

УДК 637.14:[613.292:633.43-026.771
DOI: 10.31866/2616-7468.7.1.2024.305964

ТЕХНОЛОГІЯ ЗБАГАЧЕННЯ МОЛОЧНИХ ПРОДУКТІВ А2 КАРОТИНОЇДАМИ МОРКВЯНОГО ПОРОШКУ

Марина Самілик,
кандидатка технічних наук,
Сумський національний аграрний університет,
Суми, Україна,
m.samilyk@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4826-2080>
© Самілик М. М., 2024

Роман Цирулик,
аспірант,
Сумський національний аграрний університет,
Суми, Україна,
tigerneon33@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4896-4891>
© Цирулик Р. В., 2024

Актуальність. Молоко є доступним для споживання, популярним і поживним харчовим продуктом, у складі якого присутні різноманітні важливі макроелементи та біологічно активні сполуки, зокрема каротиноїди. Каротиноїди, які містяться в харчових продуктах, мають низьку біодоступність, розчинність і стабільність. Високий вміст жиру та унікальний жировий склад молочних продуктів можна використовувати для подолання проблеми низької біодоступності каротиноїдів, характерної для фруктів і овочів. Тому вживання збагачених молочних продуктів може бути потенційним засобом збільшення доставки каротиноїдів в організм людини. **Метою дослідження** є розроблення технології збагачення молочних продуктів А2 каротиноїдами морквяного порошку. Було виготовлено дослідні зразки молока А2 з масовою часткою жиру (3,2 %): контроль (без добавок); зразок 1 (збагачене морквяним порошком у кількості 10 %); зразок 2 (збагачене морквяним порошком у кількості 20 %). Морквяний порошок вносили у молоко, ретельно перемішували протягом 10 хв та піддавали гомогенізації під тиском 100-110 МПа, після чого фільтрували. Відокремлену при фільтруванні молока морквяну мезгу у кількості 10 та 20 % до маси продукту використовували для збагачення йогуртів. **Методи дослідження.** У дослідних зразках молока за допомогою стандартних методик визначали органолептичні, фізико-хімічні показники за ДСТУ EN ISO 1211:2022 (Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості, 2023), мікробіологічні показники за ДСТУ 7357:2013 (Мінекономрозвитку України, 2014), ДСТУ 7089:2009 (Держспоживстандарт України, 2011) та вміст каротиноїдів (хімічним методом). Також досліджували зміну активної кислотності йогуртів у процесі їх зберігання методом прямої потенціометрії. **Результати.** Встановлено, що додавання морквяного порошку позитивно впливає на органолептичні показники якості молока та призводить до збільшення у їх складі масової частки білка на 0,03–0,04 %. При додаванні 10 % морквяного порошку концентрація каротиноїдів зростає на 0,163 мг / 100 мл, а при додаванні 20 % – на 0,553 мг / 100 мл. У разі застосування гомогенізації під високим тиском при збагаченні молока морквяним порошком забезпечується його мікробіологічна стабільність. Збагачення йогуртів морквяною мезгою призводить до підвищення у їх складі вмісту харчових волокон та дозволяє підвищити рівень рН готового продукту. Активна кислотність збагачених йогуртів перебуває в межах норми протягом всього терміну зберігання. **Висновки та обговорення результатів.** Збагачення молока морквяним порошком із застосуванням гомогенізації під високим тиском призводить до зростання концентрації каротиноїдів у молоці, яка забезпечує майже 5 % добової потреби організму. **Ключові слова:** збагачене молоко А2, йогурт А2, морквяний порошок, показники якості, каротиноїди, клітковина.

Актуальність проблеми

Постановка проблеми. Молоко є доступним для споживання, популярним і поживним харчовим продуктом, у складі якого присутні різноманітні важливі макроелементи. В молоці міститься близько 3,2 % білків, 4,8 % лактози та 3,5 % жиру (O'Callaghan et al., 2019). Воно є унікальним джерелом біологічно активних сполук, зокрема каротиноїдів. Каротиноїди містяться в ліпідній фракції молока і надають молочним продуктам характерного жовтого відтінку (Allothman et al., 2019). Каротиноїди більш універсальні, ніж інші біоактивні речовини, оскільки вони також є природними пігментами, антиоксидантами, мають ряд корисних властивостей для здоров'я (Bernstein et al., 2016). Рекомендований рівень потреби в каротиноїдах вищий, ніж їх середнє добове споживання (5,42–15,44 мг/день), що свідчить про доцільність збагачення ними харчових продуктів (Toti et al., 2018).

Ключовою невирішеною проблемою у збагаченні харчових продуктів каротиноїдами є їх низька біодоступність, розчинність та стабільність, а також можливі сенсорні зміни кінцевого продукту (Korces & Failla, 2018). У раціоні людини споживання каротиноїдів в основному пов'язане із вживанням фруктів і овочів (Ucci et al., 2019). Проте останнім часом зростає інтерес до альтернативних харчових джерел каротиноїдів завдяки розробленню повноцінних, збагачених харчових продуктів, які позитивно впливають на здоров'я організму людини (Conboy Stephenson et al., 2021). До таких продуктів можна віднести і молочні.

Стан вивчення проблеми. Молочні продукти є основним сегментом серед збагачених харчових продуктів, що становить близько 74 % усіх функціональних продуктів (Salmerón, 2017). Їх унікальний жировий склад може підвищити стабільність і біодоступність каротиноїдів. Збагачення молочних продуктів дає можливість не лише підвищити їх поживну цінність, а й збільшити додану вартість (Granato et al., 2020). Вміст каротиноїдів у коров'ячому молоці в поєднанні з його цінним складом макро- та мікроелементів підкреслює потенціал для виробництва збагачених молочних продуктів.

