

Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Ґжицького. Серія: Харчові технології

Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies

ISSN 2519–268X print
ISSN 2707-5885 online

doi: 10.32718/nvlvet-f9704
https://nvlvet.com.ua/index.php/food

UDC 637.344.8

Low allergenic fermented drink enriched with bioactive peptides of whey proteins

V. G. Yukalo✉, K. Ye. Datsyshyn, M. B. Shkilna

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ukraine

Article info

Received 21.01.2022
Received in revised form 22.02.2022
Accepted 23.02.2022

Ternopil Ivan Puluj National Technical University, Ternopil, Ruska Str., 56, Ternopil, 46001, Ukraine.
Tel.: +38-067-358-80-00
E-mail: biotech@tu.edu.te.ua

Yukalo, V. G., Datsyshyn, K. Ye., & Shkilna, M. B. (2022). Low allergenic fermented drink enriched with bioactive peptides of whey proteins. Scientific Messenger of Lviv National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies. Series: Food Technologies, 24(97), 20–26. doi: 10.32718/nvlvet-f9704

Whey protein hydrolysates are most often used in the production of hypoallergenic products, as low molecular weight proteolysis products do not cause allergic reactions in consumers. However, it has been found that whey proteins are not only a good source of amino acids, but also a large number of natural biologically active peptides (BAP). They are formed during normal digestion in the gastrointestinal tract. These natural BAP have a positive effect on various functions of the human body regardless of age. When using microbial and plant enzyme preparations, as well as hydrolysis conditions other than physiological, the formation of such biologically active peptides is impossible, and such products lose much of their biological value. The article highlights the results of research on the development of technology of low-allergenic fermented drink enriched with biologically active peptides of whey proteins. To develop the technology of beverage, we proposed to use micellar casein, which is a source of basic milk protein – casein and whey protein hydrolysate, obtained in physiological conditions, as a source of biologically active peptides from whey proteins. Whey protein hydrolysate was added to the product in two ways: to the normalized mixture before and after fermentation. The hydrolysate was added to the product in an amount corresponding to the whey protein content: 0.5 %; 0.7 %; 0.9 %; 1.1 %. It was found that the amount of hydrolysate introduced affects the duration of fermentation of the studied samples. It was noted that until the end of the recommended shelf life, the organoleptic characteristics of samples fermented with hydrolysate remained virtually unchanged, while the consistency of samples in which the hydrolysate was added after fermentation became slightly thinner compared to the day of production. It is also proved that the usage of whey protein hydrolysate helps to reduce the release of whey when filtering a fermented beverage during storage for seven days.

Key words: *whey proteins, hydrolysate of whey proteins, biologically active peptides, allergies, fermented low allergenic drink.*

Низькоалергенний ферментований напій, збагачений біоактивними пептидами протеїнів сироватки молока

В. Г. Юкало✉, К. Є. Дацишин, М. Б. Шкільна

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, м. Тернопіль, Україна

У виробництві гіпоалергенних продуктів найчастіше використовують гідролізати протеїнів сироватки, оскільки низькомолекулярні продукти протеолізу не викликають алергічних реакцій у споживачів. Проте встановлено, що протеїни молочної сироватки є не тільки повноцінним джерелом амінокислот, а й великої кількості природних біологічно активних пептидів (БАП). Вони утворюються в процесі нормального травлення в шлунково-кишковому тракті. Ці природні БАП позитивно впливають на різноманітні функції організму людини незалежно від віку. При використанні мікробних та рослинних ферментних препаратів, а також умов гідролізу, відмінних від фізіологічних, утворення таких біологічно активних пептидів є неможливим, а такі продукти втрачають значну частину своєї біологічної цінності. У статті висвітлено результати досліджень з розробки технології низькоалергенного ферментованого напою, збагаченого біологічно активними пептидами протеїнів сироватки молока. Для розроблення технології напою нами запропоновано застосувати міцелярний казеїн, який є джерелом основного білка молока – казеїну, та гідролізат протеїнів сироватки молока, отриманий у фізіологічних умовах, як джерело біологічно активних пептидів із протеїнів сироватки. Гідролізат протеїнів сироватки молока у продукт вносили двома способами: у нормалізовану суміш до сквашування та

після його завершення. Гідролізат у продукт вносили у кількості, що відповідає вмісту сироваткових протеїнів: 0,5 %; 0,7 %; 0,9 %; 1,1 %. Встановлено, що кількість внесеного гідролізату впливає на тривалість сквашування досліджуваних зразків. Виявлено, що до завершення рекомендованого терміну зберігання органолептичні показники зразків сквашених із гідролізатом залишались практично незмінними, тимчасом як консистенція взірців, у котрі гідролізат вносили після сквашування, стала дещо рідшою порівняно із днем виготовлення. Доведено також, що внесення гідролізату протеїнів сироватки сприяє зменшенню виділення сироватки при фільтруванні ферментованого напою при його зберіганні протягом семи діб.

