

Самойленко С.І., к.техн.н., доцент, Белих І.А., к.біол.н., доцент,
Мироненко Л.С., к.техн.н., Звягінцева О.В., к.біол.н., доцент,
Близнюк О.М., д.техн.н, професор, Масалігіна Н.Ю., к.техн.н, доцент

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ТОПІНАМБУРУ У ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІТИЧНИХ ТА ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ

Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків

Ключові слова: інулін, топінамбур, *Helianthus tuberosus L.*, пребіотики, аскорбінова кислота, бета-каротин, полісахариди, фруктозани, клубні, кислотний гідроліз, ферментативний гідроліз

Вступ

Топінамбур або земляна груша (*Helianthus tuberosus L.*) – одне з природних джерел біологічно активної речовини – інуліну (80 % сухої речовини).

Інулін є «запасним» вуглеводом та накопичується в основному в бульбах і коренях, у великій кількості міститься у рослинах сімейства *Asteraceae* в топінамбурі, цикорії, яконі, агаві, кульбабах.

Інулін добре розчиняється у воді, не перетравлюється травними ферментами і тому може бути використаний кишковою мікрофлорою людини як пребіотик [1].

Інулін є розчинним харчовим волокном, яке при його вживанні внутрішньо може допомогти знизити рівень ліпопротеїнів низької густини (поганого холестерину). Крім того, інулін не впливає на рівень глюкози в крові, тому може без побоювання використовуватися у раціоні людей, хворих на діабет [1]. Завдяки своїм пребіотичним властивостям інулін проходить у незмінному стані до товстої кишки, де він сприяє збільшенню вмісту корисних біфідобактерій [2] та пригніченню впливу шкідливих патогенних бактерій. Інулін та його похідні також застосовуються в харчовій промисловості для поліпшення поживних та функціональних властивостей продуктів і використовуються як заміник жиру, щоб зменшити калорійність їжі [2].

Крім інуліну топінамбур містить велику кількість вітамінів, білків, мікро- та макроелементів [2–6].

Тому дослідження умов зберігання топінамбура для збереження максимальної кількості біологічно активних речовин, є актуальною та соціально важливою задачею для життєзабезпечення хворих з порушеннями обміну речовин і профілактичного харчування.

Дослідження існуючих рішень проблеми

Інулін $(C_6H_{10}O_5)_n$ – це полісахарид природного походження, що продукується переважно складноцвітими рослинами. Він представляє собою ланцюжок з декількох залишків фруктози (від 10 до 36) фуранозної форми (β , D-фруктофуранозу) та одного залишку глюкози в піранозній формі (α , D-глюкопіраноза), сполучених між собою β -2,1-глікозидними зв'язками (рис. 1). Молярна маса інуліну коливається у широких межах. За різними джерелами літератури, цей показник становить від 5000 до 6000 г/моль. [2, 7, 8, 9].

Під час кислотного гідролізу полісахариду утворюється приблизно 94–97 % фруктози та 3–6 % глюкози. Інулін, а також проміжні продукти його розщеплення (інулідиди), не мають відновлюючих властивостей [1, 2, 4]. Інулін є запасним вуглеводом [3]. Він утворюється в результаті фотосинтезу в листях рослин та накопичується в стеблах та коренях. У клітині інулін знаходиться у вакуолях у вигляді сферокристалів (рис. 2.) [3, 10].

