

УДК 621.59: 613.229:547.455.65

DOI: 10.15587/1729-4061.2016.76232

Запропоновано та розроблено метод глибокої переробки каротинвмісних овочів – альтернативний криогенний обробці. Метод заснований на комплексній дії на сировину паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення з використанням нового покоління обладнання, яке застосовується на підприємствах ресторанного бізнесу. Новий метод дозволяє більш повно використати біологічний потенціал сировини (у 2...3 рази більше) і отримати харчові продукти в наноформі

Ключові слова: глибока переробка, каротинвмісні овочі, паротермічна обробка, дрібнодисперсне подрібнення, пароконвекційна піч, продукти у наноформі

Предложен и разработан метод глубокой переработки каротинсодержащих овощей – альтернативный криогенной обработке. Метод основан на комплексном воздействии на сырье паротермической обработки и мелкодисперсного измельчения с использованием нового поколения оборудования, применяемого на предприятиях ресторанного бизнеса. Новый метод позволяет более полно использовать биологический потенциал (в 2...3 раза больше) и получить пищевые продукты в наноформе

Ключевые слова: глубокая переработка, каротинсодержащие овощи, паротермическая обработка, мелкодисперсное измельчение, пароконвекционная печь, продукты в наноформе

ГЛИБОКА ПЕРЕРобКА КАРОТИНВМІСНИХ ОВОЧІВ ТА ОТРИМАННЯ НАНОЇЖІ З ВИКОРИСТАННЯМ НОВОГО ПОКОЛІННЯ ОБЛАДНАННЯ

Р. Ю. Павлюк

Доктор технічних наук, професор,
Лауреат Державної премії України,
Заслужений діяч науки і техніки України*

E-mail: ktrprom@ukr.net

В. В. Погарська

Доктор технічних наук, професор,
Лауреат Державної премії України*

E-mail: viktoria.pogarskaya@ukr.net

Л. О. Радченко

Кандидат історичних наук, професор, директор
Харківський торговельно-економічний коледж Київського
національного торговельно-економічного університету
вул. Клочківська, 202, м. Харків, Україна, 61045

E-mail: kharkiv@htek.com.ua

Р. Д. Таубер

Доктор педагогічних наук, професор, ректор
Академія готельного бізнесу та
громадського харчування
вул. Нізавска, 19, м. Познань, Польща, 61-022

E-mail: wshigua@i.ua

Н. М. Тимофєєва*

E-mail: kdp2010@yandex.ua

*Кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока
Харківський державний університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. Вступ

На сьогодні глобальною проблемою в міжнародній практиці в значній кількості країн світу є дефіцит в раціонах харчування вітамінів, каротину, мінеральних речовин, білків та інших біологічно активних речовин (БАР). Потреба в них у населення України задовольняється всього на 50 % [1–3]. Спостерігається також в раціонах харчування незбалансованість: дефіцит молока, риби, м'яса, фруктів та ягід, тобто тих продуктів, які сприяють зміцненню здоров'я населення України. Відомо також, що 50 % населення Землі голодує. В зв'язку з цим в багатьох країнах світу існує багато програм, в рамках яких створюються і вже налагоджено промисловий випуск багатьох синтетичних харчових продуктів (зокрема, молока, м'яса, овочів, борошна, круп і т. п.) [4]. Вони по зовнішньому вигляду та смаку майже не відрізняються від натуральних продуктів, але вони шкідливі для організму людини та практично ним не засвоюються. Це пов'язано з тим, що в

організмі людини немає ферментів, які б сприяли їх всмоктуванню і які важко виводяться із організму та накопичуються у формі алергенів, що призводить до різних патологічних зсувів в організмі людини і різним захворюванням [4]. Крім того, на всій Землі спостерігається погіршення екологічної ситуації та зменшення імунітету у населення [5–7].

В зв'язку з цим в багатьох країнах світу великою популярністю користуються функціональні оздоровчі продукти (особливо із фруктів та овочів), які направлені на укріплення здоров'я. Цій проблемі сьогодні надається багато уваги в роботах вчених. Це один із найважливіших і актуальних наукових напрямків, які інтенсивно розвиваються в міжнародній практиці. Особливо актуальним і перспективним напрямком отримання оздоровчих харчових продуктів є використання для їх виготовлення каротинвмісних овочів (зокрема, моркви, гарбузу, томатів, перцю солодкого болгарського та ін.). Вони значно виділяються серед іншої рослинної сировини високим вмістом біологічно

активних речовин, зокрема, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною та антиокислювальною активністю (рутину, катехінів, оксикоричних кислот та ін.), поліфенольних дубильних речовин, що мають імуномодельючу антиокислювальну детоксикуючу та протипухлинну дію [5, 8–10]. Ці овочі користуються великою популярністю у населення різних країн світу (особливо в Японії, США, Німеччині та ін.). Відомо, що ненасичені кон'юговані сполуки каротиноїдів мають протипухлинну, проти-променеву дію та значно підвищують захисні сили організму людини, особливо в поєднанні з аскорбіновою кислотою та фенольними сполуками, які в великій кількості містяться в моркві та гарбузі, і є традиційним для України джерелом каротину [8, 9, 11].

