

12. Горальчук, А. Б. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик [Текст] / А. Б. Горальчук, П. П. Пивоваров, О. О. Гринченко, М. І. Погожих, В. В. Полевич, В. П. Гурський. – Харків: Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі, 2006. – 63 с.
13. Абдрахманов, Р. Н. Изменение качества мяса птицы механической обвалки при холодильном хранении [Текст] / Р. Н. Абдрахманов, Г. В. Гуринович, Л. С. Кудряшов // Мясная индустрия. – 2011. – № 9. – С. 42–45.
14. Krzywicki, K. The determination of haem pigment in meat [Text] / K. Krzywicki // Meat Science. – 1982. – Vol. 7, Issue 1. – P. 29–36. doi: 10.1016/0309-1740(82)90095-x

Запропоновано та розроблено нанотехнології дрібнодисперсних добавок із топинамбуру в формі замороженого пюре та порошку сублімаційного сушіння з використанням кріомеханічної модифікації шляхом застосування кріогенного "шокового" заморожування та низькотемпературного подрібнення, що дозволяє отримати добавки та продукти з рекордною кількістю фруктози та інших БАВ у вільному стані, які легко засвоюються організмом людини

Ключові слова: нанотехнології, "шокове" заморожування, низькотемпературне подрібнення, кріодеструкція, механоактивація, топинамбур, інулін, добавки

Предложены и разработаны нанотехнологии мелкодисперсных добавок из топинамбура в форме замороженного пюре и порошка сублимационной сушки с использованием криомеханической модификации путем применения криогенного "шокового" замораживания и низкотемпературного измельчения, что позволяет получить добавки и продукты с рекордным количеством фруктозы и других БАВ в свободном состоянии, которые легко усваиваются организмом человека

Ключевые слова: нанотехнологии, "шоковое" замораживание, низкотемпературное измельчение, криодеструкция, механоактивация, топинамбур, инулин, добавки

УДК 621.59: 613.229:547.455.65

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.32607

РОЗРОБКА НАНОТЕХНОЛОГІЇ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ ДОБАВОК З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОМЕХАНІЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ

Р. Ю. Павлюк

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

E-mail: ktrprom@mail.ru

В. В. Погарська

Доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України*

E-mail: ktrprom@mail.ru

О. С. Бессараб

Кандидат технічних наук, професор, Заслужений працівник освіти України
Кафедра технології консервування
Національний університет харчових технологій
вул. Володимирська, 68, м. Київ, Україна, 01601

E-mail: tk_nuft@i.ua

К. С. Балабай*

E-mail: ktrprom@mail.ru

А. О. Борисова

Доцент**

E-mail: inter-dep62@mail.ru

С. М. Лосєва*

E-mail: ktrprom@mail.ru

*Кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока

Кафедра іноземних мов*

***Харківський державний університет харчування і торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. Вступ

Робота присвячена розробці нанотехнології переробки інуліновмісної сировини – топинамбуру в дрібнодисперсні добавки в формі замороженого пюре та порошку з використанням кріомеханічної модифі-

кації шляхом застосування кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного подрібнення та виявлення закономірностей їх впливу на біополімер – інулін та збереження БАВ. Заморожене пюре може використовуватись самостійно як добавка, а також як напівфабрикат при отриманні порошків

за допомогою сублімаційного або розпилювального сушіння.

Глобальною проблемою, яка в даний час спостерігається в усіх країнах світу є незбалансованість харчування і дефіцит в раціоні харчування повноцінних білків, вітамінів, мінеральних речовин і інших біологічно активних речовин (БАР), потреба в яких у населення України задовольняється всього на 50 %. Крім того, на всій Землі спостерігається зниження імунітету населення. У зв'язку з цим, у багатьох країнах світу користуються великою популярністю функціональні оздоровчі продукти харчування (особливо із фруктів та овочів, а також комбіновані молочно-рослинні продукти), які спрямовані на зміцнення здоров'я. Цій проблемі в даний час приділяється велика увага в роботах, як вітчизняних, так і закордонних вчених [1].