Вміст жиру в молочних продуктах можна використовувати для подолання проблеми низької біодоступності каротиноїдів, характерної для фруктів і овочів. Завдяки цьому молочні продукти є потенційним засобом збільшення доставки каротиноїдів в організм людини (Early, 2012). Це пов'язано з тим, що споживання ліпідів з їжею покращує утворення міцел і поглинання каротиноїдів, підвищуючи біодоступність поживних мікроелементів. Жирність 1–2,5 % є достатньою для посилення міцеляризації каротиноїдів, а насичення відбувається при масовій частці жиру 5 % (Mashurabad et al., 2017).

Природні каротиноїди більш популярні як харчові добавки, ніж синтетичні барвники, через безпечність та користь для здоров'я людини (Lastra-Ripoll et al., 2023). Попит споживачів на натуральні добавки призвів до того, що розробляються методи вилучення природних барвників, включаючи каротиноїди, і їх застосування в харчових системах (Meléndez-Martínez et al., 2022).

На сьогодні проведено обмежені дослідження щодо збагачення харчових продуктів на основі молочних продуктів каротиноїдами (Abid et al., 2017). Збагачення йогурту різними біоактивними сполуками вивчали різні автори (Cho et al., 2020; Shori, 2020; Šeregelj et al., 2021). Водночас відсутній чіткий механізм збагачення молока, який дозволить забезпечити збереження цих сполук у процесі переробки.

Інкапсуляція шляхом екструзії може значно збільшити стабільність природного β -каротину з потенційним використанням як функціонального інгредієнта в молочних продуктах (Šeregelj et al., 2021).

Велике значення при збагаченні молочних продуктів відіграє метод термічної обробки. Термічна обробка ефективна проти мікроорганізмів, але призводить до зниження біодоступності каротиноїдів до 63 %, незалежно від харчової матриці (Flores-Mancha et al., 2021). Тому розглядаються нетермічні альтернативи, такі як обробка під високим тиском та імпульсні електричні поля високої інтенсивності (Rodríguez-Roque et al., 2016).

Альтернативою є гомогенізація під високим тиском до 190 МПа. Цей процес дозволяє знизити мікробне навантаження до рівнів, еквівалентних термічній пастеризації, підвищує загальний рівень каротиноїдів приблизно на 12 % та подовжує термін зберігання продуктів (Guan et al., 2016). Наше дослідження було проведено лише щодо фруктових соків.

Обробка під високим тиском, паскалізація – нетермічний (до +45 °С) метод консервування харчових продуктів і напоїв при 600 МПа – призводить до зниження ступеня розпаду каротиноїдів до 26 % (Stinco et al., 2019). Паскалізація інактивує хвороботворні мікроорганізми й патогени, зумовлює мінімальний вплив на смак, текстуру, зовнішній вигляд, харчову цінність продуктів та подовжує їх термін придатності. Загальні втрати каротиноїдів після стерилізації (117 °С, 23 хв) для моркви становлять 10 %, при пастеризації (70 °С, 7,5 хв) каротиноїди зазнають легкого впливу (Vervoort et al., 2012). Проте відсутні дослідження щодо впливу термічної обробки на морквяно-молочні суміші.

Аналіз наукових джерел показав, що молоко та молочні продукти доцільно збагачувати каротиноїдами. Проте необхідно розробити технологію виробництва цих продуктів, яка забезпечить їх стабільність та біодоступність.

Невирішені питання. Незважаючи на певні досягнення в напрямку розроблення способів збереження каротиноїдів, відсутні дослідження щодо збагачення молока та йогуртів А2. Доцільно дослідити можливість застосування морквяного порошку для збагачення цього виду молочних продуктів А2.

Мета та методи дослідження

Метою пропонованого дослідження є розроблення технології збагачення молочних продуктів А2 каротиноїдами морквяного порошку.

Для вирішення поставленої мети слід виконати наступні завдання:

- дослідити органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники якості молока А2, збагаченого каротиноїдами морквяного порошку;
- дослідити вміст каротиноїдів у молоці А2, збагаченому каротиноїдами морквяного порошку;
- дослідити вплив морквяної мезги на рівень рН збагачених йогуртів А2;
- розробити технологію збагачення молока та молочних продуктів каротиноїдами морквяного порошку.

Методологічною основою дослідження є стандартні методики, які використовуються для аналізу молока та молочних продуктів на підприємствах галузі.

Для дослідження використовували цільне незбиране (жирністю 4,1 %) молоко А2, отримане від корів з віварію Сумського національного аграрного університе-

ту. Незбиране молоко А2 перевіряли за допомогою ультразвукового аналізатора «Екомілк-Стандарт» (Україна). Серед параметрів вимірювали вміст жиру, білка, сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ), води, щільність. Для перевірки свіжості молока використовували метод титрованої кислотності. За показниками якості досліджуване молоко відповідало сорту «екстра».

Було підготовлено 3 дослідних зразки молока А2 з однаковою масовою часткою жиру (3,2 %): контроль (без добавок); зразок 1 (збагачене морквяним порошком у кількості 10 %); зразок 2 (збагачене морквяним порошком у кількості 20 %). Для збагачення використовували морквяний порошок (0,000045–0,000055 м) ТМ «VESTRA HEALTHY» (Україна). Для сепарування молока застосовували лабораторний сепаратор «Мотор Січ» (Україна). Порошки вносили у молоко, ретельно перемішували протягом 10 хв та піддавали гомогенізації в лабораторному гомогенізаторі високого тиску (100–110 МПа, 0,0001 м) GEA PandaPLUS 2000 (Німеччина). Після гомогенізації молоко фільтрували. В якості фільтрувальних перегородок використовували фільтри для цідилки молока FARMA (Нідерланди) діаметром 0,095 м. Величина отворів сита становить 0,000035 м. Фільтроване збагачене молоко пастеризували ($t=333,15-338,15$ К, $\tau=900-1200$ с). Пастеризоване молоко охолоджували до 293,15К та аналізували. Відокремлену при фільтруванні морквяну мезгу використовували для приготування дослідних зразків йогуртів у кількості 10 % до маси продукту (зразок 1) та 20 % (зразок 2). Така кількість добавки аргументована фізіологічними нормами споживання клітковини (0,010–0,025 кг).