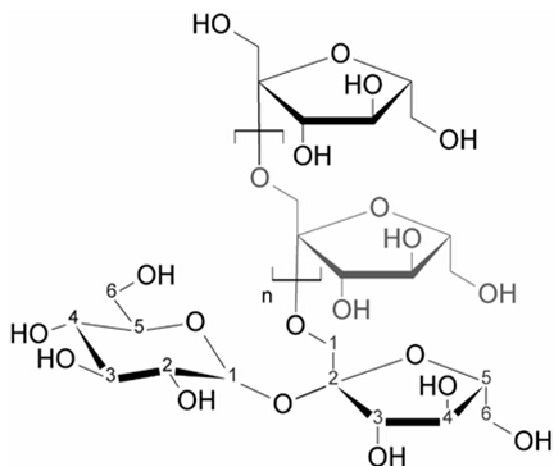


Рисунок 1 – Хімічна формула інуліну

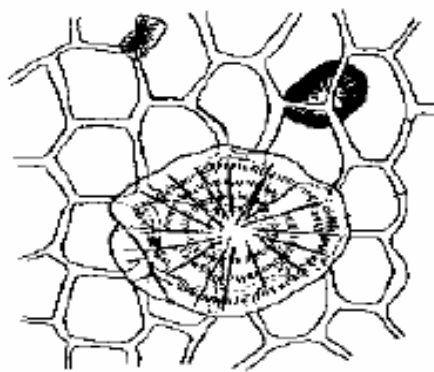


Рисунок 2 – Локалізація інуліну в рослинній клітині

Під впливом низьких температур та інших несприятливих факторів інулін гідролізується інуліназою до оліго- та моноцукрів, які вбудовуються в клітинні мембрани, надаючи цим захисну дію на рослинні клітини [2, 7, 8, 9, 10].

Інулін досить поширений у рослинах, проте його вміст в різних рослинах відрізняється. Дані щодо кількісного та якісного вмісту інуліну в різних культурних рослинах представлені в табл. 1.

Таблиця 1 – Масова частка інуліну в біологічних об'єктах рослинного походження [10]

Рослина	Масова частка інуліну г/100г сировини
Цибуля-порій	3,0–10,0
Часник	15,0–16,0
Якон	15,0–19,0
Цикорій	15,0–20,0
Кульбаба	16,0–20,0
Топінамбур	17,0–20,5

Основними промисловими джерелами виробництва інуліну є цикорій, якон, топінамбур.

В даний час основною сировиною для отримання інуліну служить цикорій коренеплідний. Цикорій (*Cichorium*) – рід дворічних або багаторічних трав сімейства айстрових чи складноцвітих. Рід включає в себе два види, що культивуються, і від чотирьох до шести диких. Вміст інуліну в цикорії досягає 20 % [10, 11].

Іншим представником коренеплодів, що містять інулін, є якон (*Smallanthus sonchifolius*). Клубні якона, зовні коричневі, всередині білі або жовті, бувають різноманітними за формою та розміром. Вага бульб може досягати до 850–900 г, вміст інуліну – до 19 % у розрахунку на сиру масу. Перспективність використання якону для отримання інуліну оцінюється спеціалістами по-різному [10].

З усіх природних джерел інуліну топінамбур відносять до найперспективніших. Він має такі переваги як: висока врожайність при низьких витратах на його обробку, холодо- та посухостійкість, що не накопичує в собі шкідливі речовини. Бульби топінамбуру містять близько 22 % інуліну у розрахунку на сиру масу [10].

Топінамбур відрізняється від інших бульбоплодів не тільки здатністю накопичувати інулін, але й, порівняно, високим вмістом білка, що складається з 16 амінокислот, у тому числі восьми незамінних. Білки топінамбура містять підвищену кількість глютамінової та аспарагінової кислот, які тісно пов'язані з вуглеводним обміном через цикл трикарбонових кислот, що постачає макроергічні зв'язки [1–3, 8–10].

Вуглеводний та поліфенольний склад бульб топінамбура сорту «Інтерес» та встановила, що загальний вміст поліфенолів становить 230 мг/100г, у тому числі фенолів – 52, лейкоантоціанів – 67, хлорогенової кислоти – 81, кумаринів – 14. Вуглеводний комплекс представлений високомолекулярними полісахаридами на 75 %, їх на частку інуліну припадає 62 %, 12 % становить клітковина, 1,23% - крохмаль, 4,6 % пектинові речовини, у тому числі протопектин – 1,47 % та водорозчинний пектин – 3,13 % [1–3, 8–10].