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

В останні роки в міжнародній практиці з'явилась низка БАД із топінамбуру у вигляді порошку, пюре, сиропів, екстрактів, борошна та інших, які використовуються для виготовлення функціональних оздоровчих продуктів. Особливістю топінамбуру, так само як і лікарської рослинної сировини, є те, що він має здатність здійснювати виражену терапевтичну або фармакологічну дію на організм людини. Це пов'язано з особливістю його хімічного складу. Він відрізняється високим вмістом інуліну (від 11 до 20 %), який побудований із залишків фруктози. До складу топінамбуру входять також мінеральні речовини, фенольні сполуки, як низькомолекулярні, так і високомолекулярні, різні полісахариди, білок та інші [2].

Інулінвмісна сировина займає особливе місце серед рослинної сировини, яка використовується для виготовлення функціональних оздоровчих продуктів [1, 3, 4]. В Україні традиційним джерелом інуліну є топінамбур та корінь цикорію. Інουλін є природним лінійним полісахаридом, основним структурним мономером якого є залишки фруктози, що з'єднані β-фруктозними зв'язками. Прийнято вважати, що при споживанні продуктів харчування, збагачених інулінвмісною сировиною, з'являється можливість знижувати загальне вуглеводне навантаження на організм людини, що призводить до зниження глікемічного індексу і калорійності та значно посилює їх біологічну цінність. Ступінь засвоюваності інуліну топінамбуру в організмі людини не до кінця ясний і сьогодні ведуться численні науково-дослідні роботи з поглиблення знань за цим питанням. Коротко зупинимось на деяких з них [5].

Відомо, що при споживанні топінамбуру у свіжому вигляді та переробленого (у формі порошків, борошна, пюре, сиропу та інших), інулін й олігофруктози, які входять до його складу та збудовані із залишків фруктози, що зв'язані β-фруктозидними зв'язками, не розщеплюється ферментами організму людини (ні в шлунку, ні в тонкому кишковнику) до фруктози. Тому інулін проходить шлях від ротової порожнини до товстого кишковника практично мало зміненим. Цей факт був доказаний багатьма вченими різних країн світу [5]. Крім того, показано, що в товстому кишковнику інулін і олігофруктоза повністю під дією кишкових бактерій перетворюються, головним чином, в ЛЖК (оцтову,

пропіонову, масляну та молочну), бактеріальну біомасу та газу. При цьому, в товстому кишковнику спочатку під дією мікробних ферментів інулін перетворюється у фруктозу, яка в свою чергу є поживним середовищем для розмноження біфідобактерій та лактобацил. Тобто рослинний інулін мало засвоюється організмом людини. За даними інших вчених, інулін, потрапляючи в шлунково-кишковий тракт, не засвоюється, а в незначній кількості розщеплюється соляною кислотою та ферментами в кислому середовищі шлункового соку на короткі фруктозні ланцюжки та окремі молекули фруктози, яка залишилась нерозщепленою, потрапляють в кровоносне русло судин, а сам інулін швидко виводиться з організму, зв'язавши собою значну кількість непотрібних організму токсичних речовин, таких як важкі метали, кристали холестерину, радіонукліди, жирні кислоти, різні токсичні хімічні речовини та глюкозу. Відомо також, що існуючі технології переробки топінамбуру в різні добавки у формі порошків, паст, борошна, пюре, екстрактів з використанням паротермічної обробки, сушіння, не дозволяють частину інуліну перетворити в легкозасвоювану фруктозу [6].

Останнім часом були отримані позитивні результати при обробці стружки топінамбуру ферментними препаратами при отриманні сиропу: 10–15 % інуліну трансформувалися у залишки фруктози. Але в міжнародній практиці ці методи переробки топінамбуру не знайшли належного застосування. При переробці топінамбуру в порошки, сиропи, пюре є ще одна значна проблема – це потемніння продукту в результаті дії окислювальних ферментів. Йде пошук таких техноло-гічних прийомів, які б дозволили інактивувати окислювальні ферменти та отримати кінцеві продукти високої якості. Крім того, при використанні теплових методів обробки топінамбуру при отриманні різних продуктів із нього відбувається руйнування фруктози (від 10 до 20 %) [6].

