

ЗБАГАЧЕННЯ ЖЕЛЕЙНОГО МАРМЕЛАДУ КАЛЬЦІЄМ ЗАВДЯКИ ВИКОРИСТАННЮ МОЛОКА З МЕТОЮ НАДАННЯ СТАТУСУ ФУНКЦІОНАЛЬНОГО ХАРЧОВОГО ПРОДУКТУ

О. Л. Лисенко, С. В. Гирич

Вінницький торговельно-економічний інститут КНТУ

Ю. В. Бондаренко, О. А. Білик

Національний університет харчових технологій

У статті досліджено можливість використання молока в технології желейного мармеладу та його впливу на перебіг технологічного процесу і якість виробів. Для людини молоко коров'яче є джерелом кальцію в легкозасвоюваній формі. Використання молока в технології мармеладу на пектині і карагенані завдяки вмісту в ньому кальцію, лактози, білка та жиру здійснює суттєвий вплив на формування як органолептичних, так і структурно-механічних властивостей виробу.

Проведено комплекс досліджень для визначення раціонального дозування молока (нативного та сухого) в рецептурі желейного мармеладу на пектині або карагенані та цукрозамінниках (лактитолі, фруктозі) для забезпечення йому статусу функціонального харчового продукту.

З метою використання молока у виробництві мармеладу в найбільшій кількості запропоновано розчинення пектину і карагенану проводити не у воді, а в молоці нативному або сухому, відновленому водою до вмісту сухих речовин нативного молока. Встановлено, що за використання молока загальна деформація мармеладу на карагенані порівняно з рецептурою на воді зменшилася. Значення загальної деформації мармеладу на карагенані із зміною води на цільне молоко зменшилася для цукру на 50%, для лактитолу — на 49%, фруктози — на 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%. Слід зазначити, що мармелад, виготовлений на молоці, втрачає жувальний ефект і стає схожим на мармелад, виготовлений на пектині.

Проведені дослідження показали можливість зменшення вдвічі дозування карагенану в мармеладі, виготовленому на молоці. Проте, враховуючи особливості різних видів карагенанів та іншої сировини, що використовується за рецептурою, а також особливості виробничого обладнання та перебіг технологічного процесу, рекомендовано в рецептурах мармеладу на молоці зменшувати дозування карагенану на 25%.

Ключові слова: мармелад, карагенан, кальцій, цукрозамінники, функціональний харчовий продукт, пружна деформація, загальна деформація.

Постановка проблеми. Відомо, що іони кальцію суттєво впливають на властивості каппа- та йота-карагенану, що свідчить про доцільність збагачення мармеладу кальцієм, тому є потреба у більш детальному розгляді властивостей кальцію.

Кальцій (з лат. *Calcium* — Ca) — хімічний елемент, який належить до лужноземельних металів.

Кальцій складає (разом з фосфором) основу кісткової тканини і зубів, входить до складу ядер клітин, клітинних і тканинних рідин, активізує діяльність ряду важливих ферментів, бере участь в підтримці йонної рівноваги в організмі, впливає на процеси, що відбуваються в нервово-м'язовій і серцево-судинній системах, забезпечує процес згортання крові; бере участь у передачі нервових імпульсів, передачі сигналів через клітинну мембрану, скороченні м'язів, діяльності м'яза серця. Тобто кальцій виконує не тільки пластичні функції, але й впливає на перебіг біохімічних і фізіологічних процесів в організмі.

Кальцій відноситься до важкозасвоюваних елементів. Потрапляючи в організм людини з їжею, сполуки кальцію практично нерозчинні у воді. Лужне середовище тонкого кишківника сприяє утворенню важкозасвоюваних сполук кальцію, і лише дія жовчних кислот забезпечує його всмоктування.

При недостатньому споживанні кальцію або порушенні його всмоктування у дорослих розвивається остеопороз — демінералізація кісткової тканини, у дітей порушується становлення скелета, розвивається рахіт.