Йогурти виготовляли на основі нормалізованого молока А2 (жирність 1,5 %) резервуарним способом. Сквашування проводили у лабораторному ультратермостаті UTU (Польща) протягом 3 годин. Для приготування йогурту використовували закваску бактеріальну «Йогурт VIVO», виготовлену згідно з ТУУ15.5-3060300036-001:2009 Технологічним інститутом молока та м'яса (Державне дослідне підприємство бактеріальних заквасок). Сквашені йогурти охолоджували до 293,15К та аналізували.

Методи дослідження. Зовнішній вигляд, консистенцію, колір, смак і запах визначали органолептично. Масову частку жиру визначали гравіметричним методом. Масову частку білка – методом формольного титрування, який оснований на нейтралізації карбоксильних груп моноамінодикарбонових кислот білків розчином гідроксиду натрію. Активну кислотність продуктів визначали методом прямої потенціометрії за допомогою рН-метра «рН-500». Масову частку каротиноїдів визначали хімічним методом. Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, бактерій групи кишкових паличок визначали методом посіву на селективних твердих поживних середовищах.

Об'єктом дослідження є технологія збагачення молока А2 та йогурту А2 каротиноїдами.

Предмет дослідження – молоко А2, молоко А2, збагачене каротиноїдами, йогурт А2, збагачений харчовими волокнами.

Наукова новизна цього дослідження полягає в тому, що вперше запропоновано технологію збагачення молочних продуктів А2 каротиноїдами морквяного порошку із застосуванням гомогенізації високого тиску.

Згідно із запропонованою гіпотезою дослідження, додавання до молока А2 морквяного порошку сприятиме підвищенню в ньому вмісту каротиноїдів та харчових волокон у складі збагачених йогуртів А2. Такі припущення прийняті за результатами аналізу інформації щодо хімічного складу морквяного порошку

та впливу певних способів обробки на збереження каротиноїдів. При гомогенізації молочно-морквяної суміші каротиноїди, що входять до складу морквяного порошку, дифундують у молоко. Про це свідчить зміна його забарвлення. Таким чином, продукт збагачується природними пігментами, які є попередниками вітаміну А і мають антиоксидантні властивості.

Інформаційна база дослідження. Дослідження проводилося в межах науково-технічної роботи за державним замовленням на науково-технічні (експериментальні) розроблення та науково-технічну продукцію «Розроблення технологій комплексної переробки рослинної сировини на харчові продукти» (№ ДЗ / 125 – 2022 від 23 вересня 2022).

Результати дослідження

На першому етапі досліджень було визначено органолептичні показники збагаченого молока А2 та порівняно їх із контрольним зразком. Результати дослідження представлено в таблиці 1.

Табл. 1. Результати дослідження органолептичних показників молока А2, збагаченого каротиноїдами

Tabl. 1. Results of studying organoleptic parameters of A2 milk enriched with carotenoids

Найменування показників	Характеристика		
	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Смак і запах	Чисті, без сторонніх, не притаманних свіжому молоку присмаків. З легким присмаком пастеризації.	Чисті, без сторонніх, не притаманних свіжому молоку присмаків, з незначним морквяним запахом.	
Колір	Білий, рівномірний за всією масою	Світло-кремовий, рівномірний за всією масою	Кремовий, рівномірний за всією масою
Консистенція	Однорідна рідина без пластівців білка та осаду		

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

На відміну від контрольного зразка, зразки 1 та 2 мали незначний морквяний запах. Результати показали, що особливих відмінностей за смаком та запахом в залежності від кількості доданого порошку не спостерігалось. Проте колір зразка 2 був значно вираженим, кремовим, схожим на пряжене молоко. Таке забарвлення може вказувати на більшу концентрацію каротиноїдів у молоці А2. Враховуючи, що у зразку, збагаченому 20 % морквяного порошку, відчувався морквяний запах дещо інтенсивніше, ніж у зразку із вмістом морквяного порошку 10 %, збільшення кількості добавки не рекомендується.

Було проаналізовано деякі фізико-хімічні показники якості молока А2, збагаченого морквяним порошком. Результати представлено в таблиці 2.

Табл. 2. Результати аналізу фізико-хімічних показників молока А2, збагаченого каротиноїдами

Tabl. 2. Results of analysing physicochemical parameters of A2 milk enriched with carotenoids

Найменування показників	Зразки		
	Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Масова частка жиру, %	3,20	3,20	3,20
Масова частка білка, %	2,80	2,83	2,84
Концентрація каротиноїдів, мг / 100 мл	0,0075	0,17	0,36

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

Результати дослідження показали, що у збагаченому молоці дещо збільшується масова частка білка (на 0,03–0,04 %). Значною мірою підвищується концентрація каротиноїдів. При додаванні 10 % морквяного порошку вона зростає на 0,163 мг / 100 мл, а при додаванні 20 % – на 0,553 мг / 100 мл. Рекомендована норма споживання каротиноїдів із встановленою фізіологічною дією на організм 15 мг на добу була використана для оцінки отриманих результатів досліджень. Споживання 200 г збагаченого морквяним порошком у кількості 10 % молока А2 забезпечує потребу організму у каротиноїдах на 2,3 %. При вживанні молока А2, збагаченого 20 % морквяним порошком, добова потреба в каротиноїдах забезпечується на 4,8 %. Варто зазначити, що вживання тієї ж кількості молока А2 без добавок забезпечує потребу організму в каротиноїдах лише на 0,1 %.

Дослідні зразки молока зберігалися у скляних стерильних пляшках із герметичними кришками в побутовому холодильнику протягом 12 діб. Згідно з ДСТУ 2661:2010 (Держспоживстандарт України, 2011), термін придатності молока пастеризованого – не більше 7 діб. Протягом 11 діб зберігалися стабільні сенсорні характеристики продукту. На 12-ту добу змінилася консистенція молока, з'явилися ознаки кислотного згортання.

Результати мікробіологічного аналізу представлено в таблиці 3.