Ключові слова: *протеїни сироватки молока, гідролізат протеїнів сироватки молока, біологічно активні пептиди, алергія, ферментований низькоалергенний напій.*

Вступ

Алергія на протеїни сироватки молока є характерною для дітей різного віку, а також і для дорослого населення (Hochwallner et al., 2014; Villa et al., 2018). Сироваткові протеїни містять два основних алергени β-LG та α-LA, і також менш алергенні компоненти лактоферин, сироватковий альбумін (BSA) та імуноглобуліни (Selo, 1999; Mann et al., 2019).

Найбільш ефективним способом зниження алергенності протеїнів сироватки є їхній протеоліз, який призводить до розщеплення відповідних алергенних епітопів (Matsuo et al., 2015; Cabana, 2017; Villa et al., 2018). Аналіз технологій низькоалергенних продуктів з використанням гідролізатів протеїнів сироватки показав, що продукти даної категорії виробляються в основному для немовлят та дітей молодшого віку (Kumar & Wong, 2007; Affolter et al., 2010; Gee et al., 2019). Для дорослих розроблено значно менше технологій низькоалергенних продуктів (Takahashi et al., 1995; Elisabeth et al., 2016; Won et al., 2017). У технологіях таких продуктів використовують гідролізати протеїнів сироватки, отримані в основному з ферментними препаратами, що забезпечують добрі технологічні показники та високий ступінь гідролізу, однак далеко не завжди відображають фізіологічні умови розщеплення протеїнів сироватки у шлунково-кишковому тракті, хоча саме при таких умовах можливе утворення природних біологічно активних пептидів, які позитивно впливають на більшість систем організму (Madadlou & Abbaspourrad, 2016; Deeth & Bansal, 2019; Yukalo, 2021). При використанні мікробних та рослинних ферментних препаратів, а також умов гідролізу, відмінних від фізіологічних, утворення таких біологічно активних пептидів є неможливим, а такі продукти втрачають значну частину своєї біологічної цінності (Datsyshyn, 2021).

У зв'язку із вищезазначеним актуальним є отримання ферментованих низькоалергенних молочних продуктів, збагачених біологічно активними пептидами протеїнів сироватки молока, які також характеризуються високими органолептичними показниками.

Мета і завдання дослідження. Розробити технологію низькоалергенного ферментованого напою, збагаченого біологічно активними пептидами протеїнів сироватки молока.

Для досягнення поставленої мети було сформульовано такі завдання дослідження:

– розробити рецептури досліджуваних зразків ферментованого напою;

– дослідити вплив гідролізату протеїнів сироватки молока на процес сквашування ферментованого напою;

– провести органолептичну оцінку та дослідити фізико-хімічні показники зразків низькоалергенного ферментованого напою, збагаченого біологічно активними пептидами протеїнів сироватки молока.

Матеріал і методи досліджень

Для проведення досліджень було використано таку сировину: вода питна "Карпатська джерельна" ТУ У 15.9-31778022-001; міцелярний казеїн "Ingredia" (Франція); концентрат сироваткових білків, вироблений на ТОВ "Бучацький сирзавод" (Україна) згідно з проектом ТУ У 15.5-00419880-ХХХ:2011 "Концентрат сироваткових білків (КСБ-УФ). Технічні умови"; ферментний препарат "Панкреатин» виробництва ПрАТ "Технолог" (Україна); закваска прямого внесення "Йогурт" ("Vivo"), що містить у своєму складу чотири штами: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus*, *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium lactis*.

Активну кислотність визначали потенціометрично на pH-метрі марки pH-150-МИ. Визначення показників титрованої кислотності та ступеню синерезису проводили за методиками, описаними у лабораторному практикумі (Hrek et al., 2015). Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) досліджуваних зразків визначали центрифугуванням 10 г продукту при 4500 об/хв протягом 30 хв при 4 °С. Розрахунок проводили згідно з (Poltavska & Kovalenko, 2014). Для оцінювання органолептичних показників: смаку, запаху, консистенції, зовнішнього вигляду та кольору було створено дегустаційну комісію. Визначення проводили при температурі 18…22 °С (Hrek et al., 2015).