Бульби топінамбуру містять клітковину (до 4 %) та багатий набір мінеральних елементів, таких як (мг % на суху речовину): калій – 1382,5; кальцій – 78,8; марганець – 44,0; магній – 31,7; натрій – 17,2; залізо – 10,1. Топінамбур активно акумулює кремній з ґрунту, до 8 мг % у розрахунку на суху речовину [1–3, 8–10].

До складу бульб топінамбуру входять такі вітаміни як (на 100 г сирого продукту): ретинол (А) – 2 мкг, тіамін (В₁) – 0,07 мг, рибофлавін (В₂) – 0,06 мг, піридоксин (В₆) – 0,2 мг, фолієва кислота – (В₉) 18,5 мкг, ніотинова кислота (РР) – 1,3 мг, ніациновий еквівалент – (РР) 1,6 мг, аскорбінова кислота (С) – 6 мг, токоферол (Е) – 0,2 мг, β-каротин – 0,012 мг [1–3, 8–10].

Мета та основні задачі дослідження

Метою роботи було дослідження зміни масової частки інуліну та вітамінів у бульбах топінамбуру залежно від умов зберігання.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- визначити кількісний вміст інуліну та вітамінів в топінамбурі за допомогою методів аналітичної хімії;
- дослідити зміну масової частки інуліну при зберіганні топінамбуру за різних температур та у переробленій на порошок сировині;
- дослідити зміну масової частки аскорбінової кислоти за допомогою титриметричного методу аналізу;
- вміст бета-каротину визначали фотоколориметричним методом за стандартною методикою;
- дати рекомендації, щодо способу зберігання топінамбуру з максимальним збереженням вмісту біологічно активних речовин.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктом дослідження служили бульби топінамбуру сорту «Київський білий», що вирощені у Харківській області.

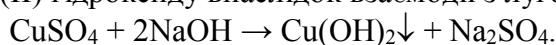
Вміст інуліну визначали методом окисно-відновного титрування і виражали у відсотках на масу сухої речовини. Суть методу полягає у здатності редукуючих цукрів відновлювати (при кип'ятінні) купруму(II) сульфату з утворенням осаду купруму(I) оксиду (Cu_2O), який потім розчиняють у розчині феруму(III) сульфату ($\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$) [11].

При цьому купруму(I) оксид відновлює еквівалентну кількість феруму(III) оксиду в феруму(III) сульфат, кількість якого визначають окисно-відновним титруванням за допомогою калію(IV) біхромату ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). За кількістю відновленої міді знаходять вміст цукрів, що редукують [11].

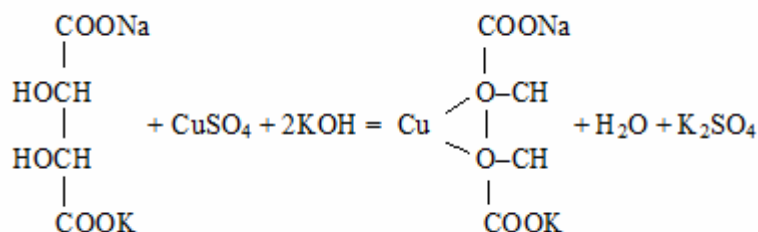
У цьому методі окислювачем служить рідина Фелінга, що складається з двох реактивів: Фелінг I – розчин купруму(II) сульфату; Фелінг II – лужний розчин сегнетової солі (калію-натрію тартрату) [11].