За останніми даними наукових досліджень, які отримані в міжнародній практиці в галузі молекулярної біології видатними вченими-вітамінологами Клаусом Обербайлем (Німеччина), Мартином Принсом і Джоном Фризоли (США), та ін. Встановлено, що споживання натуральних каротиноїдів в продуктах з їх високим вмістом є надійний захист організму людини від раку та інших хвороб [12]. Каротини також захищають клітини організму людини від патогенних мікроорганізмів і гасять вільні окислювальні радикали, які намагаються окислити, тобто спалити незахищені частини клітин. Показано також, що поряд з вітаміном А каротини в нашій імунній системі борються з вірусами, бактеріями та іншими збудниками хвороб, підтримують молодість і здоров'я нашого тіла, попереджають старіння, покращують гостроту зору, роблять шкіру гладкою та еластичною.

Американським лауреатом Нобелівської премії Джорджем Уїпплом виявлено омолоджуючий детоксикуючий ефект дії на організм людини при регулярному споживанні населенням рослинних продуктів з високим вмістом каротину. Вплив таких каротиноїдних продуктів на організм людини автор порівнює з функціонуванням печінки фільтруючим органом організму [12]. На думку автора, для того, щоб бути здоровим, є тільки одна можливість – регулярно споживати збагачену каротином їжу.

Відомо, що морква і гарбуз користуються великою популярністю і у населення України. Вони використовують їх як в індивідуальному так і в масовому харчуванні населення, а також в ресторанах, супермаркетах та на великих підприємствах при виготовленні різних консервованих продуктів харчування (соків, пюре, соусів, гарнірів, начинок, заморожених сумішей та ін.). Традиційні способи їх переробки призводять до значних втрат каротиноїдів та інших БАВ (від 20 до 80 %) [5, 6, 11].

Труднощі при переробці і споживанні каротинвмісних овочів, на думку авторів, пов'язані з тим, що значна частина молекул каротину (наприклад, в моркві) щільно упаковані в рослинні волокна-накокомплекси або наносоціати гетерополісахаридів і білків і їх важко вилучити в розчинну фазу в процесі переробки сировини, а також в шлунку людини. Аналіз даних періодичної науково-технічної літератури по переробці каротинвмісних овочів та виготовлення із них харчових продуктів присвячений в основному органолептичним, фізико-хімічним та реологічним характеристикам отриманих продуктів. Що стосується каротиноїдів сировини, їх трансформацію то таких відомостей дуже мало, та вони носять суперечливий

характер [8, 9, 11]. Відомо, що найбільш ефективним обладнанням в технологіях виготовлення харчових продуктів із каротиномісної сировини є використання сучасного обладнання – пароконвекційних печей та різних подрібнювачів. Але глибоких фундаментальних досліджень в цьому напрямку нами не виявлено [3, 4, 6].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Відомо, що теплова обробка овочів є одним із основних технологічних прийомів, що використовуються в технології виробництва кулінарних виробів при переробці плодів і овочів в різні види харчових продуктів та напівфабрикатів в тому числі, і пароконвекційних печей. Теплову обробку проводять з метою інактивації окислювальних ферментів, зменшення кількості вегетативних та спорових форм мікроорганізмів, збільшення клітинної проникності, покращення текстури продукту, розм'якшення тканини рослинної сировини, зменшення її об'єму, надання продукту певних органолептичних властивостей та смаку.

В процесі теплової обробки відбуваються зміни структурно-механічних, фізико-хімічних, біохімічних, хімічних, мікробіологічних та органолептичних властивостей сировини, відбуваються зміни харчової та біологічної цінності [1, 2].

Традиційними способами теплової обробки рослинної сировини є бланшування, розварювання, підігрівання, обжарювання, пасерування. На підприємствах переробної та консервної галузі, а також закладах ресторанного господарства з цією метою використовують різні види апаратів: бланшувачі, варильні котли, вакуумні апарати та ін.

Відомо також, що при використанні традиційного обладнання при тепловій обробці плодів та овочів втрачається значна кількість вітамінів та інших біологічно активних речовин (від 20 до 80 %) [3, 4]. Традиційна теплова кулінарна обробка супроводжується значними втратами маси напівфабрикатів і готової продукції [13]. Одним із прогресивних способів вирішення даної проблеми є теплова обробка овочів в пароконвектоматі, в одній робочій камері якого при використанні пару і циркулюючого повітря є можливість застосовувати різні способи теплової обробки сировини [13].

Аналіз періодичної літератури за останні 10 років показав, що актуальним є пошук технологічних прийомів та створення нового покоління обладнання, яке дозволяє максимально зберегти біологічний потенціал харчової сировини [6, 7]. Сьогодні в харчових підприємствах, зокрема в закладах ресторанного господарства, з'явилося і широко використовується нове покоління сучасного теплового обладнання – пароконвекційні печі, що дають змогу об'єднати в одному апараті три процеси – варіння, смаження та приготування на пару. Відомими перевагами теплової обробки в пароконвекційній печі є те, що за рахунок конструктивних особливостей апарату, регулювання інтенсивності подачі та температури потоку пари, а також тиску в середині камери, продукт рівномірно прогривається і процес кипіння відбувається при температурі від 70 °С. Це забезпечує високу якість продукту та значне скорочення тривалості виготовлення продукту [13–16].