Для проведення електрофорезу у присутності сечовини використовували лужну систему (pH 7,9), що включала 4,5 М сечовину (Yukalo et al., 2007). Фракційний склад продуктів протеолізу аналізували експрес-методом електрофорезу в анодній системі однорідного поліакриламідного гелю (Yukalo et al., 2019). Гель-фільтрацію проводили на колонках з набору для рідинної хроматографії фірми "Reanal". При цьому використовували сефадекс G-50 фірми "Pharmacia" (Швеція) (Yukalo & Datsyshyn, 2018). Спектрофотометрію продуктів протеолізу концентрату сироваткових білків проводили на спектрофотометрі СФ-46 (Yukalo et al., 2019a).

Точність результатів гарантується триразовим повторенням експерименту. Отримані вимірювання були розраховані за допомогою стандартної статистичної програми Microsoft Exsel. За допомогою програми Microsoft Exsel здійснювали графічне представлення експериментальних даних.

Результати та їх обговорення

Для розширення асортименту кисломолочних напоїв, котрі можуть бути рекомендовані для харчування людей, що страждають на алергію до протеїнів сироватки молока, нами розроблена технологія ферментованого напою, який отримано комбінацією міцелярного казеїну та гідролізату протеїнів сироватки молока. При отриманні дослідних зразків такого напою, як джерело казеїну, нами був використаний міцелярний казеїн фірми "Ingredia" (Франція).

Для характеристики міцелярного казеїну було проведено електрофорез в однорідному поліакриламідному гелі (ПАГ) в присутності сечовини, оскільки білки казеїну найефективніше розділяються саме у такій електрофоретичній системі (McSweeney & Fox, 2013). Проведений аналіз складу міцелярного казеїну свідчить про відсутність алергенів сироватки молока у ньому, що дає змогу використати його як основу для виробництва низько алергенних щодо протеїнів сироватки молока продуктів. Результати досліджень показали також наявність у досліджуваному зразку міцелярного казеїну всіх фракцій білків казеїнового комплексу, серед яких є основні попередники БАП казеїнового походження.

Низькоалергенний гідролізат протеїнів сироватки молока отримували за раніше розробленою технологією (Datsyshyn, 2021). Рідкий гідролізат було отримано у лабораторних умовах кафедри харчової біотехнології і хімії Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Для характеристики ходу протеолізу нами був побудований графік залежності кількості розчинних у трихлороцтовій кислоті продуктів протеолізу від його тривалості. Дослідженнями встановлено, що найактивніше гідроліз проходить протягом перших 60 хвилин та практично завершується до 120 хвилини. Подальше збільшення кількості продуктів гідролізу є незначним.

Для характеристики отриманого гідролізату протеїнів сироватки нами був проведений електрофорез продуктів гідролізу сироваткових протеїнів на різних етапах процесу. Окрім того, було проведено гель-фільтрацію реакційної суміші, відібраної на 120-й хвилині проходження гідролізу. Для гель-фільтрації використовували сефадекс G-50. Результати електрофоретичних та хроматографічних досліджень подані на рисунку 1 і свідчать про те, що в отриманому у фізіологічних умовах гідролізаті протеїнів сироватки молока вдалось досягнути достатнього рівня гідролізу та зберегти при цьому максимально можливу кількість природних біологічно активних пептидів (Datsyshyn, 2021). Хроматограма (рис. 1.2) була розділена на три сектори, що містять продукти протеолізу з різною молекулярною масою. Сектор III містить пептиди з М < 1500 Да, кількість яких становить майже 40 % від усіх продуктів протеолізу.