Табл. 3. Результати аналізу мікробіологічних показників молока А2, збагаченого каротиноїдами

Tabl. 3. Results of analysing microbiological parameters of A2 milk enriched with carotenoids

Найменування показників	Нормативне значення	Зразки		
		Контроль	Зразок 1	Зразок 2
Кількість мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів в 1,0 см продукту, КУО	від $1 \cdot 10^6$ до $2,5 \cdot 10^6$	$1,2 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$
Бактерії групи кишкової палички в $0,1 \text{ см}^3$	Не дозволено	Не виявлено		

Джерело: власна розробка

Source: own elaboration

Результати показали, що збагачення молока каротиноїдами морквяного порошку за умови раціонального режиму пастеризації та гомогенізації не спри-

чиняє розвитку мікроорганізмів протягом 11 діб. За всіма мікробіологічними показниками всі дослідні зразки збагаченого молока відповідали нормативним значенням.

Також було досліджено вплив морквяної мезги, утвореної після збагачення молока, на активну кислотність йогуртів. Дослідні зразки зберігалися в побутовому холодильнику у скляних стерильних банках із герметичними кришками. Кислотність досліджували кожну 5-ту добу. Результати дослідження представлено на рисунку 1.

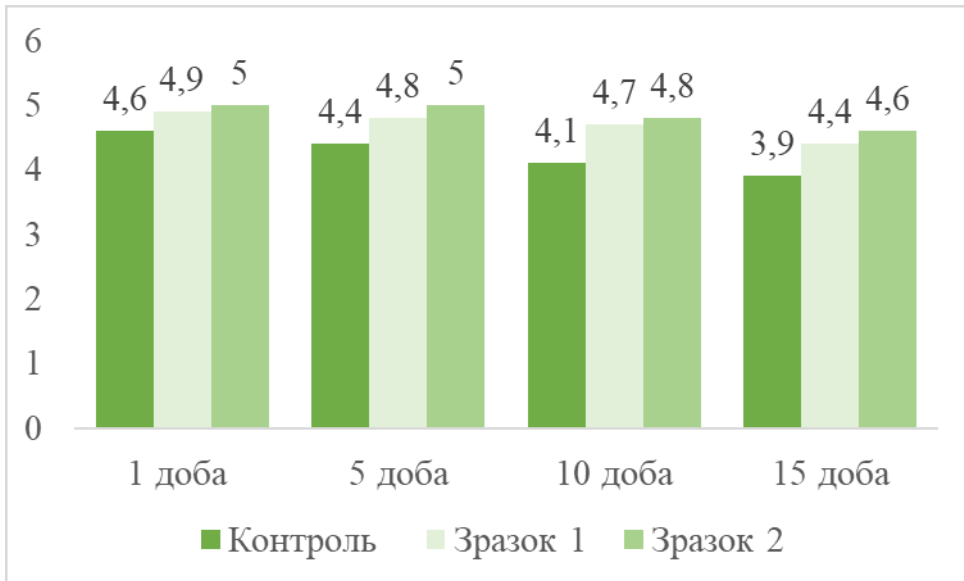


Рис. 1. Активна кислотність йогуртів А2
Джерело: власна розробка

Рис. 1. Active acidity of yogurts A2
Source: own elaboration

Із графіка на рисунку 1 видно, що рН збагачених йогуртів А2 дещо вищий (на 0,3–0,4), ніж рН контрольного зразка протягом 15 діб зберігання. У процесі зберігання рН всіх зразків знижувався і перебував у межах допустимих норм (4,8–4,0). Варто зазначити, що рівень рН зразка 2, збагаченого 20 % морквяної мезги, залишався найвищим (5,0–4,6) протягом всього терміну зберігання, що свідчить про стійкість продукту до зберігання.

На підставі попередньо проведених досліджень було розроблено технологічну схему виробництва збагачених молочних продуктів А2 (рис. 2).

За цією схемою незбиране молоко А2 сорту «екстра» охолоджується до температури 4–6 °С. Після нетривалого тимчасового резервування протягом 6–7 годин підігрівається до температури 40–45 °С і сепарується. Знежирене молоко нормалізується до масової частки жиру 3,2 % і направляється у ємність для приготування збагаченої молочної основи, оснащеної лопатевою мішалкою.