Відомо, що найбільш ефективними способами переробки рослинної сировини при отриманні пюре є швидке «шокове» заморожування, яке забезпечує найбільш високе збереження вітамінів та інших БАР [1, 4]. Однак, при розморожуванні заморожених продуктів спостерігаються втрати клітинного соку і вітамінів, а гарантійні терміни зберігання замороженої продукції обмежені 6 місяцями. За кордоном широке застосування знайшло кріогенне «шокове» заморожування, тобто заморожування з застосуванням кріогенних рідин (рідкого азоту, рідкої вуглекислоти та ін.) [7, 8]. В Україні цей спосіб заморожування поки не знайшов свого застосування, не розроблені також кріогенні технології і не вивчені біохімічні та фізико-хімічні процеси при отриманні заморожених пюре. Аналіз даних літератури показав, що відсутні холодильні технології переробки топінамбуру (такі як кріогенне шокове заморожування, сублімаційне сушіння, кріогенне подрібнення) [1, 3, 4].

Відомо, що одним з іновативних напрямків розвитку науки і техніки в міжнародній практиці є застосування способів дрібнодисперсного подрібнення, що призводять до процесів механодеструкції (у тому числі кріодеструкції), механоактивації і механохімії, які проявляються при збільшенні ступеня дисперсності подрібнених матеріалів, в результаті чого продукт набуває нових властивостей і знаходить в наноструктурованій формі. В даний час перспективні способи

дрібнодисперсного подрібнення вже знайшли широке застосування в металургійній, текстильній, авіаційній, хімічній, будівельній галузі та ін. У харчовій промисловості ці процеси практично не вивчені [3, 9, 10].

У даній роботі при розробці технології дрібнодисперсних заморожених добавок із топінambuру в формі пюре та порошоків як інновацію було запропоновано використовувати «шокове» заморожування або кріогенне «шокове» заморожування і низькотемпературне дрібнодисперсне подрібнення, що супроводжується процесами кріодеструкції, механоактивації і механохімії. Комплексне використання дозволило розробити новий спосіб отримання консервованих добавок у формі дрібнодисперсного замороженого пюре та порошоків з якісно новими, ніж у вихідній сировині, характеристиками та хімічним складом, які не можна отримати, використовуючи традиційні методи. Літературних даних щодо впливу низьких температур при заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні на БАР та інулін топінambuру практично немає та вони носять суперечливий характер. Ця область харчових технологій при використанні низьких температур мало вивчена [1, 3, 4]. Технологія консервування та переробки плодів та овочів і, зокрема топінambuру, традиційно більше присвячена впливу високих температур (пастеризації, стерилізації, теплового сушіння та інших) на якість рослинної сировини, збереження БАР та біополімерів. Проте, переваги заморожування та дрібнодисперсного подрібнення безумовні.

3. Мета і задачі досліджень

Метою роботи є розробка нанотехнології переробки інуліновмісної сировини – топінambuру в дрібнодисперсні добавки з використанням кріомеханічної модифікації шляхом застосування кріогенного «шокового» заморожування і процесів кріомеханодеструкції та виявлення закономірностей їх впливу на біополімер інулін та збереження БАР при отриманні замороженого дрібнодисперсного пюре, яке може використовуватись як самостійно в якості добавки, так і як напівфабрикат при отриманні порошоків.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

– вивчити вплив кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на біополімери: інулін, білки, целюлозу, пектин, їх механодеструкцію та ступінь трансформації їх в водорозчинну форму у вигляді їх мономерів при отриманні заморожених дрібнодисперсних добавок із топінambuру;

– вивчити вплив кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на збереження БАР топінambuру (низькомолекулярних фенольних сполук, L-аскорбінової кислоти та поліфенольних речовин) при отриманні замороженого пюре;

– дати порівняльну характеристику вмісту БАР та поживних речовин свіжого топінambuру та заморожених дрібнодисперсних добавок в формі пюре із топінambuру, отриманого з використанням розробленої нанотехнології;

– вивчити якість дрібнодисперсних порошоків із топінambuру, отриманих за допомогою сублимаційного сушіння та з використанням замороженого пюре з нього, підготовленого з використанням кріомеханічної обробки.