Аналізуючи дані наукової періодичної літератури за останні 10 років, було встановлено, що роботи більшості вчених присвячено дослідженням впливу режимів паротермічної обробки в пароконвекційних печах на якість різних продуктів харчування (хлібо-булочних виробів, кулінарних виробів із риби, м'яса, плодів і овочів та ін.), які виготовляються на підприємствах ресторанного бізнесу [14–16]. При цьому під якістю автори розуміють текстуру продуктів, їх органолептичні показники, теплофізичні характеристики і характеристики теплообміну [13, 15–17]. Автори відмічають, що пароконвектомати – це універсальне теплове обладнання з високим ступенем автоматизації та можливостей програмування технологічних процесів [18]. Це дозволяє стабілізувати якість продукції та забезпечити її нешкідливість. Установлено, що при тепловій обробці харчових продуктів (рослинного та тваринного походження) в пароконвектоматі, на відміну від традиційних методів, продукти не втрачають свою масу, не відбувається зменшення об'єму продукту, тканини не стають більш щільними. Теплова обробка продуктів в пароконвектоматі дозволяє отримати продукцію соковиту, з ніжною консистенцією, такі продукти в організмі людини краще піддаються дії ферментів і засвоюються [18, 19].

Таким чином, проведений аналіз даних літератури, що стосується впливу паротермічної обробки в пароконвекційних печах на якість продуктів, показав, що в науковій літературі не виявлені дані, щодо комплексного впливу теплової обробки в пароконвектоматі, а також дрібнодисперсного подрібнення каротинвмісних овочів (моркви та гарбуза) на збереження та вилучення із них каротину та інших біологічно активних речовин із скритої (зв'язаної) форми у вільний стан і більш повного використання біологічного потенціалу сировини.

Відомо, що сьогодні одним із перспективних методів глибокої переробки рослинної сировини є криогенне подрібнення та дрібнодисперсне подрібнення без застосування холоду. В харчовій промисловості ці процеси мало вивчені. [20].

В зв'язку з цим в задачі роботи входив пошук та розробка альтернативного криогенній обробці методу глибокої переробки сировини без використання низьких температур, що дозволяє максимально зберегти та використати закладений в сировині біологічний потенціал [3, 5–7]. Як альтернативний криогенному методу глибокої переробки було запропоновано використовувати комплексну дію на сировину паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення з використанням нового покоління висоефективного сучасного обладнання – пароконвекційної печі (Італія) та активатора-гомогенізатора-подрібнювача-кутера (Франція). Таке обладнання широко використовується в міжнародній практиці і вже знайшло застосування в Україні в елітних ресторанах, кулінарних цехах супермаркетів, їдальнях санаторіїв – профілакторіїв, комбінатах харчування школярів та ін. На думку виробників та технологів-практиків, зазначені види обладнання – це нове слово в техніці і технології отримання харчових продуктів високої якості [7, 8]. Однак в науковій літературі не виявлені дані, щодо впливу технологічної обробки з застосуванням вказаних видів сучасного обладнання на якість сировини за вмістом БАР при їх переробці та отриманні продуктів

високої якості. Не виявлені механізми процесів, які відбуваються в харчовій сировині [16, 18, 19].

В зв'язку з цим перспективним є вивчення впливу процесів глибокої переробки каротинвмісних овочів на збереження і трансформацію каротиноїдів та інших біологічно активних речовин при паротермічній обробці та дрібнодисперсному подрібненні. Зокрема, представляють інтерес дослідження впливу паротермічної та дрібнодисперсної обробки каротинвмісної сировини (КВС) на збереження і трансформацію каротиноїдів та інших БАР, на ферментативні, біохімічні, фізико-хімічні процеси, що відбуваються при обробці сировини в сучасних апаратах підприємств ресторанного бізнесу. Отримані напівфабрикати із КВС можуть бути застосовуватися при виготовленні різних видів кулінарних виробів, перших обідніх та других страв, десертів, нанапоїв, наноморозива, сорбетів, булочок, бісквітів, тортів, кремів та ін. для оздоровчого харчування.

3. Мета і задачі досліджень

Мета роботи – вивчення впливу глибокої переробки каротинвмісних овочів з застосуванням паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на зберігання та екстракцію каротиноїдів та інших біологічно активних речовин з використанням нового покоління обладнання та отримання продуктів в нанорозмірній формі.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні задачі:

- вивчити вплив паротермічної обробки в пароконвекційній печі на активність окислювальних ферментів (пероксидази, поліфенолоксидази) в каротинвмісній сировині;
- вивчити вплив паротермічної обробки в пароконвекційній печі на біологічно активні речовини (зокрема, β -каротин, L-аскорбінову кислоту) каротинвмісних овочів в порівнянні з традиційним бланшуванням;
- вивчити вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на якість каротинвмісних овочів за вмістом БАР при отриманні з них дрібнодисперсного пюре в нанорозмірній формі;
- провести порівняння якості наноструктурованого пюре з каротинвмісних овочів (моркви, гарбуза) за вмістом БАР отриманих з використанням паротермічної обробки та механодеструкції з якістю пюре отриманих за криогенною технологією та аналогами.

4. Матеріали та методи досліджень

4.1. Досліджувані матеріали та обладнання, що використовували в експериментах

Дослідження проводились на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ (м. Харків, Україна), в лабораторії «Інноваційних крио- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» з застосуванням пароконвекційної печі UNOX SPA серії XVC (Італія), яка включає 70 програм, що відрізняються між собою режимами технологічної обробки (температурою, інтенсивністю та кількістю подачі пари, наявністю циркуляції або обдування повітрям (рис. 1).