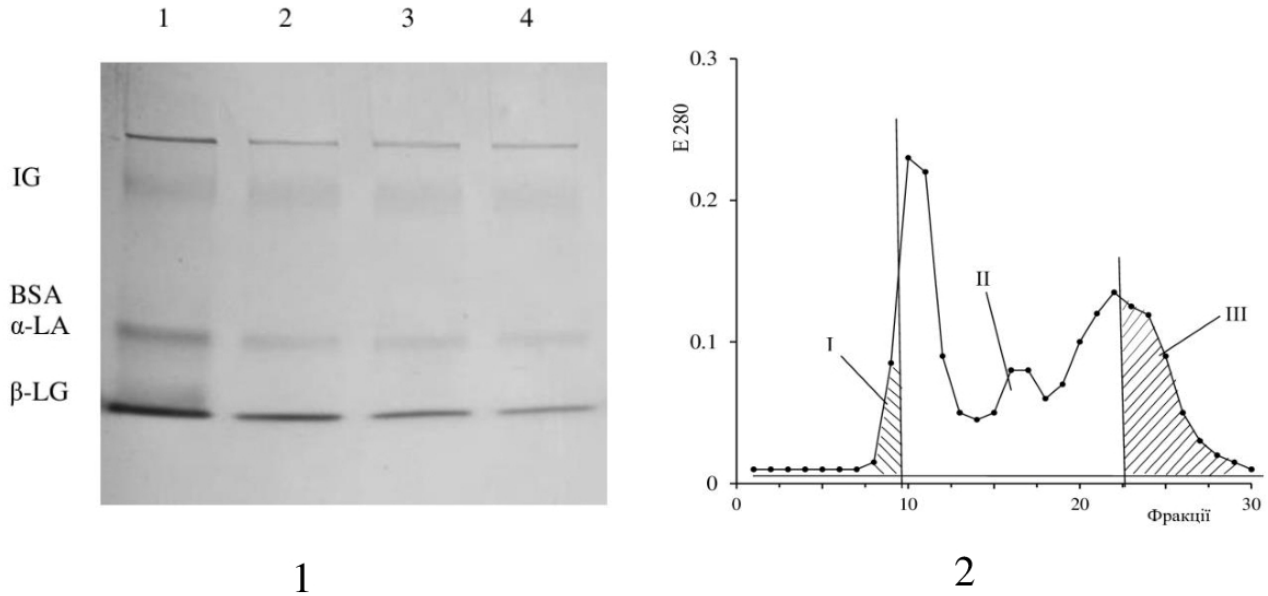


Рис. 1. Електрофореграми (1) продуктів протеолізу сироваткових протеїнів, отриманих на різних стадіях дії (0 хв, 60 хв, 120 хв, 180 хв) ферментного препарату "Панкреатин" та хроматограма (2) продуктів протеолізу концентрату сироваткових протеїнів, отримана на 120-й хвилині протеолізу за дії ферментного препарату "Панкреатин"

Отриманий у фізіологічних умовах гідролізат є низькоалергенним, що встановлено у проведених раніше дослідженнях (Datsyshyn, 2021), тому може бути використаним для виробництва низькоалергенних продуктів як джерело біологічно активних пептидів з протеїнів сироватки молока.

На наступному етапі нами було виготовлено дослідні взірці ферментованого напою, які відрізнялись вмістом рецептурних компонентів (табл. 1). Гідролізат протеїнів сироватки молока у продукт вносили двома різними способами: у нормалізовану суміш до сквашування (взірці № 3, 5, 7, 9) та у сквашену основу після завершення сквашування (взірці № 4, 6, 8, 10). У контрольний взірець замість гідролізату протеїнів сироватки вносили концентрат протеїнів сироватки у кількості, що відповідала кількості гідролізату у п'ятому (контрольний взірець № 1к) та шостому (контрольний взірець № 2к) дослідних зразках.

Таблиця 1
Рецептурний склад досліджуваних взірців

Рецептурні компоненти	Контрольний взірець	Досліджувані взірці*							
	№ 1 к	№ 2 к	№ 3	№ 4	№ 5	№ 6	№ 7	№ 8	№ 9	№ 10
МК (15 %)	276	276	276	276	276	276	276	276	276	276
ГБС (15 %)	-	-	46	-	64	-	82	-	100	-
ГБС (92,2 %)	-	-	-	6,9	-	9,6	-	13,3	-	15
КСБ (15 %)	64	-	-	-	-	-	-	-	-	-
КСБ (92,2 %)	-	9,6	-	-		-				
Лактоза	47	47	47	47	47	47	47	47	47	47
Вода питна	613	667,4	631	670,1	613	667,4	595	664,7	577	662
Усього	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Для приготування ферментованого напою зважену кількість міцелярного казеїну змішували із розрахованою кількість пастеризованої питної води з температурою 30 ± 2 °С для отримання 15 % розчину та проводили його змішування із рецептурними компонентами. Отриману суміш гомогенізували та пастеризувати при температурі 88 ± 2 °С без витримування, охолоджували до температури заквашування, вносили гідролізат протеїнів сироватки (при першому способі виробництва напою) та проводили сквашування до отримання згустку характерного для кисломолочних напоїв. Після завершення процесу сквашування проводили охолодження до температури 20 ± 2 °С та вносили гідролізат протеїнів сироватки (при другому способі виробництва напою).