4. Експериментальні дані та їх обробка при виконанні науково-дослідних робіт за напрямком, який розглядається в даній статті: розробка нанотехнології дрібнодисперсних добавок з використанням кріомеханічної модифікації

Харківським державним університетом харчування та торгівлі запропоновано та розроблено нанотехнології дрібнодисперсних добавок із топінambuру в формі замороженого пюре та порошоків сублимаційного сушіння з використанням кріомеханічної модифікації шляхом застосування кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного механічного подрібнення. Унікальна нова технологія дозволяє отримати добавки та продукти, які містять рекордну кількість фруктози у вільному стані: 50–55 % інуліну трансформується у фруктозу у вільному стані, яка легко засвоюється організмом людини та призводить до зниження глікемічного індексу і укріплення імунної системи. Дослідження проведено в ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока на базі 2-х науково-дослідних лабораторій, які є на кафедрі «Інноваційні, кріо- та нанотехнології рослинних добавок та оздоровчих продуктів» і «Технології та біохімії фітоконцентратів». Роботу виконано з використанням сучасного обладнання, такого як: кріогенний програмний заморожувач з комп'ютерним забезпеченням, низькотемпературний подрібнювач (Франція), кріогенний подрібнювач, біокулярний мікроскоп з програмним забезпеченням, відеокамерою та калібрувальною шкалою в мікрометровому та нанометровому діапазоні.

Наукові дослідження, які приведені в даній статті, є продовженням робіт авторів по розробці кріогенних технологій переробки різних фруктів та овочів і дрібнодисперсних добавок в формі заморожених пюре та порошоків, що увійшли в роботу, яка в 2006 році була удостоєна Державної премії в галузі науки і техніки України [3].

Головним при розробці нанотехнології дрібнодисперсних добавок із топінambuру у формі замороженого пюре та порошоків з використанням заморожування, кріодеструкції та механодеструкції було повністю виключити теплову обробку сировини, провести трансформацію інуліну у розчинну форму (у вільну фруктозу), інактивувати окислювальні ферменти, максимально зберегти БАР та збільшити максимально ступінь їх вилучення з сировини, а також повністю виключити використання синтетичних харчових добавок.

Установлено, що при «шоковому» заморожуванні з використанням різних швидкостей заморожування до різних кінцевих температур в продукті (–18; –20; –25; –30; –40° С) та при дрібнодисперсному подрібненні топінambuру значна частина інуліну (50–55 %) трансформується в розчинну вільну фруктозу (її кількість збільшується в 9–10 разів по відношенню до вихідної фруктози в свіжому топінambuрі за рахунок неферментативного і некіслотного руйнування β-фруктозних зв'язків в інуліні. Цей процес відбувається за рахунок механічного руйнування – механокрекінгу. Так, наприклад, у вихідній сировині – топінambuрі міститься 11,7–13,0 % інуліну, та після низькотемпературної обробки в пюре залишається 3,2–3,5 % інуліну, а 9–10 % його трансформується у вільну фруктозу (рис. 1).

Установлено, що паралельно відбувається деструкція і деградація целюлози та білку: 50 % целюлози трансформується до її мономерів – глюкози, та 50 % білку руйнується до окремих вільних амінокислот.