При визначенні цукрів протікають наступні реакції [11]:

При поєднанні двох розчинів Фелінга спочатку утворюється блакитний осад купруму(II) гідроксиду внаслідок взаємодії з лугом:

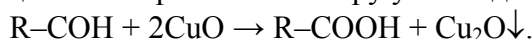


Осад швидко зникає через утворення комплексної сполуки міді з сегнетовою сіллю, рідина набуває інтенсивного синього забарвлення:

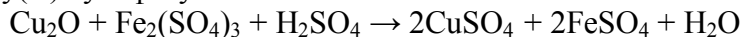


Отримана комплексна сполука є нестійкою і розкладається з утворенням купруму(I) оксиду (Cu_2O).

При дії альдозо або кетозо на фелінгову рідину цукри окислюються у відповідні кислоти за рахунок кисню купруму(I) оксиду; при цьому відновлена ними мідь випадає в осад цегляно-червоного кольору у вигляді купруму(I) оксиду (Cu_2O):



Cu_2O виділяється поступово в міру окиснення цукрів. Таким чином, кількість відновленої міді, що випала в осад, пропорційна кількості цукрів у досліджуваному розчині. Купруму(I) оксид визначається об'ємним методом, що заснований на тому, що при розчиненні її у розчині феруму(III) сульфату утворюється еквівалентна кількість феруму(II) сульфату:



Кількість FeSO_4 , еквівалентна кількості CuSO_4 , визначається титруванням калію(IV) біхроматом:

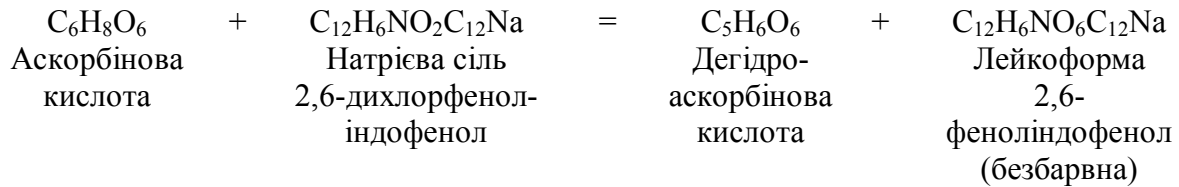


Кількість $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, що витрачена на титрування, еквівалентна кількості міді, що відновлена інуліном. Помноживши об'єм калію(IV) біхромату, що витратили на титрування на титр калій біхромату за міддю, одержують масу відновленої міді та за довідковими таблицями – еквівалентну кількість інуліну [11].

Вміст аскорбінової кислоти визначали за допомогою реактиву Тільманса [12,13].

Метод визначення вмісту аскорбінової кислоти ґрунтується на окисно-відновлювальній реакції, що відбувається між аскорбіновою кислотою та індикатором 2,6-дихлорфеноліндофенолом (реактивом Тільманса). Під час титрування кислотної ви-

тяжки розчином індикатора аскорбінова кислота окислюється в дегідроаскорбінову кислоту, а індикатор при відновлюванні переходить у безбарвну форму. Титрована рідина залишається безбарвною до того часу, доки не закінчиться окислення аскорбінової кислоти. Перша крапля надлишку індикатора надає їй блідо-рожевого забарвлення:



Визначення бета-каротину проводили фотокolorиметричним методом, який полягає в екстракції каротину бензином, видаленні супутніх пігментів оксидом алюмінію і оксидом кальцію і колориметричному визначенні вмісту каротину у бензиновому екстракті. Бензиновий розчин каротину фільтрують і потім фотометрують при довжині хвилі 440 нм, порівнюючи із стандартним розчином біхромату калію. Для проведення аналізу використовували концентраційний фотоелектроколориметр (КФК-2-УХЛ 4.2), кювети шириною 1 см [14].

Визначення масової частки вологи порошку із бульб топінамбуру проводили методом висушування у конвективній сушарці за температури $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постійної маси [12].

Статистичну обробку отриманих результатів проводили з використанням «Statistica V.6.» програмного забезпечення.