Організм людини постійно потребує певної кількості кальцію, яка коливається протягом життя. Під час активного росту, коли інтенсивно розвивається кісткова тканина, збільшується кількість кальцію. Необхідність у кальції для підтримання структури кісткової тканини знижується в людей середнього віку. Значно більше кальцію необхідно людині при патологічних станах, під час менопаузи, в період вагітності, під час застосування деяких лікарських засобів [1].

Кальцій потрапляє до організму з їжею. З усієї кількості кальцію, що надходить до організму з їжею, засвоюється лише 25...35% у дорослих та до 70% у дітей. Всмоктування кальцію підвищується в періоди високої потреби організму в кальції або при низькому вмісті кальцію в раціоні. В табл. 1 наведено добові норми споживання кальцію.

Таблиця 1. Добові норми споживання кальцію, рекомендовані Всесвітньою організацією охорони здоров'я

Категорія населення	Добова потреба, мг
Діти до 3 років	600
Діти від 4 до 10 років	800
Діти від 10 до 13 років	1000
Підлітки від 13 до 16 років	1200
Молодь від 16 років і старше	1000
Дорослі від 25 до 50 років	800—1200
Вагітні та жінки, що годують груддю	1500—2000

Організм людини самостійно підтримує баланс кальцію — величину, необхідну для нормальної життєдіяльності. Щоденно, внаслідок кальцієвого обміну, близько 0,4 г кальцію надходить в організм і стільки ж виводиться.

Важливе значення має не лише вміст окремих мікроелементів, але й їхнє співвідношення. Форма, в якій вноситься той чи інший мікронутрієнт, повинна мати добру засвоюваність. Кальцій у значній кількості входить до складу молока в легкозасвоюваному вигляді.

Молоко є нетрадиційною сировиною у виробництві желейного мармеладу, збагачує його Са і надає функціональних властивостей. Використання молока та молокопродуктів є перспективним напрямком збагачення мармеладу кальцієм. За хімічним складом молоко цільне та сухе містить лактозу, білок, жир, які безумовно впливатимуть як на органолептичні, так і на структурно-механічні властивості мармеладу на пектині й карагенані [2—6].

Встановлення раціональної кількості молочних продуктів у рецептурі желейного мармеладу на пектині, карагенані та різних цукрозамінниках, для надання йому статусу «функціональний харчовий продукт» потребує проведення комплексу досліджень [7].

Найбільш популярними продуктом нашого молочного раціону є коров'яче молоко. За складом воно найбільш близьке до жіночого молока, але містить утричі більше амінокислот. Молоко коров'яче — повноцінний і корисний напій, який і зараз видають працівникам шкідливих виробництв.

Хімічний склад молока змінюється протягом лактації, а також залежить від породи, віку, умов годівлі, утримання, кліматичних умов, індивідуальних особливостей корови, техніки доїння. Калорійність молока на 1 л становить 685 кКал. При цьому молоко на 88,35% складається з води, на 3,2% — з білків, 3,25% — жирів, 4,9% — лактози і на 0,8% — з мінеральних речовин. Жир молока засвоюється організмом людини на 96...97%. До його складу входить більше 20 жирних кислот, в тому числі й незамінні. Вуглеводи в молоці представлені молочним цукром — лактозою, яка добре засвоюється організмом, надає молоку солодкуватого смаку. Саме тому, на нашу думку, доцільно розробити рецептуру мармеладу з додавання молока нативного й сухого, відновленого водою до СР нативного молока.

Метою дослідження є визначення доцільності використання молока у технології желейного мармеладу задля збагачення його фізіологічно активними речовинами та встановлення впливу цієї сировини на перебіг технологічного процесу і якість виробів.

