,4 од рН, утворився міцний, щільний згусток,

сироватка не відокремлювалась. Після 8 год сквашування активна кислотність залишалась без змін, тому для досягнення мінімально необхідної активної кислотності 4,8 од рН тривалість сквашування можна рекомендувати до 8 год.

Подібну залежність спостерігали за показником активності води (рис. 2).

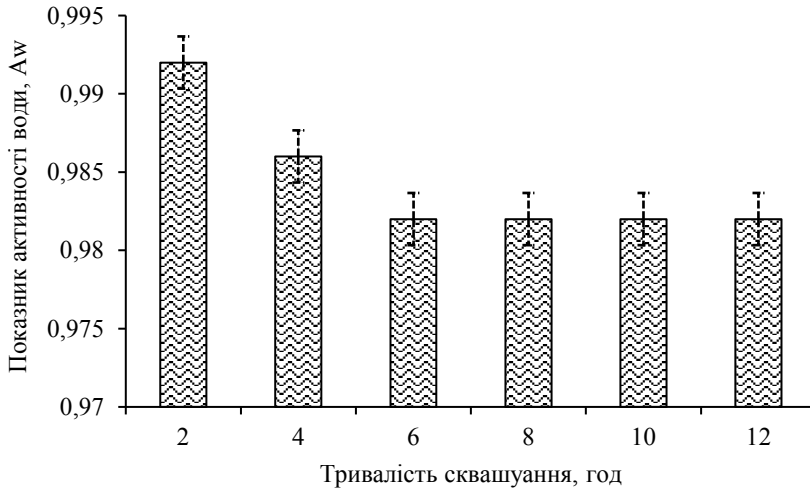


Рис. 2. Залежність показника активності води від тривалості сквашування

При збільшенні тривалості сквашування молочної суміші показник активності води зменшувався з 0,992 до 0,982. Це обумовлено властивістю високомолекулярних сполук білків і розчинної клітковини зв'язувати вологу, що уповільнює процес відділення сироватки за рахунок набрякання сухих компонентів. Після 8 год сквашування показник залишався без змін на рівні 0,982.

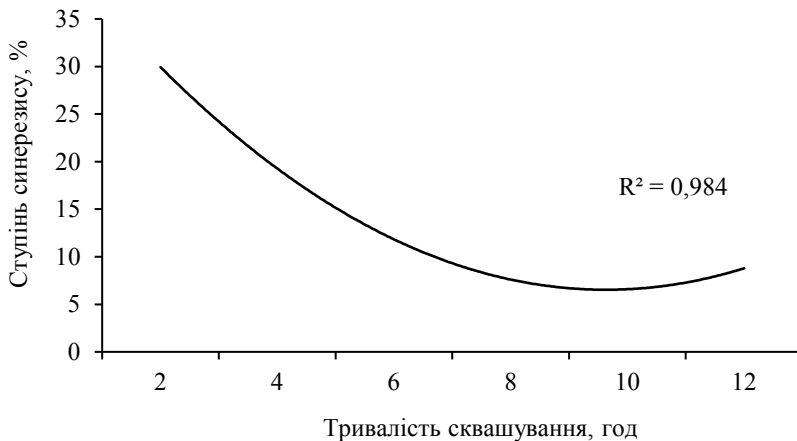


Рис. 3. Зміна ступеня синерезису під час сквашування

Взаємодія між молочними білками та функціональними інгредієнтами впливає на якість продукту. Міцність їх зв'язків впливає на консистенцію, ступінь

синерезису, реологічні властивості та стабільність якості під час зберігання. Дані результату зміни ступеня синерезису під час сквашування молочної суміші наведено на рис. 3.

За результатами дослідження ступеня синерезису встановлено, що показник зменшується при збільшенні тривалості сквашування суміші, спостерігається тенденція зменшення кількості відділеної сироватки. Протягом 8 год сквашування значення синерезису становить 10%, що майже втричі менше ніж при тривалості сквашування протягом 2 год. При цьому зростає напруження зсуву (рис. 4), згусток характеризується більш щільною консистенцією.