Виготовлення досліджуваних взірців ферментованого напою проводили у термостатній камері лабораторії технології молока і молочних продуктів кафедри харчової біотехнології і хімії ТНТУ імені Івана Пулюя. Під час процесу сквашування при внесенні гідролізату протеїнів сироватки у нормалізовану суміш було виявлено, що у контрольному взірці № 1к та досліджуваних взірцях № 3 і № 5 сквашування завершилось швидше, через 5–5,5 годин з утворенням характерного для кисломолочних напоїв згустку. У решти досліджуваних взірцях – № 7 та № 9 процес сквашування тривав близько 12 годин і утворений згусток мав дещо водянисту та рідшу консистенцію порівняно зі зразком № 1к та досліджуваними взірцями № 3 і № 5. Помітним було також відділення сироватки у взірцях № 1к та № 5.

Варто зазначити, що у контрольному зразку та у досліджуваних зразках № 5, № 7 і № 9 відділення сироватки після перемішування стало менш вираженим, зовнішній вигляд усіх зразків є характерним для кисломолочних напоїв, найкращою є консистенція у досліджуваному взірці № 3. Запах є характерним кисломолочним, смак визначається кількістю внесеного гідролізату протеїнів сироватки молока.

Оскільки при проведенні процесу сквашування було виявлено, що кількість внесеного гідролізату протеїнів сироватки молока впливає на тривалість сквашування, було прийнято рішення про внесення сухого гідролізату в уже сквашену основу. Тривалість сквашування становила у цьому випадку від 4 до 4,5 години. Результати проведених досліджень показали, що найкращими органолептичними показниками характеризувались зразки № 3 та № 5, у які гідролізат протеїнів сироватки вносили у нормалізовану суміш та зразки № 4, № 6 і № 8, отримані при додаванні гідролізату в суміш після сквашування. Суттєвим недоліком досліджуваного зразка № 10 є характерний присмак гідролізату, котрий можна усунути при виготовленні напою із різноманітними наповнювачами. Варто зазначити також, що дослідні зразки, котрі отримували внесенням гідролізату протеїнів сироватки у нормалізовану суміш, до сквашування мали менш виражений присмак альбуміну, ніж взірці, у котрі вносили гідролізат після сквашування.

В усіх кисломолочних продуктах нормуються показники активної та титрованої кислотності. Результати дослідження цих важливих характеристик кисломолочних напоїв наведені на рисунках 2 та 3. Варто зазначити також, що титрована кислотність зразків напою, при отриманні яких гідролізат вносили у сквашену суміш, є дещо вищою від взірців, котрі були сквашені із різною кількістю гідролізату. Причиною повільнішого наростання титрованої кислотності у другому випадку, ймовірно, може бути наявність у гідролізаті протеїнів сироватки молока антибактеріальних пептидів, які здатні чинити вплив на накопичення мікроорганізмів закваски.

Ступінь синерезису є одним із показників властивостей кисломолочних напоїв, котрий дозволяє визначити міцність сквашеного згустку. Визначення здійснювали при температурі 18–20 °С через 15 та 30 хвилин після початку досліду. Результати проведених експериментів наведені на рисунку 4 – через 30 хвилин.

Якщо проаналізувати динаміку зміни ступеня синерезису через 30 хвилин протягом 7 діб, то прослідковується така залежність: у досліджуваних взірцях № 3, № 4, № 5, № 6, № 7 та № 8 кількість сироватки до 7 доби зменшується порівняно з днем виготовлення. Що стосується досліджуваного зразка № 9, то кількість відфільтрованої сироватки зменшується до 7 доби та збільшується у взірці № 10. Для контрольного взірця при обох способах внесення гідролізату кількість сироватки до 7 доби дещо зростає, що дає змогу говорити про те, що в процесі зберігання гідролізат протеїнів сироватки має позитивний вплив на міцність згустку досліджуваного продукту.