Результати дослідження

Врожай топінамбуру збирали наприкінці жовтня 2020 року, у цей період були проведені контрольні досліді для кожної експериментальної групи. Наступні досліді проводилися у грудні 2020 року, лютому і квітні 2021 року. Топінамбур перед початком зберігання було добре вимито і висушено на повітрі. Період зберігання бульб топінамбуру становив сім місяців [4–6].

Бульби поділили на п'ять груп: контрольна, вміст біологічно активних речовин у ній був визначений одразу після збору; друга група – складалась із подрібненого топінамбура, який був перероблений на порошок та висушений у конвективній сушарці за температури $(80 \pm 5)^\circ\text{C}$ до остаточного вмісту вологи $(6 \pm 0,5)\%$; третя – бульби зберігались у морозильній камері за температури $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$; четверта група зберігалась у холодильнику за температури $(4 \pm 2)^\circ\text{C}$ [4–6] та п'ята – бульби, що зимували у ґрунті.

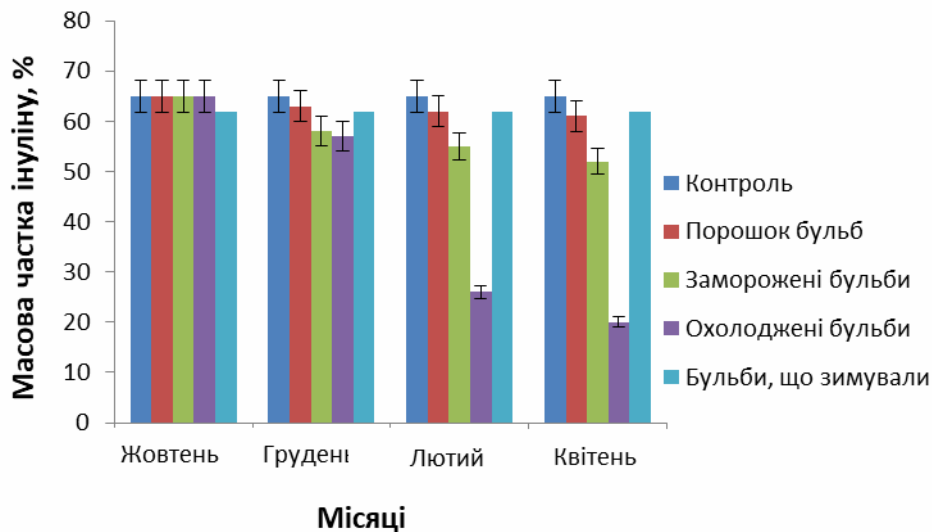
При дослідженні вмісту біологічно активних речовин у топінамбурі сорту «Київський білий» були одержані наступні результати: інуліну – 65,43 мкг/100 г, вітаміну С – 100,12 мкг/100 г, бета-каротину – 55,26 мкг/100 г [4–6].

У першій серії експериментів визначали вміст інуліну. Зберігання бульб протягом дослідного періоду супроводжувалось зниженням масової частки інуліну. Найкращі результати були отримані у переробленій на порошок та висушеній сировині. Масова частка інуліну в ній знизилась лише на 4 %. Спираючись на одержані результати та на літературні дані, можна зробити висновок, що це пов'язано з величиною кінцевої вологості висушеного порошку топінамбура $(6,0 \pm 2)\%$, що уповільнює процес гідролізу, забезпечує стійкість до ферментативних і неферментативних хімічних реакцій, та мікробіологічну стабільність сировини. У заморожених бульбах, які зберігались за температури $(-20 \pm 2)^\circ\text{C}$ показник масової частки знизився на 13–15 %. До кінця термі-

ну зберігання вміст інуліну в охолоджених бульбах (4 ± 2) °C знизився на 45–50 % [5, 6]. Одержані результати було оброблено та представлено у вигляді діаграми на рис. 3.

Зниження вмісту інуліну при зберіганні в охолодженому і замороженому вигляді були відзначені також у роботах зарубіжних вчених [7–9]. Автори пояснюють це активізацією гідролітичних процесів у бульбах, що є відповідною реакцією рослинного організму на дію низьких температур [7–9].