Матеріали і методи. Під час проведення досліджень і виробничих випробувань використовували такі види сировини: цукор білий кристалічний — згідно з ДСТУ 4623:2006, крохмаль кукурудзяний сухий — згідно з ДСТУ 3976-2000, цукрозамінники лактитол (фірма PURAC, Нідерланди), фруктоза (фірма Archer Daniels Midland Company, США) — згідно із сертифікатом відповідності санітарному законодавству України, молоко сухе знежирене — згідно з чинним нормативним документом, патока крохмальна — згідно з ДСТУ 4498:2005, драглетуворювачі — згідно з чинною нормативною документацією.

Структурно-механічні властивості мармеладу досліджували за допомогою пенетрометра АП-4/2. За результатами досліджень було розраховано такі показники: загальна, пластична і пружна деформації. Граничну напругу зсуву визначали, використовуючи конусоподібну насадку з кутом у вершині 30°. Реологічні характеристики визначали за допомогою модифікованих ваг Карагіна-Сологової. Структурно-механічні характеристики визначали на структурометрі ТА.ХТ.Express. При дії постійного навантаження, через певні проміжки часу, встановлювали величину деформації зразків, результати вимірювань відображались на моніторі комп'ютера у вигляді графіка.

Результати і обговорення. З метою використання молока в найбільшій кількості при виробництві мармеладу запропоновано розчинення пектину й карагенану проводити не у воді, а в молоці нативному або сухому, відновленому водою до вмісту сухих речовин нативного молока. Вміст сухих речовин молока визначали шляхом корегування із сухими речовинами цукру або цукрозамінника. Мармеладну масу готували за рецептурами, наведеними в табл. 2. Мармеладну масу уварювали до вмісту сухих речовин 80%.

Таблиця 2. Робоча рецептура желевної мармеладної маси

Назва сировини	Вміст СР, %	Мармелад на воді		Мармелад на нативному молоці		Мармелад на сухому нативному молоці		Мармелад на сухому знежиреному молоці	
		в нат.	в СР	в нат.	в СР	в нат.	в СР	в нат.	в СР
Пектин/ карагенан	90/90	2,4/ 4,05	1,89/ 3,65	2,4/ 4,05	1,89/ 3,65	2,4/ 4,05	1,89/ 3,65	2,4/ 4,05	1,89/ 3,65
Цукор білий кристалічний		100/ 100	99,85/ 99,85	—/ 81,63	—/ 81,50	—/ 81,63	—/ 81,50	—/ 81,63	—/ 81,0
Лактитол	95,00	105,1/ 105,1	99,85/ 99,85	—/ 85,8	—/ 81,50	—/ 85,8	—/ 81,5	—/ 85,8	—/ 81,5
Фруктоза	98,00	101,9/ 101,9	99,85/ 99,85	—/ 83,2	—/ 81,5	—/ 83,2	—/ 81,5	—/ 83,2	—/ 81,5
Патока	78,00	25/ 20	19,5/ 15,6	25/ 20	19,5/ 15,6	25/ 20	19,5/ 15,6	25/ 20	19,5/ 15,6
Лимонна кислота	80,00	1,8/ 1,35	1,44/ 1,08	1,8/ 1,35	1,44/ 1,08	1,8/ 1,35	1,44/ 1,08	1,8/ 1,35	1,44/ 1,08
Молоко нативне	11,00	—	—	—/ 167,02	—/ 183,72	—	—	—	—
Молоко сухе незбиране	96,00	—	—	—	—	—/ 19,13	—/ 18,36	—	—
Молоко сухе знежирене	96,00	—	—	—	—	—	—	—/ 19,13	—/ 18,36

Примітка: у чисельнику значення для пектину, у знаменнику — для карагенану.