Рис. 1. Пароконвекційна піч UNOX SPA серії XVC (Італія)

Як об'єкти дослідження використовувалась каротинвмісна сировина – гарбуз та морква. Порівняння впливу різних видів паротермічної обробки в пароконвекційній печі UNOX SPA серії XVC (Італія) та традиційного способу теплової обробки сировини – бланшування на каротино-вмісну сировину (моркву, гарбуз) проводились за ферментативною активністю окислювальних ферментів, масовою часткою L-аскорбінової кислоти та вмістом β -каротину. Експеримент проводився за методикою яка описана в [21].

4.2. Методики визначення показників досліджуваних зразків

Для виконання поставлених задач використовували загальноприйнятні стандартні методи досліджень, такі як колориметричний метод Мурі для визначення β -каротину [22, 23], метод візуального та потенціометричного титрування для визначення L-аскорбінової кислоти [24], колориметричний метод Фоліна-Деніса для визначення загальної кількості низькомолекулярних фенольних сполук [25], колориметричний метод визначення суми фавонолових глікозидів [25], а також методику Д. М. Міхліна та З. С. Бронвицької для визначення ферментативної активності [26]. З методиками визначення показників досліджуваних зразків можна ознайомитись в роботі [21].

5. Результати досліджень впливу глибокої переробки каротинвмісної рослинної сировини з використанням паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення та їх обговорення

Харківським державним університетом харчування та торгівлі (Україна, м. Харків) у співдружності з Харківським торговельно-економічним коледжем Київського національного торговельно-економічного університету, Комунальним підприємством «Дитячий комбінат» (Україна, м. Харків) та Академією готельного менеджменту і ресторанного господарства у Познані (Польща) запропоновано та розроблено альтернативний криогенній обробці метод глибокої переробки рослинної сировини без використання низьких температур, що дозволяє максимально зберегти та використати закладений у сировині біологічний потенціал. В роботі запропоновано використовувати комплексну дію на сировину паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення з використанням

нового покоління вискоефективного сучасного обладнання – пароконвекційної печі (Італія) та активатора – гомогенізатора-подрібнювача (Франція) [12].

Установлено, що паротермічна обробка каротинвмісних овочів із застосуванням пароконвекційної печі та традиційна термічна обробка методом бланшування шляхом занурення в гарячу киплячу воду відбуваються по-різному.

Виявлено, що в порівнянні з традиційним методом теплової обробки при обробці каротинвмісуючих овочів в пароконвектоматі ферментативні процеси відбуваються з меншою інтенсивністю. Кількісні значення максимальної активності поліфенолоксидази менші в 2...4,5 разів, пероксидази – в 1,5 ...1,6 разів (рис. 2).

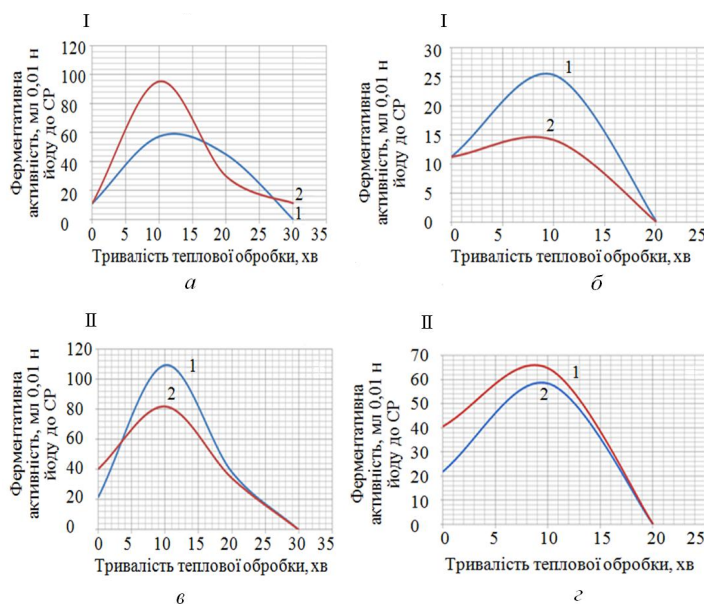


Рис. 2. Вплив паротермічної обробки моркви (I) та гарбуза (II) на активність окислювальних ферментів: 1 – поліфенолоксидаза (синій маркер); 2 – пероксидаза (червоний маркер), де а, б – паротермічна обробка з використанням бланшування; в, г – паротермічна обробка в пароконвектоматі

Прогрівання продукту сприяє активації окислювальних ферментів, причому при бланшуванні значно більше. Встановлено, що при бланшуванні через 10 хвилин паротермічної обробки активність ферменту поліфенолоксидази значно зростає. Збільшення становить: в моркві – 9 раз, в гарбузі – 5,5 разів. При цьому активність ферменту пероксидази збільшується менше: в моркві – в 5,8 раз, в гарбузі – в 2 рази (рис. 2).

Активність окислювальних ферментів при паротермічній обробці в пароконвектоматі зростає менше: поліфенолоксидази – в 2,7 рази (в моркві) та 2,0 рази (в гарбузі), пероксидази – в 1,5 рази (в моркві) та 1,6 раз (в гарбузі). Встановлено оптимум ферментативної активності для обох видів окислювальних ферментів при тепловій обробці моркви та гарбуза в залежності від тривалості та виду теплової обробки, що була використана. Показано, що максимальна активність окислювальних ферментів настає після теплової обробки каротинвмісних овочів протягом 10 хвилин (рис. 2) і не залежить від виду теплової обробки (бланшування чи обробка в пароконвектоматі).

При тепловій обробці гарбуза різниця в активності ферментів при різних видах теплової обробки значно менша, ніж в моркві. Показано, що повна інактивація окислювальних ферментів при обробці КВО в пароконвектоматі настає на 30 % швидше ніж при бланшуванні.