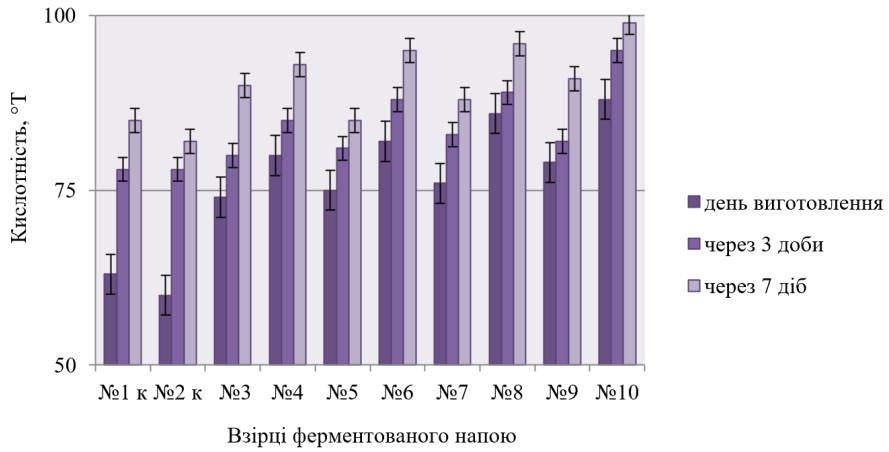


Рис. 2. Зміна показників титрованої кислотності ферментованого напою

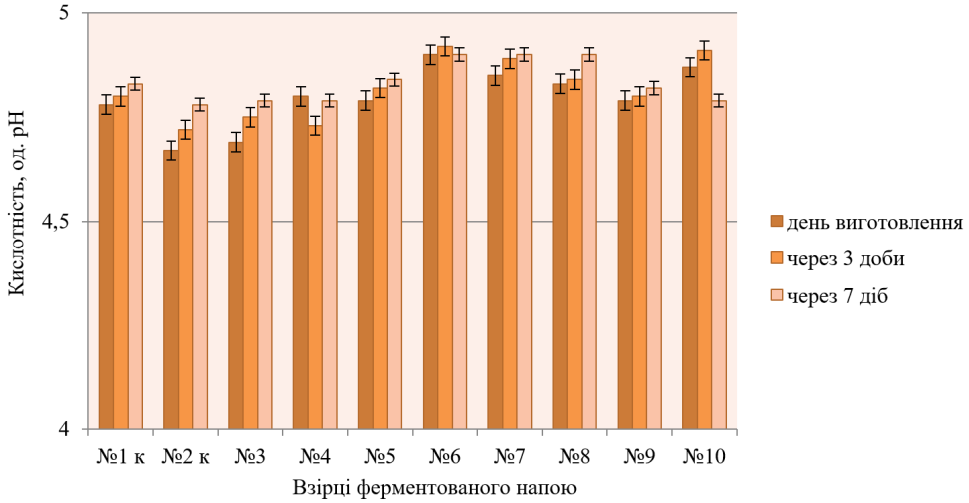


Рис. 3. Зміна показників активної кислотності ферментованого напою

Результати визначення вологоутримуючої здатності свідчать про те, що найкращими показниками володів контрольний зразок незалежно від способу внесення концентрату протеїнів сироватки молока. Із досліджуваних зразків найвища ВУЗ спостерігалась у третього, четвертого, дев'ятого та десятого зразків, при чому вищою вона була у зразків, у які гідролізат протеїнів сироватки вносили у нормалізовану суміш до сквашування. Результати досліджень вологоутримуючої здатності ферментованого напою наведені на рисунку 5.

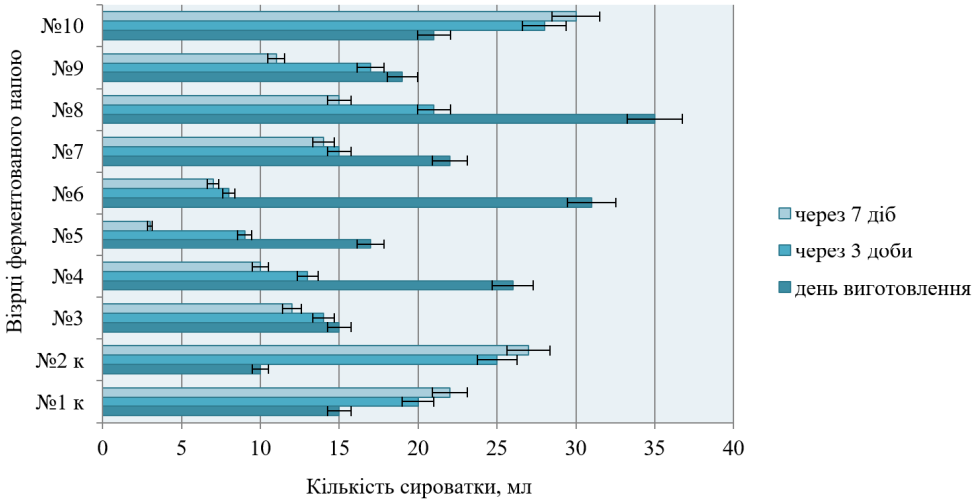


Рис. 4. Зміна ступеню синерезису досліджуваних взірців ферментованого напою, через 30 хв