Уварену мармеладну масу відливали у форми і після 24 год вистоювання визначали органолептичні й структурно-механічні показники. Отримані дані свідчать про те, що використання молока у виробництві желевної мармеладної маси пектині погіршує структурно-механічні властивості, тобто запобігає перетворенню пектинової золю в гель. На перехід золю мармеладної маси пектину в гель, імовірно, впливає взаємодія гідроксильних і карбоксильних груп пектину з кальцієм і калієм, що входить до складу молока, і, можливо, здатність білкової молекули молока адсорбуватися на водних оболонках, які покривають пектинові молекули і такими чином запобігають агрегуванню пектинових молекул. У разі використання молока у виробництві мармеладної маси на карагенані структура драглів зміцнюється, проте драгли втрачають жувальний ефект і за консистенцією нагадують драгли на пектині.

У дослідженнях використовували каппа- і йота-карагенан у кількості 2,7% та 1,35% маси рецептурного цукру або цукрозамінника. Відомо, що взаємодія каппа-карагенану з білками молока сприяє утворенню крихкого гелю, а взаємодія йота-карагенану — сприяє утворенню еластичного гелю.

Відповідно до отриманого нами рівняння регресії $Y = 31,5 - 5,5X_1 + 0,5X_2$ встановлено, що каппа-карагенан в 11 разів сильніше впливає на формування структури гелю, ніж йота-карагенан. Така ж закономірність відзначена і в разі використання в рецептурі мармеладу молока. Внаслідок того, що вплив каппа-карагенану на формування структури гелю набагато більший, ніж йота, гель утворюється крихкий. Міцність гелю каппа-карагенану з іонами калію збільшується, а міцність гелю на йота-карагенані збільшується при взаємодії з іонами кальцію. До складу нативного молока входять кальцій і калій в кількості, відповідно, 120 і 146 мг/100 г, до складу сухого молока, відповідно, 1200 та 1000 мг/100 г. Наявність кальцію і калію в молоці сприяє зміцненню драглив на карагенані.

У табл. 3 наведені результати досліджень впливу молока нативного, сухого незбираного, сухого знежиреного на структурно-механічні характеристики увареної мармеладної маси, яка виготовлена на цукрі.

Аналіз отриманих даних показав, що молоко впливає на структуру желейного мармеладу на карагенані. Так, загальна деформація мармеладу на молоці порівняно із загальною деформацією мармеладу на воді зменшилася, тобто структура мармеладу зміцнилась: на нативному молоці — на 50%, на сухому молоці — на 42%, на сухому знежиреному молоці — на 40%. Однак слід відзначити, що мармелад, виготовлений на молоці, втрачає жувальний ефект, стає схожим на мармелад, виготовлений на пектині.

Таблиця 3. Структурно-механічні показники мармеладу на молоці

Показники	Мармелад на воді	Мармелад на цільному молоці	Мармелад на сухому молоці	Мармелад на сухому знежиреному молоці
ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр.	40	20	23	24
ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр.	24	15	17	18
Пружна деформація, од. пр.	16	5	6	6

Це пояснюється тим, що мармелад, виготовлений на молоці нативному і сухому, має пружну деформацію 25 % від загальної деформації і пластичну 75%, в той час як у мармеладі і, виготовленому на воді, пружна деформація складає 40%, пластична — 60%.

Мармелад, виготовлений з використанням молока, втрачає жувальний ефект і набуває нових властивостей — стає більш міцним і має приємний молочний смак, запах і колір. Тому вважаємо за доцільне виробляти желейний мармелад на карагенані, відновленому як водою, так і молоком нативним та сухим.

Зміцнення драглів з використанням молока пояснюється наявністю негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагенану і здатністю їх до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока. Крім того, іони кальцію та калію, які містяться в молоці у великій кількості, формують містки з молекулами карагенану. Ці взаємодії в поєднанні з водопоглинальною здатністю синергетично збільшують міцність гелю вдвічі, тобто одна й та ж міцність гелю досягається в молочній системі при концентрації карагенану вдвічі меншій, ніж у водному середовищі.