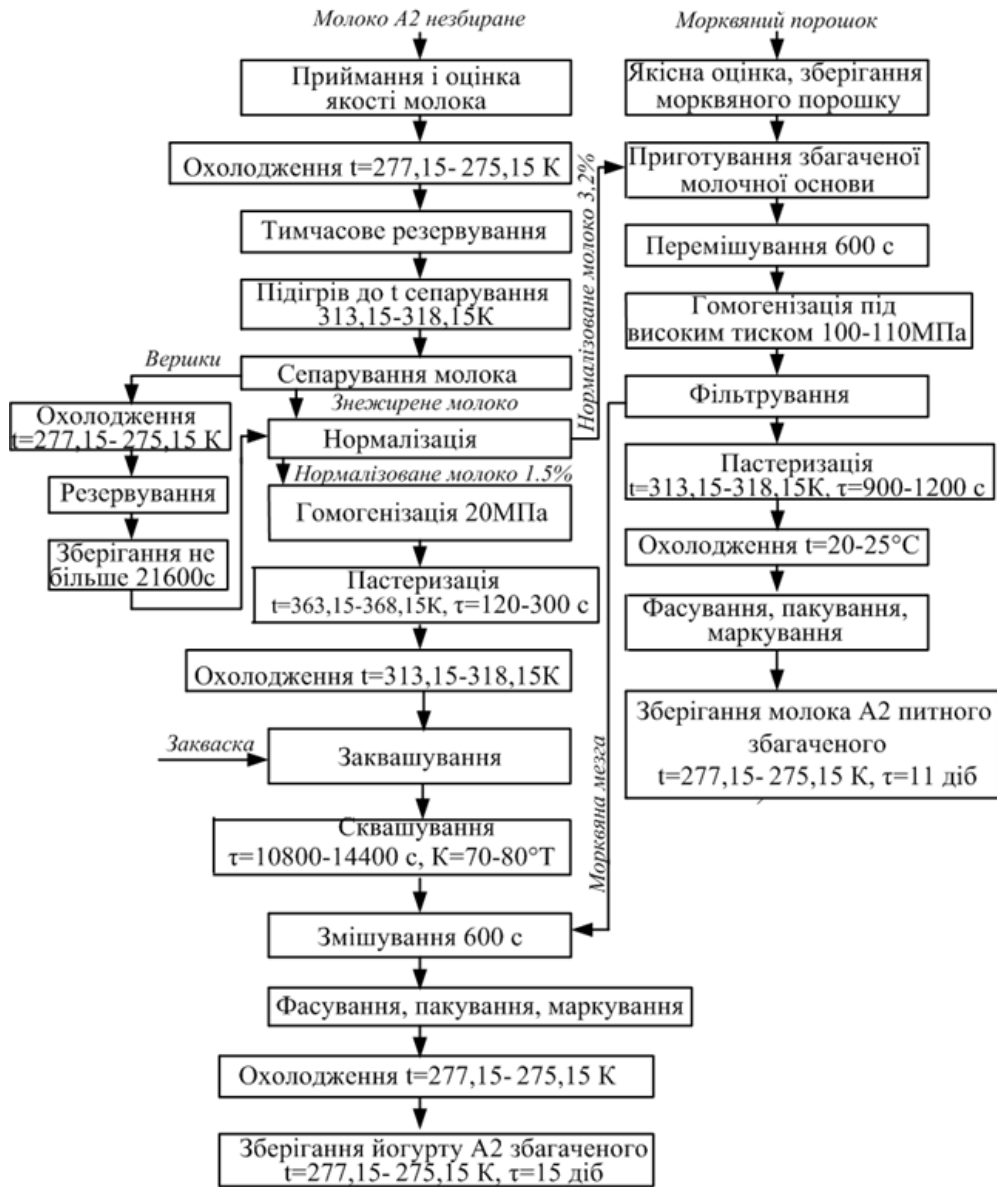


Рис. 2. Технологічна схема виробництва збагачених молока А2 та йогурту А2
 Джерело: власна розробка

Pic. 2. Technological scheme of producing enriched A2 milk and A2 yogurt
 Source: own elaboration

Туди ж додається морквяний порошок у кількості 20 % до маси молока. Після змішування протягом 600 с морквяно-молочна суміш гомогенізується під тиском 100–110 МПа. Гомогенізована морквяно-молочна суміш фільтрується. Збагачене молоко пастеризується за температури 333,15–338,15 К протягом 900–1200 с,

охладжується до 293,15– 298,15 К і направляється на фасування та пакування. Промарковане молоко відправляється на зберігання. Молоко А2 збагачене пастеризоване зберігається за температури $277,15 \pm 275,15$ К не більше ніж 11 діб.

Висновки та обговорення результатів

Морквяний порошок позитивно впливає на органолептичні показники молока А2, забезпечуючи високі споживчі властивості.

Збагачення молока морквяним порошком із застосуванням гомогенізації під високим тиском (100–110МПа) призводить до зростання у ньому концентрації каротиноїдів на 0,553 мг / 100 мл, що забезпечує майже 5 % добової потреби організму.

Мікробіологічні показники збагаченого молока А2 залишаються стабільними протягом встановленого терміну придатності і відповідають нормативним значенням, а саме не спостерігається утворення бактерій групи кишкової палички. Кількість МАФАНМ в 1 см КУО становила $1,2 \cdot 10^6$ – $1,5 \cdot 10^6$.

Рівень рН збагачених йогуртів А2 залишається в межах норми протягом 15 діб зберігання (4,4–4,6), що свідчить про прийнятність продукту до зберігання.

Враховуючи позитивні результати аналізу якості збагачених молочних продуктів А2, розроблена технологія їх виробництва із застосуванням гомогенізації при високому тиску.

Наукова новизна дослідження полягає в розробленні технології збагачення молочних продуктів А2 каротиноїдами морквяного порошку із застосуванням гомогенізації високого тиску.

Практичне значення цього дослідження полягає в тому, що розроблені продукти (збагачене молоко А2 та збагачений йогурт А2 морквяним порошком) сприятимуть розширенню асортименту молочних продуктів.

Перспективи подальших наукових розробок спрямовані на встановлення напрямків застосування збагаченого молока А2 морквяним порошком у виробництві молочних страв та харчових продуктів.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ

- Держспоживстандарт України. (2011). *Молоко і молочні продукти. Методика підрахування кількості мезофільних аеробних та факультативно-анаеробних мікроорганізмів, дріжджів і плісневих грибів за допомогою пластин* (ДСТУ 7089:2009).
- Держспоживстандарт України. (2011). *Молоко коров'яче питне. Загальні технічні умови* (ДСТУ 2661:2010).
- Мінекономрозвитку України. (2014). *Молоко та молочні продукти. Методи мікробіологічного контролювання* (ДСТУ 7357:2013).
- Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості. (2023). *Молоко. Визначення вмісту жиру. Гравіметричний метод (еталонний метод)* (ДСТУ EN ISO 1211:2022).
- Abid, Y., Azabou, S., Jridi, M., Khemakhem, I., Bouaziz, M., & Attia, H. (2017). Storage stability of traditional Tunisian butter enriched with antioxidant extract from tomato processing by-products. *Food Chemistry*, 233, 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.125>
- Alothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M., Tobin, J., Fenelon, M. A., & O'Callaghan, T. F. (2019). The "grass-fed" milk story: Understanding