Таким чином, у порівнянні з бланшуванням при тепловій обробці каротинвмісних овочів в пароконвектоматі активація окислювальних ферментів відбувається значно менше. В зв'язку з цим можна було припустити, що руйнування БАР при тепловій обробці моркви та гарбуза в пароконвектоматі у порівнянні з бланшуванням також буде значно меншим.

Головним завданням роботи при застосуванні паротермічної обробки при отриманні готових продуктів та напівфабрикатів з каротинвмісних овочів було зменшити втрати та максимально зберегти каротиноїди (за вмістом β -каротину), L-аскорбінову кислоту та інші лабільні БАР, а також максимально виділити або екстрагувати їх приховані, зв'язані з біополімерами (білками, полісахаридами) форми, з метою більш повного у порівнянні з традиційними видами теплової обробки використання та розкриття біопотенціалу рослинної сировини та рослинної клітини. Слід зазначити, що традиційні методи теплової обробки та інші методи технологічної переробки рослинної сировини, що використовуються в міжнародній практиці, призводять до значних втрат перерахованих БАР. В залежності від виду технологічної обробки, виду сировини та БАР втрати становлять від 15 до 100 %. За даними літератури, на сьогоднішній день надійних методів технологічної обробки сировини, що дають змогу зберегти БАР та виключити або звести до мінімуму втрати не встановлені. Виключення складають заморожування та сублімаційне сушіння, для яких характерні мінімальні втрати БАР.

При тепловій обробці каротинвміщуючих овочів (моркви, гарбуза) в пароконвектоматі (при зазначених вище режимах) через 10 хвилин відбувається не тільки збереження β -каротину, а й збільшення його масової частки в 2...2,3 рази у порівнянні зі свіжою сировиною, що відбувається за рахунок вивільнення із прихованого стану (зв'язаних з біополімерами форм) у вільну форму, що фіксується хімічними методами досліджень (рис. 3).

Такі ж закономірності відбуваються і при бланшуванні.

Встановлено також, що втрати вітаміну С при тепловій обробці каротинвмісних овочів в пароконвектоматі значно менші, ніж при бланшуванні. Так, після 20 хвилин теплової обробки в пароконвектоматі масова частка L-аскорбінової кислоти збереглась на 65...80 %, в той час як після бланшування – на 40...50 % (рис. 2).

Таким чином, виявлено, що при тепловій обробці КВО в пароконвектоматі окислення та руйнування L-аскорбінової кислоти відбувається менш інтенсивно, ніж при бланшуванні.

Виявлено також, що після паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення каротинвмісних овочів при виготовленні пюре відбувається значне збільшення екстракції L-аскорбінової кислоти та β -каротину, яке для гарбуза відповідно становить в 2 та 3 рази, для моркви – відповідно 1,7 та 2,5 рази в порівнянні з вихідною сировиною (рис. 3).

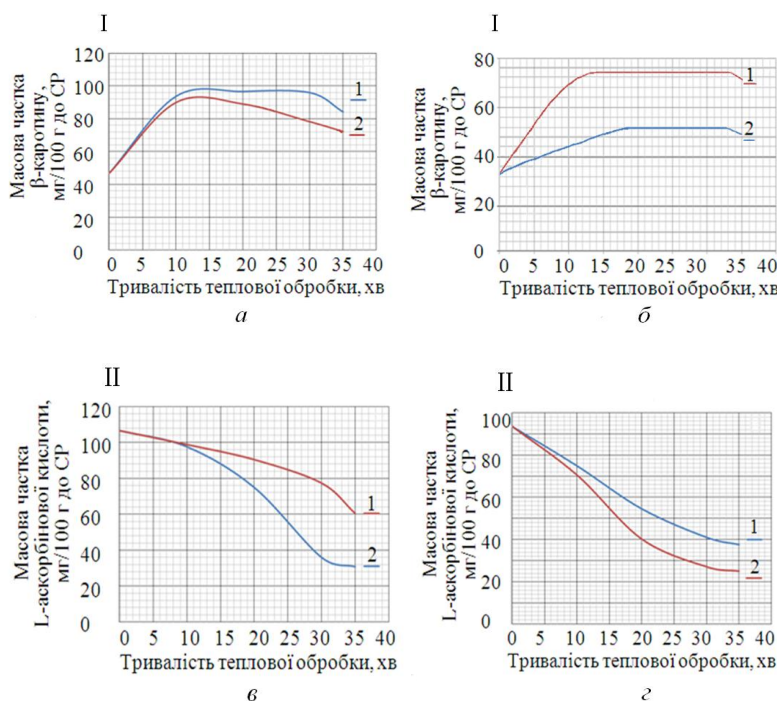


Рис. 3. Вплив тривалості паротермічної обробки моркви (а, б) та гарбуза (б, з) в пароконвектоматі – 1 (червоний маркер) та бланшуванні в звичайних умовах при $t=105\text{ }^{\circ}\text{C}$ – 2 (чорний маркер) на вміст β -каротину (I) та L-аскорбінової кислоти (II)

Такі дані отримані після досить тривалої теплової обробки сировини, яка становить 60 хвилин для моркви, що має щільну, міцну структуру та 35–40 хвилин для гарбуза. Розкрито механізми вказаного процесу, який пов'язаний з механодеструкцією та механокрекінгом наноконкомплексів біополімер-каротиноїд і вивільненням прихованих зв'язаних форм каротину та L-аскорбінової кислоти із наноасоціатів та наноконкомплексів з білками, полісахаридами, дубильними речовинами та ін.