Кожен виробник прагне зменшити собівартість продукції, але при цьому не погіршити її якість. Попередній дослід показав, що використання молока збільшує міцність драглів удвічі. Це надає можливість зменшити кількість карагенану у виробництві мармеладу, який має досить високу ціну. І тому наступним етапом нашого дослідження було встановлення можливості зменшення кількості карагенану у виробництві желейного мармеладу. Завдання полягало в тому, щоб отримати мармелад, міцність якого відповідала б міцності мармеладу на воді. Оскільки більшість підприємств використовує сухе молоко, то були виготовлені та досліджені зразки мармеладу на молоці сухому, відновленому водою, з додаванням зменшеного вмісту карагенану на 25, 50, 75% від його загальної кількості.

Результати досліджень, наведені в табл. 4, свідчать, що зі зменшенням вмісту карагенану загальна деформація збільшується, тобто структура мармеладу послаблюється. Близьким до міцності мармеладу на воді (40 од. пр.) є мармелад на молоці зі зменшеним вмістом карагенану на 50%, міцність якого складає 36 од. пр. Проведені обрахунки показали, що пластична та пружна деформації цього зразка, відповідно, становлять 64 та 36%, що дуже близько до показників пружної та пластичної деформації мармеладу на воді — 60 та 40%.

Таблиця 4. Структурно-механічні показники мармеладної маси на сухому молоці та зі зменшеною кількістю карагенану

Показники	100% карагенану на воді	100% карагенану на молоці	Зменшення вмісту карагенану (на молоці)		
			на 25%	на 50%	на 75%
ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр.	40	23	28	36	49
ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр.	26	17	21	25	34
Пружна деформація, од. пр.	16	6	7	11	15

Наступним етапом досліджень було визначення впливу НМ (нативного молока), СНМ (сухого нативного молока), СЗМ (сухого знежиреного молока) на структурно-механічні властивості мармеладу, виготовленого на лактитолі, фруктозі, суміші лактитолу і фруктози, цукрі (контроль) — на воді і молоці. Результати проведених досліджень наведені в табл. 5.

Таблиця 5. Структурно-механічні показники мармеладу з додаванням молока

Показники	Мармелад на цукрі (контроль)		Мармелад на лактитолі		Мармелад на фруктозі		Мармелад на лактитолі і фруктозі (1:1)	
	на воді	на молоці	на воді	на молоці	на воді	на молоці	на воді	на молоці
ΔH_1 (сфера з вантажем) — загальна деформація, од. пр.	40	23	66	27	79	42	69	30
ΔH_2 (сфера без вантажу) — пластична деформація, од. пр.	26	17	35	16	46	24	40	18
Пружна деформація, од. пр.	16	6	31	11	33	18	29	12

Аналіз отриманих даних показав, що молоко впливає на зміцнення структури мармеладу як на цукрі, так і на цукрозамінниках. Так, загальна деформація мармеладу на карагенані із заміною води на нативне молоко зменшилася на цукрі на 50%, на лактитолі — на 49%, на фруктозі на — 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%.

Пружна деформація мармеладу на карагенані із заміною води на молоко менша за пластичну деформацію мармеладу на карагенані та воді для цукру на 64%, для лактитолу — на 65%, фруктози — на 45%, суміші лактитолу і фруктози — на 59%.

На структурометрі TA.XT.Express проведено дослідження залежності деформації мармеладної маси від тривалості дії (секунди) постійного зусилля 4,7 Н. Аналіз отриманих даних підтвердив, що деформація драглів залежить від виду цукрозамінників. Встановлено, що найбільш міцні драгли на цукрі, найслабші — на фруктозі. Порівнюючи з такими ж зразками на воді, бачимо, що міцність драглів на молоці збільшується в середньому на 40%, тобто практично вдвічі. У табл. 6 наведено фіксовані піки деформації драглів на карагенані та молоці з використанням різних цукрозамінників.