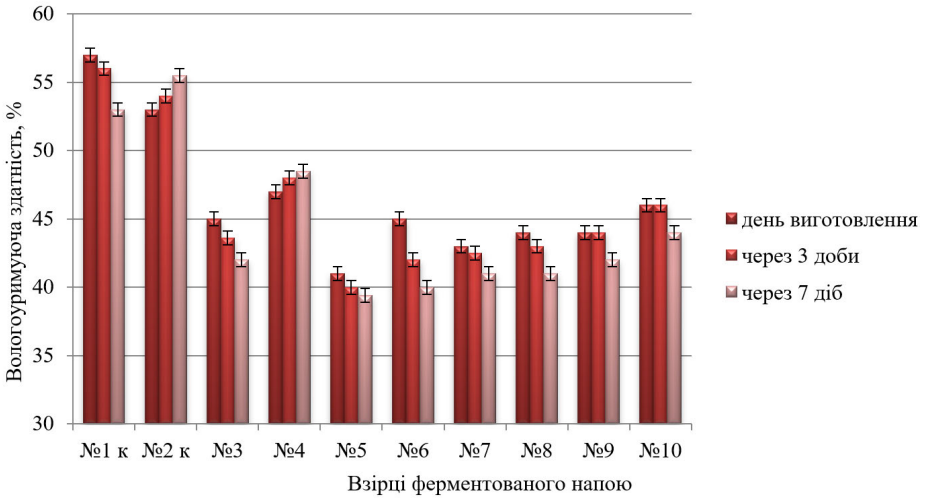


Рис. 5. Зміна ВУЗ ферментованого напою

Отже, за показником вологоутримуючої здатності найкращим виявився досліджуваний зразок № 3.

Висновки

1. Розроблено рецептури та виготовлено досліджувані зразки низькоалергенного ферментованого напою, збагаченого біологічно активними пептидами протеїнів сироватки молока. Запропоновано два способи внесення гідролізату протеїнів сироватки молока: у нормалізовану суміш до сквашування та після його завершення. Встановлено, що кількість внесеного гідролізату впливає на тривалість сквашування досліджуваних зразків.
2. Досліджено органолептичні та фізико-хімічні показники розробленого напою. За органолептичними показниками та їх стабільністю протягом досліджуваного терміну зберігання 7 діб кращими виявились досліджувані зразки, які сквашувались із гідролізатом протеїнів сироватки молока. Показано також, що внесений гідролізат протеїнів сироватки молока позитивно впливає на міцність згустку досліджуваних зразків ферментованого напою.

У подальших дослідженнях варто було б внести деякі корективи до рецептурного складу взірців з можливістю внесення стабілізуючих систем для забезпечення кращих органолептичних показників та їх вищої вологоутримуючої здатності. Іншим важливим напрямком роботи є дослідження активності природних біоактивних пептидів та її зміна в процесі виробництва і зберігання ферментованого напою.

Відомості про конфлікт інтересів

Автори стверджують про відсутність конфлікту інтересів.

References

Affolter, M., Bureau-Franz, I., Maynard, F., Mercenier, A., & Panchaud, A. (2010). AU2016247052B2. Australian Patent Office.

Cabana, M. D. (2017). The Role of Hydrolyzed Formula in Allergy Prevention. Annals of Nutrition and Metabolism, 70(2), 38–45. DOI: 10.1159/000460269.

Datsyshyn, K. Ye. (2021). (dysertatsiia kandydata tekhnichnykh nauk). Rozrobka tekhnolohii nyzkoalerhennoho hidrolizatu bilkiv syrovatky dlia zbahachennia molochnykh produktiv spetsialnoho pryznachennia. NUKhT, Kyiv (in Ukrainian).

Elisabeth, P., Smulders, A., & Schlatmann, J. E. (2016). US20190069589A1. United States Patent. URL: https://patents.google.com/patent/US20190069589A1/en.

Gee, T. I., Woolrich, T. J., & Smith, M. F. (2019). Effectiveness of Whey Protein Hydrolysateand Milk-Based Formulated Drinks on Recoveryof Strength and Power Following Acute Resistance Exercise. Journal of Human Kinetics, 68, 193–202. DOI: 10.2478/hukin-2019-0066.