- the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk. *Foods*, 8(8), Article 350. <https://doi.org/10.3390/foods8080350>
- Bernstein, P. S., Li, B., Vachali, P. P., Gorusupudi, A., Shyam, R., Henriksen, B. S., & Nolan, J. M. (2016). Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: The basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease. *Progress in Retinal and Eye Research*, 50, 4–66. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2015.10.003>
- Cho, W. Y., Kim, D. H., Lee, H. J., Yeon, S. J., & Lee, C. H. (2020). Quality characteristic and antioxidant activity of yogurt containing olive leaf hot water extract. *CyTA – Journal of Food*, 18(1), 43–50. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1640797>
- Conboy Stephenson, R., Ross, R. P., Stanton, C. (2021). Carotenoids in milk and the potential for dairy based functional foods. *Foods*, 10(6), Article 1263. <https://doi.org/10.3390/foods10061263>
- Early, R. (2012). Dairy products and milk-based food ingredients. In D. Baines & R. Seal (Eds.), *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings* (pp. 417–445). Woodhead. <https://doi.org/10.1533/9780857095725.2.417>
- Flores-Mancha, M. A., Ruíz-Gutiérrez, M. G., Sánchez-Vega, R., Santellano-Estrada, E., & Chávez-Martínez, A. (2021). Effect of encapsulated beet extracts (*Beta vulgaris*) added to yogurt on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Molecules*, 26(16), Article 4768. <https://doi.org/10.3390/molecules26164768>
- Granato, D., Barba, F. J., Bursać Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Guan, Y., Zhou, L., Bi, J., Yi, J., Liu, X., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. (2016). Change of microbial and quality attributes of mango juice treated by high pressure homogenization combined with moderate inlet temperatures during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.009>
- Kopec, R. E., & Failla, M. L. (2018). Recent advances in the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids and effects of other dietary lipophiles. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.06.008>
- Lastra-Ripoll, S. E., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2023). Yogurt enriched with mango peel extracts (*Mangifera indica*) in chitosan-xanthan gum dispersions: Physicochemical, rheological, stability, and antioxidant activity. *Fluids*, 8(10), Article 259. <https://doi.org/10.3390/fluids8100259>
- Mashurabad, P. C., Palika, R., Jyrwa, Y. W., Bhaskarachary, K., & Pullakhandam, R. (2017). Dietary fat composition, food matrix and relative polarity modulate the micellarization and intestinal uptake of carotenoids from vegetables and fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 333–341. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2466-7>
- Meléndez-Martínez, A. J., Mandić, A. I., Bantis, F., Böhm, V., Borge, G. I. A., Brnčić, M., Bysted, A., Cano, M. P., Dias, M. G., Elgersma, A., Fikselová, M., García-Alonso, J., Giuffrida, D., Gonçalves, V. S. S., Hornero-Méndez, D., Kljak, K., Lavelli, V., Manganaris, G. A., Mapelli-Brahm, P., ... O'Brien, N. (2022). A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: Status quo, applications, patents, and research needs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 1999–2049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959>
- O'Callaghan, T. F., Sugrue, I., Hill, C., Ross, R. P., & Stanton, C. (2019). Nutritional aspects of raw milk: A beneficial or hazardous food choice. In L. A. Nero & A. F. de Carvalho (Eds.), *Raw Milk: Balance Between Hazards and Benefits* (pp. 127–148). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810530-6.00007-9>
- Rodríguez-Roque, M. J., de Ancos, B., Sánchez-Vega, R., Sánchez-Moreno, C., Cano, M. P., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. (2016). Food matrix and processing influence on carotenoid bioaccessibility and lipophilic antioxidant activity of fruit juice-based beverages. *Food & Function*, 7(1), 380–389. <https://doi.org/10.1039/c5fo01060h>

- Salmerón, I. (2017). Fermented cereal beverages: From probiotic, prebiotic and synbiotic towards Nanoscience designed healthy drinks. *Letters in Applied Microbiology*, 65(2), 114–124. <https://doi.org/10.1111/lam.12740>
- Šeregelj, V., Pezo, L., Šovljanski, O., Lević, S., Nedović, V., Markov, S., Tomić, A., Čanadanović-Brunet, J., Vulić, J., Šaponjac, V. T., & Četković, G. (2021). New concept of fortified yogurt formulation with encapsulated carrot waste extract. *LWT – Food Science and Technology*, 138, Article 110732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110732>
- Shori, A. B. (2020). Proteolytic activity, antioxidant, and α -Amylase inhibitory activity of yogurt enriched with coriander and cumin seeds. *LWT – Food Science and Technology*, 133, Article 109912. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109912>
- Stinco, C. M., Szczepańska, J., Marszałek, K., Pinto, C. A., Inácio, R. S., Mapelli-Brahm, P., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Saraiva, J. A., & Meléndez-Martínez, A. J. (2019). Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food Chemistry*, 299, Article 125112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125112>
- Toti, E., Chen, C.-Y. O., Palmery, M., Villaño Valencia, D., & Peluso, I. (2018). Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: Recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition? *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, Spec. Iss.*, Article 4637861. <https://doi.org/10.1155/2018/4637861>
- Ucci, M., Di Tomo, P., Tritschle, F., Cordone, V. G. P., Lanuti, P., Bologna, G., Di Silvestre, S., Di Pietro, N., Pipino, C., & Mandatori, D., Formoso, G., & Pandolfi, A. (2019). Anti-inflammatory role of carotenoids in endothelial cells derived from umbilical cord of women affected by gestational diabetes mellitus. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, Spec. Iss.*, Article 8184656. <https://doi.org/10.1155/2019/8184656>
- Vervoort, L., Van der Plancken, I., Grauwet, T., Verlinde, Ph., Matser, A., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2012). Thermal versus high pressure processing of carrots: A comparative pilot-scale study on equivalent basis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 15, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.02.009>