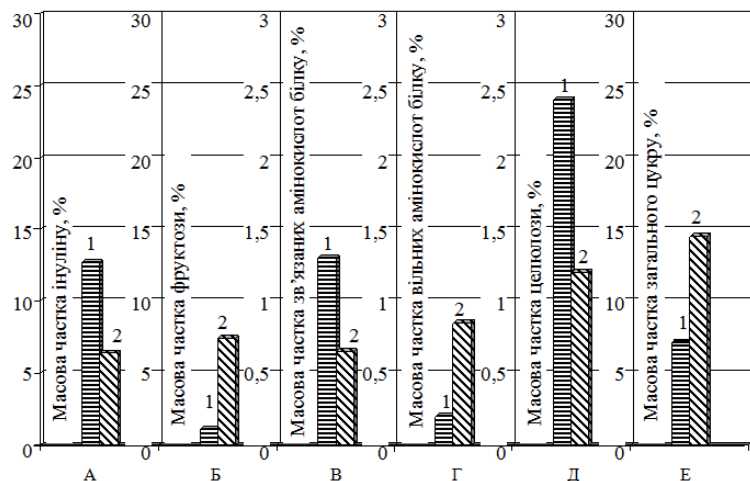


Рис. 1. Вплив заморожування та кріомеханодеструкції на інулін (А) топінambuру та його трансформацію у вільну фруктозу (Б), на зв'язані амінокислоти білку (В) і трансформацію їх у вільні амінокислоти (Г) та на целюлозу (Д) і її механоліз до цукрів (Е) при отриманні дрібнодисперсного замороженого пюре; 1 – топінambuру свіжий, 2 – заморожене дрібнодисперсне пюре із топінambuру

Установлено також, що при «шоковому» заморожуванні та дрібно-дисперсному подрібненні топінambuру, яке супроводжується процесами механо- та кріодеструкції, механоактивації відбувається не тільки збереження всіх БАР, таких як фенольні сполуки, аскорбінова кислота, дубильні речовини та ін., але й їх більш повне вилучення із зв'язаних з біополімерами комплексів або асоціатів і трансформація їх у вільний стан (їх кількість в порівнянні з вихідною сировиною збільшується в 1,7–2,2 рази), що дає змогу отримати продукт з принципово новим хімічним складом і високими споживчими властивостями (рис. 2).

Нові холодильні нанотехнології переробки топінambuру у дрібнодисперсні добавки відрізняються від традиційних тим, що виключають повністю теплову обробку продукту та засновані на використанні холодильної обробки сировини на стадії підготовки топінambuру, заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення. Технологія порошоків із топінambuру включає повністю указані стадії та подальше сушіння за допомогою сублімаційного або розпилювального сушіння. Нові технології дають можливість отримати добавки із топінambuру у вигляді дрібнодисперсних заморожених добавок та дрібнодисперсних порошоків з розміром частинок в десятки разів менші, ніж при традиційному подрібненні. Їх якість за вмістом фруктози у вільному стані та БАР, які вилучені із зв'язаного стану, перевершує вітчизняні та закордонні аналоги.

Встановлено, що нові добавки із топінambuру, отримані за холодильними технологіями, суттєво відрізняються від свіжого топінambuру (табл. 1). Вони відрізняються високим вмістом фруктози у вільному стані. Так, в 100 г нової добавки із топінambuру у вигляді порошку масова частка фруктози складає 25–26 %, в замороженому пюре 7–7,5 %, а кількість біополімерів, таких як інулін, білок, целюлоза зменшилась майже вдвічі в порівнянні з вихідною сировиною (при розрахунку на суху речовину). Показано також, що добавки відрізняються високим вмістом БАР, такими як фенольні сполуки, дубильні речовини та інші з Р-вітамінною активністю та з антиоксидантними властивостями. Так, у свіжому топінambuрі масова частка низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) складає $350 \pm 5,7$ мг в 100 г, флавонолових глікозидів (за рутинном) $240 \pm 4,8$ мг в 100 г, а в замороженому дрібнодисперсному пюре відповідно $700,0 \pm 10,4$ мг в 100 г та $460,0 \pm 7,8$ мг в 100 г. Аналогічні закономірності стосуються і поліфенольних сполук (відповідно $300 \pm 6,4$ у свіжій сировині та $540,0 \pm 6,8$ мг в 100 г в дрібнодисперсному пюре із топінambuру). Таким чином, дрібнодисперсні заморожені добавки, отримані з використанням таких інновацій при переробці топінambuру як заморожування та процесів механоактивації і механодеструкції, дозволяє отримати якісно новий продукт, який неможливо отримати, використовуючи традиційні методи переробки рослинної сировини.