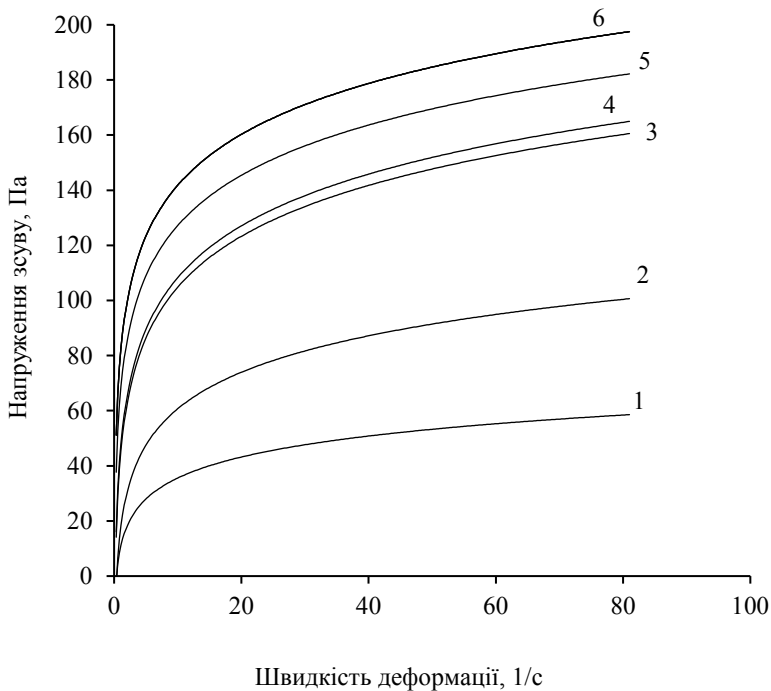


Рис. 4. Залежність напруження зсуву від швидкості деформації згустків протягом тривалості сквашування (1 — 2 год, 2 — 4 год, 3 — 6 год, 4 — 8 год, 5 — 10 год, 6 — 12 год)

Процес структурування проаналізовано за результатами побудованих реологічних кривих залежності напруження зсуву та швидкості деформації досліджуваних зразків. Через 8 год сквашування показник напруження зсуву досягає рівня 160 Па. За такого значення показника напруження зсуву структурування було достатнім для запобігання спонтанного відділення сироватки.

Представлені дані свідчать, що при сумісному використанні молочних білків з рослинною сировиною покращуються реологічні властивості отриманого продукту. Утворюється гетерогенна система за участю молекул вуглеводів і білків, що збільшує кількість зв'язаної вологи та міцність структури готового продукту.

Висновки

Для обґрунтування процесу тривалості сквашування молочної суміші в технології кисломолочних десертів досліджено показники активної кислотності, активності води, ступінь синерезису та реологічні властивості згустків. За аналізом показників встановлено, що тривалість сквашування молочної суміші становить 6—8 год за температури $40 \pm 2^\circ\text{C}$ з подальшим доохолодженням протягом 8—16 год до температури $4 \pm 2^\circ\text{C}$, в результаті чого отримано щільну консистенцію кисломолочного десерту.

При збільшенні тривалості сквашування молочної суміші показник активності води зменшувався з 0,992 до 0,982. Це пов'язано з тим, що яблуко та банан містять розчинну клітковину, яка дає змогу утримувати вільну вологу. Вони також запобігатимуть відділенню сироватки під час зберігання кисломолочних продуктів, що вдається завдяки зменшенню ступеня синерезису молочних згустків. Протягом 8 год сквашування молочної суміші значення синерезису становило 10%.

Присутність сухого концентрату сироваткових білків надасть кисломолочному десерту ніжної пластичної консистенції, пружну структуру за рахунок високої дисперсності міцел сироваткових білків та особливостей гелеутворення.