Таким чином, при зберіганні бульб топінамбуру за різних температурних умов частка інуліну була найбільша у бульбах які зимували у ґрунті, на другому місці у порошок, менша у морозильній камері та найменша у холодильнику [5].



Рисуюнок 3 – Зміна масової частки інуліну в бульбах топінамбуру при зберіганні протягом семи місяців за різних температурних режимів

При визначенні вітаміну С (аскорбінової кислоти), навпаки, у порошок бульб спостерігалось різке зниження аскорбінової кислоти, це пояснюється інактивацією вітаміну при дії високих температур ((80 ± 5) °C) у процесі висушування сировини. Вміст аскорбінової кислоти в охолоджених бульбах (4 ± 2) °C до кінця терміну зберігання знизився на 60 %. Найкращі результати були одержані у заморожених бульбах (-20 ± 2) °C, вміст аскорбінової кислоти в них змінився на 12–15 % у порівнянні з контролем. Одержані результати зведено у діаграму та представлено на рис. 4 [4].

У наступній серії експериментів досліджували зміну вмісту бета-каротину. У порошок бульб топінамбуру вміст бета-каротину до кінця терміну зберігання знизився на 12 %. У заморожених бульбах (-20 ± 2) °C – на 35 %. У охолоджених бульбах, вміст бета-каротину супроводжувався зниженням масової частки бета-каротину протягом усього терміну зберігання та становив 60 %. Найкращі результати були одержані у бульб які зимували у ґрунті, масова частка бета-каротину знизилася лише на 10 % [4].

Таким чином, при зберіганні бульб топінамбуру за різних температурних умов, масова частка вітамінів більша у бульбах які зимували у ґрунті, менша у морозильній камері та найменша у холодильнику [4].

Проведені нами дослідження показали, що найвищі показники вмісту біологічно активних речовин зберігалися у бульбах, які зимували у ґрунті. Оскільки у топінамбурі верхній шар не захищає клітини від процесів розпаду, при викопуванні ці процеси активуються, а бульби, що залишені у ґрунті, продовжують функціонувати, тому не акти-

вується апаптоз клітин [7–9].

При зберіганні у вигляді порошку найкращі показники вмісту біологічно активних речовин були одержані для інуліну та бета-каротину. Масова частка аскорбінової кислоти різко знизилась після переробки бульб на порошок, що пояснюється інактивацією вітаміну С в результаті впливу високої температури в процесі сушіння (80 ± 5) °С [4].