Встановлено, що комплексне застосування паротермічної обробки рослинної сировини в пароконвектоматі з дрібнодисперсним подрібненням дає змогу отримати пюре, якість якого наближається до якості пюре, отриманого з застосуванням криогенної обробки продукту (рис. 4, 5 та табл. 1).

Так, наприклад, масова частка β -каротину в 100 г свіжого гарбуза становить 8,5 мг, в дрібнодисперсному пюре – 26,5 мг в кріопюре – 32,2 мг в 100 г. Масова частка β -каротину в 100 г свіжої моркви та дрібнодисперсного пюре з неї відповідно становить 9,2 мг та 24,6 мг, в кріопюре – 28,8 мг в 100 г. Що стосується L-аскорбінової кислоти, то вона в 100 г свіжої моркви становить 8,5 мг, в дрібнодисперсному пюре з неї – 15,0 мг в 100 г; в кріопюре – 29,7 мг в 100 г; в свіжому гарбузі – 9,8 мг в 100 г, в дрібнодисперсному пюре – 16,5 мг в 100 г, в кріопюре – 19,6 мг в 100 г.

Таким чином, встановлено, що після паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення каротинвмісних овочів при виготовленні пюре відбувається значне збільшення екстракції L-аскорбінової кислоти та β-каротину, яке для гарбуза відповідно становить в 2 та 3 рази, для моркви – відповідно 1,7 та 2,5 рази.

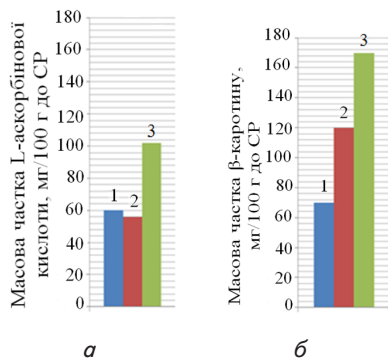


Рис. 4. Вплив паротермічної обробки моркви (I) та дрібнодисперсного подрібнення моркви на вміст L-аскорбінової кислоти (а) та β-каротину (б) в порівнянні зі свіжою сировиною: 1 – свіжа морква (синій маркер); 2 – морква після паротермічної обробки (червоний маркер); 3 – дрібнодисперсне пюре з моркви (зелений маркер)

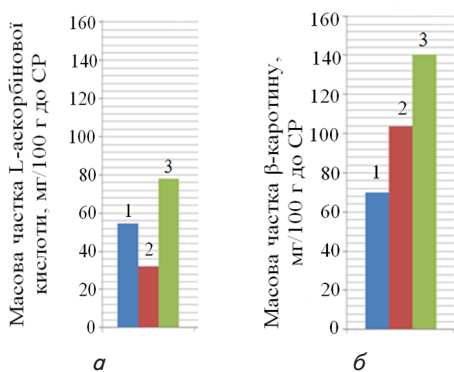


Рис. 5. Вплив паротермічної обробки гарбуза (II) та дрібнодисперсного подрібнення на вміст L-аскорбінової кислоти (а) та β-каротину (б) в порівнянні зі свіжою сировиною: 1 – свіжий гарбуз (синій маркер); 2 – гарбуз після паротермічної обробки (червоний маркер); 3 – дрібнодисперсне пюре з гарбуза (зелений маркер)

Викладені результати наукових досліджень дозволили комплексну обробку рослинної сировини з використанням нового покоління обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, яке застосовується в закладах ресторанного господарства, розглянути як метод глибокої переробки рослинної сировини, що дає змогу досягти високого ступеню збереження та екстракції БАР свіжої (вихідної) сировини при виробництві з каротинвмісних овочів дрібнодисперсних добавок в формі пюре.

Якість отриманих пюре з каротинвмісних овочів за вмістом БАР в 1,7...3 рази

перевищує якість вихідної сировини і наближається до якості пюре, отриманого із застосуванням криогенної обробки продукту та суттєво перевищує якість пюре – аналогів отриманих з використанням традиційних методів теплової обробки сировини та подрібнення, що супроводжуються втратами БАР у порівнянні зі свіжою сировиною на 20...80 %.

Все це дозволяє стверджувати про високу ефективність використання нового покоління обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення каротинвмісних овочів. Апробація у виробничих умовах КП «КДХ», НВФ «ХПК», «КРІАС ПЛЮС» (м. Харків, Україна) проведених досліджень та виготовлення експериментальних зразків нанопродуктів із каротинвмісних овочів підтверджує доцільність використання глибокої переробки КВО при отриманні нанопродуктів з використанням нового покоління обладнання на підприємствах ресторанного бізнесу і торгівлі. Таким чином, вищеописаний метод глибокої переробки рослинної сировини дозволяє більш повно розкрити біологічний потенціал КВС, що може бути корисним не тільки в харчовій й промисловості, але й при отриманні натуральних каротиноїдних фармпрепаратів (для імунопрофілактики населення) та ін.

Розвитком і продовженням досліджень в цьому напрямку є вивчення впливу глибокої переробки рослинної сировини на неперетравлювальні компоненти їжі – пребіотики, зокрема целюлоза, білки, пектинови речовини та ін., вивчення їх засвоюваності живими організмами – методом біотестування та ін.