Література

Kapetanakou, A. E., Passiou, K. E., Chalkou, K., Skandamis, P. N. (2021). Assessment of spoilage potential posed by *Alicyclobacillus* spp. in plant-based dairy beverages mixed with fruit juices during storage. *Journal of Food Protection*, 84(3), 497—508.

Штонда, О. А., Пасічний, В. М. (2019). Перспективи використання фруктово-ягідної сировини у технології м'ясних натуральних напівфабрикатів. *Наукові праці НУХТ*, 25(6), 194—200.

Павлюк, Р. Ю., Погарська, В. В., Берестова, А. А., Крячко, Т. В., Лавриненко, В. В. (2010). Інноваційні технології функціональних тонізуючих напоїв та дресінгів з використанням молочної сироватки та наноструктурованого плодовоовочевого поре. *Наукові праці ОНАХТ*, 38(2), 239—244.

Wang, X., Kristo, E., LaPointe, G. (2019). The effect of apple pomace on the texture, rheology and microstructure of set type yogurt. *Food Hydrocolloids*, 91, 83—91.

Yingyuen, P., Sukrong, S., Phisalaphong, M. (2020). Isolation, separation and purification of rutin from Banana leaves (*Musa balbisiana*). *Industrial Crops and Products*, 149, 112307.

Тарасенко, Т. А., Євлаш, В. В., Неміріч, О. В., Вашека, О. М., Гавриш, А. В., Кравченко, О. І. (2015). Теоретичне дослідження способів сушіння овочів та фруктів. *Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С. З. Гжицького*, 17(4), 148—158.

Однорог, М. Р., & Поліщук, Г. Є. (2018). Застосування концентрату сироваткових білків для стабілізації структури сметани. *Харчова промисловість*, 23, 6—12.

Соломон, А. М., Новгородська, Н. В., & Бондар, М. М. (2019). *Кисломолочні десерти з подовженням терміном зберігання: Монографія*. Вінниця: РВВ ВНАУ.

Романчук, І. О., Рудакова, Т. В., Моїсєєва, Л. О., & Гондар, О. П. (2016). Рисове борошно як стабілізатор у складі кисломолочних продуктів. *Продовольчі ресурси*, (7), 46—52.

Djaoud, K., Boulekbache-Makhlouf, L., Yahia, M., Mansouri, H., Mansouri, N., Madani, K., Romero, A. (2020). Dairy dessert processing: Effect of sugar substitution by date syrup and powder on its quality characteristics. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(5), 14414.

Рудюк, В. П., Пасічний, В. М., Хорунжа, Т. О., Красуля, О. О. (2019). Дослідження впливу використання білкових концентратів на реологічні показники кисломолочних продуктів та терміни їх зберігання. *Харчова промисловість*, 25, 70—77.

Kumar, C. T. Manoj, Chauhan, O. P., Rajani, C. S., Sabikhi, Latha (2018). Effect of coconut milk, skim milk powder, and banana pulp on sensory and functional properties of coconut curd and its applicability as a carrier for probiotic microorganisms. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(2), e13460.

Jayabalan, Kaliyamoorthy, Magesh, Arangasamy, Rajeshkannan, Rajan, Rathakrishnan, Palani (2020). Fortification of Fibre in Yogurt using High Fibre Banana Stem and Jack Fruit Powder. *International Journal of Pharmaceutical Investigation*, 10(2), 127—131.

Кузьмик, У. Г., Ющенко, Н. М., Басс, О. О., Миколів, І. М. (2020). Дослідження показника активності води паст кисломолочних. *Наукові праці НУХТ*, 6, 174—179.

Kochubei-Lytvynenko, O., Yatsenko, O., Yushchenko, N., & Kuzmyk, U. (2018). Стабілізаційна система для масляних паст на основі сухих концентратів молочного білка. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5—11(95), 30—36.