Hochwallner, H., Schulmeister, U., Swoboda, I., Spitzauer, S., & Valenta, R. (2014). Cow's milk allergy: From allergens to new forms of diagnosis, therapy and prevention. Methods, 66(1), 22–23. DOI: 10.1016/j.ymeth.2013.08.005.

Hrek, O. V., Yushchenko, N. M., Osmak, T. H., Onopriichuk, O. O., Rybak, O. M., Tymchuk, A. V., & Krasulia, O. O. (2015). Praktykum z tekhnolohii moloka ta molochnykh produktiv: navch. posibnyk. K.: NUKhT (in Ukrainian).

Kumar, M., & Wong, D. (2007). US20100273718A1. United States Patent Application Publication. URL: https://patents.google.com/patent/US20100273718A1/pt-pt.

Madadlou, A., & Abbaspourrad, A. (2016). Bioactive whey peptide particles: An emerging class of nutraceutical carriers. Critical Reviews in Food Science & Nutrition, 58(9), 1468–1477. DOI: 10.1080/10408398.2016.1264064.

Mann, B., Athira, S., Sharma, R., Kumar, R., & Sarkar, P. (2019). Bioactive Peptides from Whey Proteins. In Hilton C. Deeth & Nidhi Bansal (Eds.). Whey Proteins: From milk to medicine (pp. 530–558). London: Academic Press.

Matsuo, H., Yokooji, T., & Taogoshi, T. (2015). Common food allergens and their IgE-binding epitopes. Allergology International, 64(4), 332–343. DOI: 10.1016/j.alit.2015.06.009.

McSweeney, P. L. H., & Fox, P. F. (Eds). (2013). Advanced Dairy Chemistry: Volume 1A: Proteins: Basic Aspects (4th ed.). New York: Springer Science+Business Media. DOI: 10.1007/978-1-4614-4714-6.

Poltavska, O., & Kovalenko, N. (2014). Effect of functional fiber on viability of lactic acid bacteria and bifidobacteria during storage. Food science and technology, 4(29), 22–27. DOI: 10.15673/2073-8684.29/2014.33526.

Selo, I., Clement, G., Bernard, H., Chatel, J., Creminon, C., Peltre, G., & Wal, J. (1999). Allergy to bovine *β*-lactoglobulin: specificity of human IgE to tryptic peptides. Clin Exp Allergy, 29, 1055–1063. DOI: 10.1046/j.1365-2222.1999.00612.x.

Takahashi, N., Asakawa, S., Dousako, S., & Idota, T. (1995). US5670201A. United States Patent. URL: https://patents.google.com/patent/US5670201.

Villa, C., Costa, J., Oliveira, M. B. P. P., & Mafra, I. (2018). Bovine Milk Allergens: A Comprehensive Review. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 17(1), 137–164. DOI: 10.1111/1541-4337.12318.

Won, J-Y., Kim, H-S., Jang, J-A., & Kim, C-H. (2017). Functional Properties of Yogurt Containing Specific Peptides derived from Whey Proteins. Journal of Milk Science and Biotechnology, 35(4), 249–254. DOI: 10.22424/jmsb.2017.35.4.249.

Yukalo, V. H. (2021). Biolohichna aktyvnist proteiniv i peptydiv moloka: monohrafiia. Ternopil: Vyd-vo TNTU imeni Ivana Puliuia (in Ukrainian).

Yukalo, V. H., Yavorskyi, B. I., Storozh, L. A., & Solovodzinska, I. Ye. (2007). Kilkisnyi elektroforetychnyi analiz bilkiv kazeinovoho kompleksu. Biolohiia tvaryn, 9(1–2), 295–298 (in Ukrainian).

Yukalo, V., & Datsyshyn, K. (2018). Dekstranovi heli dlia ekskliuzyvnoi khromatohrafii proteiniv syrovatky moloka. Naukovyi visnyk LNUVMB imeni S. Z. Hzhytskoho, 20(85), 3–8. DOI: 10.15421/nvlvet8501.

Yukalo, V., Datsyshyn, K., & Storozh, L. (2019). Electrophoretic system for express analysis of whey protein fractions. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2(11(98)), 37–44. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.160186.

Yukalo, V., Datsyshyn, K., & Storozh, L. (2019a). Comparison of products of whey proteins concentrate proteolysis, obtained by different proteolytic preparations. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 5/11(101), 40–47. DOI: 10.15587/1729-4061.2019.177314.