Таблиця 1

Порівняльна характеристика вмісту каротину та інших БАР у свіжих, паротермічнооброблених, заморожених каротинвмісних овочах та в наноструктурованому пюре з них (≥3)

Продукт	Масова частка (мг в 100 г)			
	β-каротин	Л-аскорбінова кислота	Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	Флавонолові глікозиди (за рутинном)
Морква свіжа	9,5±0,3	8,2±0,2	146±1,5	50,2±1,8
Морква заморожена шматочками	18,6±1,0	17,2±0,8	240,2±2,0	117,2±2,4
Наноструктуроване кріопюре з моркви	28,8±2,5	29,7±1,5	262,6±2,8	105,8±2,8
Морква оброблена паротермічно в пароконвектоматі	19,4±1,8	7,0±0,3	120,4±1,4	40,2±0,9
Дрібнодисперсне пюре із моркви термооброблене	24,6±2,0	15,2±0,9	200,6±3,2	85,4±2,4
Гарбуз свіжий	8,5±0,3	9,8±0,2	128,4±1,8	45,4±1,2
Гарбуз заморожений шматочками	17,2±1,2	14,6±0,7	178,5±2,1	75,4±2,6
Наноструктуроване кріопюре з гарбузу	32,2±2,6	19,7±1,0	210,6±2,8	98,6±1,8
Гарбуз оброблений паротермічно в пароконвектоматі	20,0±3,4	8,2±0,2	95,8±2,0	39,2±0,5
Дрібнодисперсне пюре із гарбуза термооброблене	26,5±4,2	16,5±1,8	210,6±3,5	78,8±1,6

7. Висновки

1. Встановлено, що при глибокій (пароконвекційній) переробці каротинвмісних овочів (моркви та гарбуза) із застосуванням сучасного пароконвекційного обладнання ферментативні процеси відбуваються з меншою інтенсивністю, ніж при традиційному методі теплової обробки – бланшуванні шляхом занурення в киплячу воду. Кількісні значення максимальної ферментативної активності при обробці каротинвмісних овочів в пароконвектоматі у порівнянні з бланшуванням для поліфенолоксидази менше в 2–4,5 рази, пероксидази – у 3 рази. Показано, що повна інактивація окислювальних ферментів при тепловій обробці каротинвмісних овочів в пароконвектоматі настає раніше, ніж при бланшуванні і відбувається через 20 хвилин, що на 10–15 хвилин менше, ніж при бланшуванні. Повна інактивація окислювальних ферментів при бланшуванні каротинвмісних овочів настає через 30–35 хвилин.

2. Показано, що у порівнянні зі свіжою сировиною при тепловій обробці каротинвмісних овочів (моркви, гарбуза) в пароконвектоматі (при зазначених вище режимах) через 10 хвилин відбувається не тільки збереження β -каротину, а й збільшення його масової частки

в 2...2,3 рази, що відбувається за рахунок вивільнення із прихованого стану (зв'язаних з біополімерами форм) у вільну форму, що фіксується хімічними методами досліджень. Встановлено, що втрати вітаміну С при тепловій обробці каротинвмісних овочів в пароконвектоматі значно менші, ніж при бланшуванні. Так, після 20 хвилин теплової обробки в пароконвектоматі масова частка L-аскорбінової кислоти збереглась на 65...80 %, в той час як після бланшування – на 40...50 %.

3. Показано також, що після паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення каротинвмісних овочів при виготовленні пюре відбувається значне збільшення екстракції L-аскорбінової кислоти та β -каротину в порівнянні з вихідною сировиною, яке для гарбуза відповідно становить в 2 та 3 рази, для моркви – відповідно 1,7 та 2,5 рази.

4. Встановлено, що комплексне застосування паротермічної обробки рослинної сировини в пароконвектоматі з дрібнодисперсним подрібненням дає змогу отримати пюре, якість якого наближається до якості пюре, отриманого з застосуванням криогенної обробки продукту (зокрема, за вмістом β -каротину відповідно в 2,5...3 рази при паротермічній обробці та при криогенній обробці в 2,8...3,5 рази).