Таблиця 6. Фіксовані піки деформації драглів з використанням різних цукрозамінників

Фіксовані піки	Цукрозамінники			
	цукор	фруктоза	лактитол	суміш лактитолу і фруктози
1	2,469	4,007	3,105	3,332
2	2,573	4,132	3,210	3,450
3	2,667	4,242	3,360	3,546
4	2,779	4,377	3,451	3,661
5	2,851	4,461	3,547	3,767

Проведено математичне оброблення результатів даних, яке показало залежність деформації мармеладу, виготовленого на молоці та різних цукрозамінниках, від постійної дії навантаження:

- мармелад на цукрі — $Y = 2,41 + 0,0235 \ln(x)$;
- мармелад на фруктозі — $Y = 3,974 + 0,281 \ln(x)$;
- мармелад на суміші лактитолу й фруктози — $Y = 3,300 + 0,262 \ln(x)$;
- мармелад на лактитолі — $Y = 3,071 + 0,275 \ln(x)$.

Зміцнення драглів з використанням молока пояснюється наявністю негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагенану і здатністю до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока.

Карагенан, що застосовували в дослідженнях, являє собою суміш κ - і ι -карагенанів: каппа-карагенан з іонами калію проявляє сильне желювання і утворює міцну, але крихку структуру зі здатністю до синерезису; йота-карагенан сильно желює з іонами кальцію, утворює еластичну, зв'язану структуру драглів, яка не схильна до синерезису.

Значення загальної деформації мармеладу на карагенані із заміною води на цільне молоко порівняно із загальною деформацією мармеладу на карагенані та воді зменшилася для цукру на 50%, для лактитолу — на 49%, фруктози — на 37%, суміші лактитолу і фруктози — на 47%.

Висновки

Проведені дослідження показали можливість зменшення дозування карагенану в мармеладі у разі використання молока вдвічі, проте враховуючи особливості кожного виду карагенану та іншої сировини, що використовується згідно з рецептурою, а також особливості виробничого обладнання та перебіг технологічного процесу, рекомендовано в рецептурах мармеладу на молоці зменшувати дозування карагенану на 25%.

Література

1. Полумбрик М. О., Омельченко Х. В., Антонюк О. В. Молоко як джерело заліза, зв'язаного білками. *Нові ідеї в харчовій науці — нові продукти харчовій промисловості: міжнародна наукова конференція, присвячена 130-річчю Національного університету харчових технологій*, 13—17 жовтня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. С. 313.
2. Дорохович А. М. Цукри, цукрозамінники, підсолоджувачі та їх використання при виробництві кондитерських виробів. *Здобутки та перспективи розвитку кондитерської галузі: матеріали міжнародної науково-практичної конференції*. К.: НУХТ, 2017. С. 103—110.
3. Vega C., Dalgleish D., Goff H. Effect of κ -carrageenan addition to dairy emulsions containing sodium caseinate and locust bean gum. (Department of Food Science, University of Guelph, Guelph ON N1G2W1, Canada). *Food Hydrocolloids*. 2005. V. 19, № 2. P. 187—195.
4. Камбулова Ю. В., Соколовская И. А. Влияние комплексов пектина и альгината натрия на структурообразование белковых кремов. *Universum: Технические науки: электрон. научн. журн.* 2014. № 9(10). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1613>.
5. Звягінцева-Семенець Ю. П., Можарівська С. В., Камбулова Ю. В. Рентгеноскопічні дослідження кремів із збитих вершків з різними видами цукрі. *Наукові праці НУХТ*. 2020. Т. 26, № 1. С. 154—164.
6. Physicochemical aspects of iron binding in milk / Raouche et al. San Diego: BMC Genomics, 2011. 259 p.
7. Шарафетдинов Х. Х., Плотникова О. А., Назарова А. М., Кондратьева О. В. Специализированные пищевые продукты с модифицированным углеводным профилем в коррекции метаболических нарушений при сахарном диабете 2 типа. *Вопросы питания*. 2017. Т. 86, № 6. С. 56—66.