Отримані за допомогою хімічних методів наукові результати були підтвержені при використанні методів спектрального аналізу.

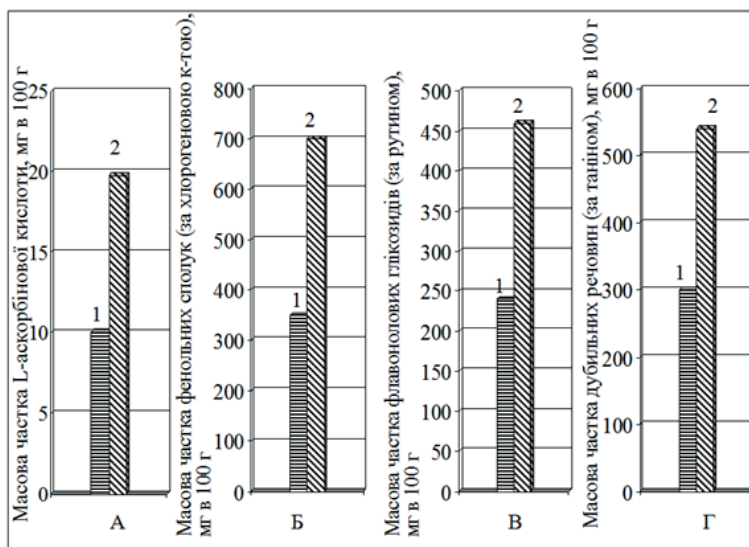


Рис. 2. Вплив заморожування та кріодеструкції на БАР топінambuру при отриманні дрібнодисперсних заморожених пюре; 1 – топінambuру свіжий, 2 – заморожене дрібнодисперсне пюре; А – масова частка L-аскорбінової кислоти, Б – масова частка фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), В – масова частка флавонолових глікозидів (за рутинном); Г – масова частка дубильних речовин (за таніном)

Таблиця 1
Вміст БАР та харчових речовин в дрібнодисперсних
добавках із топінамбуру (у формі замороженого пюре та
порошку)

Найменування показника	То-пінамбур свіжий	Дрібнодисперсне заморожене пюре з топінамбуру	Дрібнодисперсний порошок із топінамбуру
Вуглеводи, в тому числі:	17,1±0,5	18,4±0,6	73,6±0,5
інулін, %	12,8 ±0,5	6,4±0,1	25,6±1,5
загальний цукор, %	4,4±0,1	5,6±0,2	22,4±1,4
фруктоза, %	–	7,4±0,2	25,6±1,5
Білок, %	1,2±0,01	1,4±0,1	5,6±0,5
Целюлоза, %	2,0±0,1	0,8±0,01	3,6±0,1
Пектин, %	0,4±0,01	0,6±0,1	3,8±0,2
L-аскорбінова кислота, мг в 100 г	10,3±0,1	19,8±0,5	78,2±2,4
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 г	350,0±5,7	700,0±10,4	2800,0±15,8
Флавонолові глікозиди (за рутинном), мг в 100 г	240,0±4,8	460,0±7,8	1800,0±12,4
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	300,0±6,4	540,0±6,8	2160,0±14,0
Зольність, %	1,6±0,1	1,6±0,1	6,8±0,2
Сухі речовини, %	23,6±1,2	24,5±0,1	94,5±0,1
Органічні кислоти, %	0,3±0,01	0,4±0,01	2,0±0,1

Одержані результати стали основою при розробці нових технологій отримання замороженого пюре та дрібнодисперсних порошоків із топінамбуру для оздоровчого харчування із інуліном в легкозасвоюваній формі (до 50–55 % в формі вільної фруктози).