Література

1. FAO/WHO/UNU. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоров'ю – 2004 [Текст]. – Резолюция WHA.55.23 принята сессией Всемирной ассамблеи здравоохранения (ВАЗ), World Health Organization, Женева, 2004.
2. FAO/WHO/UNU. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation [Text] // Food and agriculture organization of the united nations Rome. – 2013. – Vol. 92–57.
3. Павлюк, Р. Ю. Кріо- і механохімія в харчових технологіях [Текст]: монографія / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, О. О. Юр'єва, В. А. Павлюк та ін. – Х.: Фінарт, 2014. – 260 с.
4. Резніков А. Г. Про- та антиоксидантна системи і патологічні процеси в організмі людини [Текст] / А. Г. Резніков, О. М. Полумбрик, Я. Г. Бальон, М. О. Полумбрик // Вісник НАН України. – 2014. – № 10. – С. 17–27.
5. Погарская, В. В. Активация гидрофильных свойств каротиноидов растительного сырья [Текст]: монографія / В. В. Погарська, Р. Ю. Павлюк, А. И. Черевко, В. А. Павлюк, Н.Ф. Максимова. – Х.: Фінарт, 2013. – 345 с.
6. Goni I. Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables [Text] / I. Goni, J. Serrano, F. Saura-Calixto // Agric Food Chem. – 2006. – Vol. 54, Issue 15. – P. 5382–5387. doi: 10.1021/jf0609835
7. Bernstein, P. S. Identification and quantitation of carotenoids and their metabolites in the tissues of the human eye [Text] / P. S. Bernstein, F. Khachik, L. S. Carvalho, G. J. Muir, D.-Y. Zhao, N. B. Katz // Experimental Eye Research. – 2001. – Vol. 72, Issue 3. – P. 215–223. doi: 10.1006/exer.2000.0954
8. Dherani, M. Blood levels of vitamin C, carotenoids and retinol are inversely associated with cataract in a North Indian population [Text] / M. Dherani, G. V. S. Murthy, S. K. Gupta, I. S. Young, G. Maraini, M. Camparini et. al. // Investigative Ophthalmology & Visual Science. – 2008. – Vol. 49, Issue 8. – P. 3328–3335. doi: 10.1167/iovs.07-1202
9. Stahl, W. Lycopene: a biologically important carotenoid for humans? [Text] / W. Stahl, H. Sies // Archives of Biochemistry and Biophysics. – 1996. – Vol. 336, Issue 1. – P. 1–9. doi: 10.1006/abbi.1996.0525
10. Frese, R. N. Electric field effects on red chlorophylls, -carotenes and P700 in cyanobacterial photosystem I complexes [Text] / R. N. Frese, M. A. Palacios, A. I. Azzizi, I. H. M. van Stokkum, J. Kruip, M. Rgner et. al. // Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Bioenergetics. – 2002. – Vol. 1554, Issue 3. – P. 180–191. doi: 10.1016/s0005-2728(02)00242-6
11. Rakhimberdieva, M. G. Carotenoid-induced quenching of the phycobilisome fluorescence in photosystem II-deficient mutant of *Synechococcus* sp. [Text] / M. G. Rakhimberdieva, I. N. Stadnichuk, I. V. Elanskaya, N. V. Karapetyan // FEBS Letters. – 2004. – Vol. 574, Issue 1-3. – P. 85–88. doi: 10.1016/j.febslet.2004.07.087
12. Обербайль, К. Витамины-целители [Текст] / К. Обербайль; пер. с нем. С. Борича. – Минск: Парадокс, 1997. – 448 с.
13. Лисиченко, О. В. Влияние методов тепловой обработки на пищевую ценность кулинарной продукции из рыбы [Текст] / О. В. Лисиченко и др. // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (33). – С. 100–104.
14. Иванов А. В. Результаты экспериментальных исследований процесса теплообмена в пароконвекционном аппарате [Текст] / А. В. Иванов, И. М. Кирик, А. В. Кирик // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. – 2011. – Ч. 2. – С. 47–49.
15. Кирик, А. В. Исследование теплообменных процессов в пароконвекционном аппарате [Текст] / А. В. Кирик // Техника и технология пищевых производств. – 2010. – Ч. 1. – С. 8–9.

16. Кирик, И. М. Пароконвекционный аппарат для объектов общественного питания [Текст] / И. М. Кирик и др. – Инновационные технологии в пищевой промышленности, 2009. – С. 394–401.
17. Куткина, М. Пароконвектомат: знай и умей: рекомендации по тепловой обработке кулинарной продукции разных видов [Текст] / М. Куткина, Е. Федина // Питание и общество. – 2007. – № 10. – С. 10–12.
18. Котова, В. Ф. Изучение особенностей тепловой обработки рыбы с использованием комбинированного нагрева [Текст]: матер. межд. науч.-практ. конф. / В. Ф. Котова, В. Ф. Рябова, И. А. Долматова // Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве, пищевой и перерабатывающей промышленности, 2013. – С. 63–65.
19. Куткина, М. Н. Разработка индивидуальной технологии овощных полуфабрикатов высокой степени готовности [Текст] / М. Н. Куткина, С. А. Елисеева // Известия вузов. Пищевая технология. – 2014. – № 2/3. – С. 66–69.
20. Павлюк, Р. Ю. Криво- и механохимия в пищевых технологиях [Текст]: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. А. Павлюк, Л. А. Радченко и др. – Х. :Факт, 2015. – 255 с.
21. Pavlyuk, R. The new method of processing of carotene-containing vegetables for the production of nanoproducts using combi-steamers and fine-dispersed comminution [Text] / R. Pavlyuk, V. Pogarska, L. Radchenko, R. D. Tauber, N. Timofeyeva, T. Kotyuk // Eureka: Life Sciences. – 2016. – Vol. 3 (4). – P. 44–49. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00146
22. ГОСТ 13496.17 – 95. Межгосударственный стандарт. Корма. Метод визначення каротину [Текст]. – М.: Стандартинформ, 2011. – 5 с.
23. ДСТУ 4305:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення каротину [Текст]. – К.: Держспоживстандарт, 2005. – 18 с.
24. ГОСТ 24556-89. Межгосударственный стандарт. Продукты переработки плодов и овощей. Метод определения витамина С [Текст]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2003. – 12 с.
25. ДСТУ 4373:2005. Національний стандарт України. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Методи визначення поліфенолів [Текст]. – К.: Держспоживстандарт, 2006. – 10 с.
26. Макаеева, О. Н. Ферменты. Ч. 2. Витамины и ферменты. Методические указания к лабораторному практикуму. Определение активности о-дифенолоксидазы (полифенолоксидазы) и пероксидазы по Михлину и Броневицкой [Текст] / О. Н. Макаеева, Л. М. Ткаченко. – Могилевский государственный технологический институт. Могилев. 2001. – С. 25–27.