REFERENCES

- Abid, Y., Azabou, S., Jridi, M., Khemakhem, I., Bouaziz, M., & Attia, H. (2017). Storage stability of traditional Tunisian butter enriched with antioxidant extract from tomato processing by-products. *Food Chemistry*, 233, 476–482. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.125> [in English].
- Alothman, M., Hogan, S. A., Hennessy, D., Dillon, P., Kilcawley, K. N., O'Donovan, M., Tobin, J., Fenelon, M. A., & O'Callaghan, T. F. (2019). The "grass-fed" milk story: Understanding the impact of pasture feeding on the composition and quality of bovine milk. *Foods*, 8(8), Article 350. <https://doi.org/10.3390/foods8080350> [in English].
- Bernstein, P. S., Li, B., Vachali, P. P., Gorusupudi, A., Shyam, R., Henriksen, B. S., & Nolan, J. M. (2016). Lutein, zeaxanthin, and meso-zeaxanthin: The basic and clinical science underlying carotenoid-based nutritional interventions against ocular disease. *Progress in Retinal and Eye Research*, 50, 4–66. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2015.10.003> [in English].
- Cho, W. Y., Kim, D. H., Lee, H. J., Yeon, S. J., & Lee, C. H. (2020). Quality characteristic and antioxidant activity of yogurt containing olive leaf hot water extract. *CyTA – Journal of Food*, 18(1), 43–50. <https://doi.org/10.1080/19476337.2019.1640797> [in English].
- Conboy Stephenson, R., Ross, R. P., Stanton, C. (2021). Carotenoids in milk and the potential for dairy based functional foods. *Foods*, 10(6), Article 1263. <https://doi.org/10.3390/foods10061263> [in English].

- Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2011). *Moloko i molochni produkty. Metodyka pidrakhovuvannia kilkosti mezofilnykh aerobnykh ta fakultatyvno-anaerobnykh mikroorhanizmiv, drizhdzhiv i plisenevykh hrybiv za dopomohoiu plastyn* [Milk and dairy products. Method for enumeration of mesophilic aerobian and facultative anaerobe microorganisms, yeast and mould mushroom by means of plate] (DSTU 7089:2009) [in Ukrainian].
- Derzhspozhyvstandart Ukrainy. (2011). *Moloko koroviache pytne. Zahalni tekhnichni umovy* [Drinking cow milk. General technical specifications] (DSTU 2661:2010) [in Ukrainian].
- Early, R. (2012). Dairy products and milk-based food ingredients. In D. Baines & R. Seal (Eds.), *Natural Food Additives, Ingredients and Flavourings* (pp. 417–445). Woodhead. <https://doi.org/10.1533/9780857095725.2.417> [in English].
- Flores-Mancha, M. A., Ruíz-Gutiérrez, M. G., Sánchez-Vega, R., Santellano-Estrada, E., & Chávez-Martínez, A. (2021). Effect of encapsulated beet extracts (*Beta vulgaris*) added to yogurt on the physicochemical characteristics and antioxidant activity. *Molecules*, 26(16), Article 4768. <https://doi.org/10.3390/molecules26164768> [in English].
- Granato, D., Barba, F. J., Bursac Kovačević, D., Lorenzo, J. M., Cruz, A. G., & Putnik, P. (2020). Functional foods: Product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology*, 11, 93–118. <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708> [in English].
- Guan, Y., Zhou, L., Bi, J., Yi, J., Liu, X., Chen, Q., Wu, X., & Zhou, M. (2016). Change of microbial and quality attributes of mango juice treated by high pressure homogenization combined with moderate inlet temperatures during storage. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 36, 320–329. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.07.009> [in English].
- Kopec, R. E., & Failla, M. L. (2018). Recent advances in the bioaccessibility and bioavailability of carotenoids and effects of other dietary lipophiles. *Journal of Food Composition and Analysis*, 68, 16–30. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.06.008> [in English].
- Lastra-Ripoll, S. E., Quintana, S. E., & García-Zapateiro, L. A. (2023). Yogurt enriched with mango peel extracts (*Mangifera indica*) in chitosan–xanthan gum dispersions: Physicochemical, rheological, stability, and antioxidant activity. *Fluids*, 8(10), Article 259. <https://doi.org/10.3390/fluids8100259> [in English].
- Mashurabad, P. C., Palika, R., Jyrwa, Y. W., Bhaskarachary, K., & Pullakhandam, R. (2017). Dietary fat composition, food matrix and relative polarity modulate the micellarization and intestinal uptake of carotenoids from vegetables and fruits. *Journal of Food Science and Technology*, 54, 335–341. <https://doi.org/10.1007/s13197-016-2466-7> [in English].
- Meléndez-Martínez, A. J., Mandić, A. I., Bantis, F., Böhm, V., Borge, G. I. A., Brnčić, M., Bysted, A., Cano, M. P., Dias, M. G., Elgersma, A., Fikselová, M., García-Alonso, J., Giuffrida, D., Gonçalves, V. S. S., Hornero-Méndez, D., Kljak, K., Lavelli, V., Manganaris, G. A., Mapelli-Brahm, P., ... O'Brien, N. (2022). A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: Status quo, applications, patents, and research needs. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 62(8), 1999–2049. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1867959> [in English].
- Minekonomrozvytku Ukrainy. (2014). *Moloko ta molochni produkty. Metody mikrobiolohichnoho kontroliuvannia* [Milk and milk products. Methods of microbiological monitoring] (DSTU 7357:2013) [in Ukrainian].
- O'Callaghan, T. F., Sugrue, I., Hill, C., Ross, R. P., & Stanton, C. (2019). Nutritional aspects of raw milk: A beneficial or hazardous food choice. In L. A. Nero & A. F. de Carvalho (Eds.), *Raw Milk: Balance Between Hazards and Benefits* (pp. 127–148). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-810530-6.00007-9> [in English].
- Rodríguez-Roque, M. J., de Ancos, B., Sánchez-Vega, R., Sánchez-Moreno, C., Cano, M. P., Elez-Martínez, P., Martín-Belloso, O. (2016). Food matrix and processing influence on carotenoid bioaccessibility and lipophilic antioxidant activity of fruit juice-based beverages. *Food & Function*, 7(1), 380–389. <https://doi.org/10.1039/c5fo01060h> [in English].