Відповідно до хімічного складу, нові продукти мають потенційну імуномодулюючу, протипухлинну та детоксикуючу дію. Нові технології пройшли апробацію у виробничих умовах в НПП «КРІАС». Розроблено нормативну документацію на дрібнодисперсне пюре і порошок із топінамбуру. На їх основі розроблені нові види оздоровчих продуктів (сиркові десерти, нанонапої, нові види наноморозива, швидкорозчинні фруктові «інстант» нанонапої та соки).

5. Висновки

Запропоновано та розроблено нанотехнології дрібнодисперсних добавок із топінамбуру в формі замороженого пюре та порошку сублімаційного сушіння з використанням криомеханічної модифікації шляхом застосування криогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного механічного подрібнення. Унікальна нова технологія дозволяє отримати добавки та продукти, які містять рекордну кількість фруктози у вільному стані: 50–55 % інуліну трансформується у вільну фруктозу, яка легко засвоюється організмом людини та призводить до зниження глікемічного індексу і укріплення імунної системи.

Установлено, що при «шоковому» заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні топінамбуру, яке супроводжується процесами механо- та криодеструкції, механоактивації відбувається не тільки збереження всіх БАР, таких як фенольні сполуки, аскорбінова кислота, дубильні речовини та ін., але й їх більш повне вилучення із зв'язаних з біополімерами комплексів або асоціатів і трансформація їх у вільний стан (їх кількість в порівнянні з вихідною сировиною збільшується в 1,7–2,2 рази), що дає змогу отримати продукт з принципово новим хімічним складом і високими споживчими властивостями.

Література

1. Павлюк, Р. Ю. Разработка технологии консервированных витаминных фитодобавок и их использование в продуктах питания профилактического действия [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 / Р. Ю. Павлюк. – Одесса, 1996. – 446 с.
2. Кочнев, Н. К. Топинамбур – биоэнергетическая культура XXI века [Текст] / Н. К. Кочнев, М. В. Калиниченко. – М. : Арес, 2002. – 150 с.
3. Павлюк, Р. Ю. Товароведение и инновационные технологии переработки лекарственно-технического растительного сырья [Текст] : уч. пос. / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. В. Яницкий, В. А. Павлюк. – Х., 2013. – 429 с.
4. Павлюк, Р. Ю. Нанотехнології заморожених пюре із плодів цитрусових з унікальними характеристиками [Текст] / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Н. М. Тимофеева та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць Харк. держ. ун-ту харч. та торг. – 2013 – Вип. 1 (17). – С. 27–35.
5. Решетник, Л. А. Топинамбур – возможности его использования в лечебном питании детей [Текст] / Л. А. Решетник, К. С. Ладодо, О. В. Прокопьева, Н. К. Кочнев // Вопросы питания. – 1998. – № 1. – С. 18–21.
6. Черненко, А. В. Перспективные направления в технологии переработки топинамбура [Текст] / А. В. Черненко, М. К. Алтуньян, Н. А. Кубышкина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2010. – № 5-6. – С. 39–41.
7. Каухчешвили, Э. И. Сублимация, криобиология, применение холода в медицине [Текст] / Э. И. Каухчешвили // Обзор докладов на заседании комиссии МИХ «Холодильная техника». – 1980. – № 6. – С. 58–60.
8. Алмаши, Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов [Текст] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. – М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 408 с.
9. Барамбойм, Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений [Текст] / Н. К. Барамбойм. – М. : Химия, 1978. – 384 с.
10. Дубинская, А. Н. Механохимия лекарственных веществ [Текст] / А. Н. Дубинская // Хим.-фарм. журнал. – 1989. – № 6. – С. 755–764.