- Salmerón, I. (2017). Fermented cereal beverages: From probiotic, prebiotic and synbiotic towards Nanoscience designed healthy drinks. *Letters in Applied Microbiology*, 65(2), 114–124. <https://doi.org/10.1111/lam.12740> [in English].
- Šeregelj, V., Pezo, L., Šovljanski, O., Lević, S., Nedović, V., Markov, S., Tomić, A., Čanadanović-Brunet, J., Vulić, J., Šaponjac, V. T., & Četković, G. (2021). New concept of fortified yogurt formulation with encapsulated carrot waste extract. *LWT – Food Science and Technology*, 138, Article 110732. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110732> [in English].
- Shori, A. B. (2020). Proteolytic activity, antioxidant, and α -Amylase inhibitory activity of yogurt enriched with coriander and cumin seeds. *LWT – Food Science and Technology*, 133, Article 109912. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109912> [in English].
- Stinco, C. M., Szczepańska, J., Marszałek, K., Pinto, C. A., Inácio, R. S., Mapelli-Brahm, P., Barba, F. J., Lorenzo, J. M., Saraiva, J. A., & Meléndez-Martínez, A. J. (2019). Effect of high-pressure processing on carotenoids profile, colour, microbial and enzymatic stability of cloudy carrot juice. *Food Chemistry*, 299, Article 125112. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125112> [in English].
- Toti, E., Chen, C.-Y. O., Palmery, M., Villaño Valencia, D., & Peluso, I. (2018). Non-provitamin A and provitamin A carotenoids as immunomodulators: Recommended dietary allowance, therapeutic index, or personalized nutrition? *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, Spec. Iss.*, Article 4637861. <https://doi.org/10.1155/2018/4637861> [in English].
- Ucci, M., Di Tomo, P., Tritschle, F., Cordone, V. G. P., Lanuti, P., Bologna, G., Di Silvestre, S., Di Pietro, N., Pipino, C., & Mandatori, D., Formoso, G., & Pandolfi, A. (2019). Anti-inflammatory role of carotenoids in endothelial cells derived from umbilical cord of women affected by gestational diabetes mellitus. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity, Spec. Iss.*, Article 8184656. <https://doi.org/10.1155/2019/8184656> [in English].
- Ukrainian Scientific Research and Training Center of Standardization, Certification and Quality Problems. (2023). *Moloko. Vyznachennia vmistu zhyru. Hravimetrychnyi metod (etalonnyi metod)* [Milk. Determination of fat content. Gravimetric method (Reference method)] (DSTU EN ISO 1211:2022) [in Ukrainian].
- Vervoort, L., Van der Plancken, I., Grauwet, T., Verlinde, Ph., Matser, A., Hendrickx, M., & Van Loey, A. (2012). Thermal versus high pressure processing of carrots: A comparative pilot-scale study on equivalent basis. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 15, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2012.02.009> [in English].

Стаття надійшла до редакції 08.02.2024

UDC 637.14:[613.292:633.43-026.771

Maryna Samilyk,
PhD in Technical Sciences,
Sumy National Agrarian University,
Sumy, Ukraine,
m.samilyk@ukr.net
<https://orcid.org/0000-0002-4826-2080>

Roman Tsyrulyk,
PhD Student,
Sumy National Agrarian University,
Sumy, Ukraine,
tigerneon33@gmail.com
<https://orcid.org/0000-0002-4896-4891>

TECHNOLOGY OF ENRICHMENT OF A2 DAIRY PRODUCTS WITH CARROT POWDER CAROTINOIDS

Topicality. Milk is an available for consumption, popular and nutritious food product, which contains a variety of important macronutrients and biologically active compounds, including carotenoids. Carotenoids contained in food products have low bioavailability, solubility and stability. A high fat content and a unique fat composition of dairy products can be used in order to overcome the problem of low carotenoid bioavailability which is common to fruits and vegetables. Therefore, the usage of fortified dairy products can be a potential means of increasing the supply of carotenoids to the human body. **The aim of the article** is to elaborate a technology for enriching A2 dairy products with carrot powder carotenoids. Experimental samples of A2 milk with a mass fraction of fat (3.2%) were produced: control (without additives); sample 1 (enriched with carrot powder in the amount of 10%); sample 2 (enriched with carrot powder in the amount of 20%). The carrot powder was added to milk, thoroughly mixed for 10 minutes, and subjected to homogenization under a pressure of 100–110 MPa, after which it was filtered. The carrot pulp separated during milk filtration, in the amount of 10 and 20% by weight of the product, was used to enrich yogurts. **Research methods.** Using standard methods, in experimental milk samples organoleptic, physico-chemical indicators were determined according to DSTU EN ISO 1211:2022 (Ukrainian Research and Training Centre for Problems of Standardisation, Certification and Quality, 2023), as well as microbiological indicators were defined according to DSTU 7357:2013 (Ministry of Economic Development of Ukraine, 2014), DSTU 7089:2009 (State Consumer Standard of Ukraine, 2011), and carotenoid content (by chemical method). Additionally, the change in the active acidity of yogurts during their storage was studied by the method of direct potentiometry. **Results.** It was established that the addition of carrot powder had a positive effect on organoleptic quality indicators of milk, and caused an increase in the protein mass fraction within their composition by 0.03–0.04%. When adding 10% of carrot powder, the concentration of carotenoids increased by 0.163 mg/100 ml, and when adding 20%, then by 0.553 mg/100 ml accordingly. In the case of applying homogenisation under high pressure, and when enriching milk with carrot powder, its microbiological stability was ensured. Enrichment of yogurts with carrot pulp led to a significant increase of dietary fibers content in their composition, and allowed to raise the pH level of the finished product. During the entire storage period, the active acidity of enriched yogurts was within the normal range. **Conclusions and discussion.** Enrichment of milk with carrot powder and using homogenisation under high pressure leads to an increase in the concentration of carotenoids in milk, which provides almost 5% of the daily needs.

Keywords: A2 enriched milk, A2 yogurt, carrot powder, quality indicators, carotenoids, fiber.