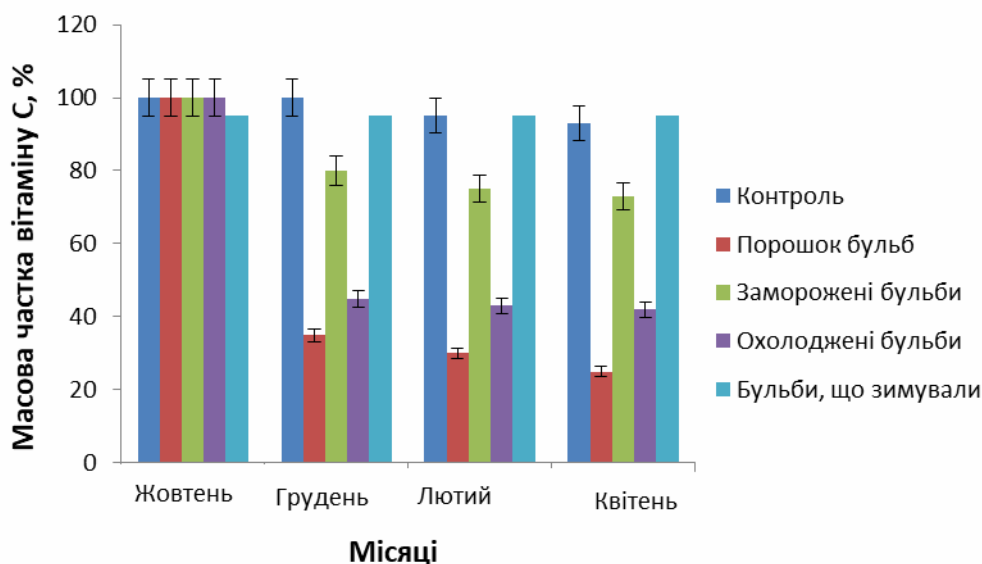


Рисунок 4 – Зміна масової частки вітаміну С в бульбах топінамбура при зберіганні протягом семи місяців за різних температурних режимів

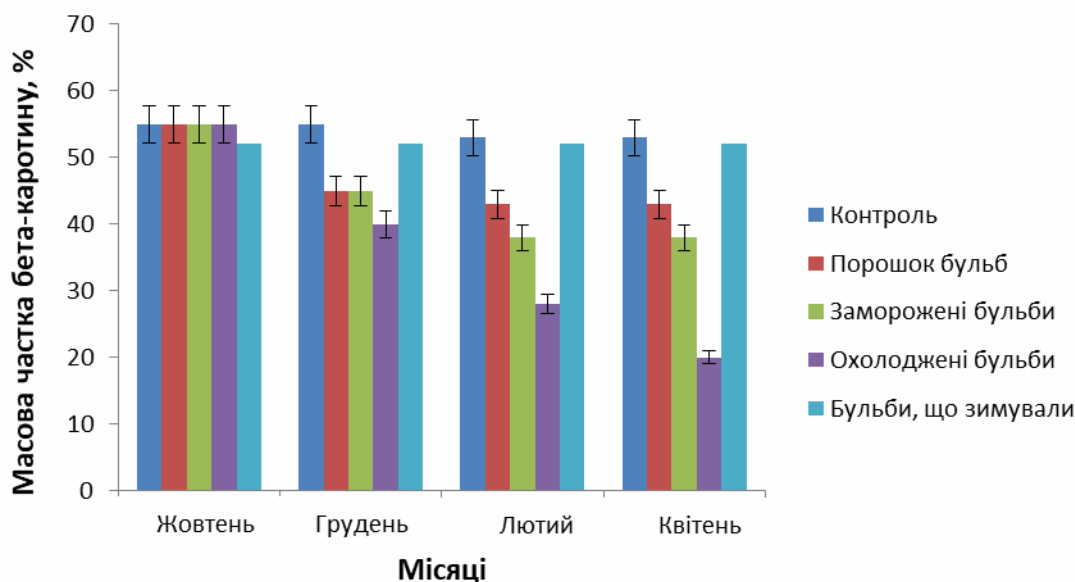


Рисунок 5 – Зміна масової частки бета-каротину в бульбах топінамбура при зберіганні протягом семи місяців за різних температурних умов

При зберіганні за температури (-20 ± 2) °С відбувається різке зниження вмісту бі-

ологічно активних речовин у перші два місяці, далі вміст біологічно активних речовин практично не змінюється. Таке зберігання доцільне протягом тривалого часу. Наприклад, при виробництві препаратів із топінамбуру необхідно забезпечити підприємство сировиною на зимовий період.

Зберігання у холодильнику за температури (4 ± 2) °С є доцільним для нетривалого проміжку часу. Зниження вмісту інуліну та бета-каротину протікає не стрімко, за таких умов можна зберігати протягом двох місяців. При більш тривалому зберіганні бульби в'януть, і на них починає розвиватись патогенна мікрофлора.

Висновки

В результаті проведених досліджень було визначено вміст інуліну та вітамінів у топінамбурі за допомогою аналітичних та фізико-хімічних методів аналізу: інуліну – 65,43 мкг/100 г, вітаміну С – 100,12 мкг/100 г, бета-каротину – 55,26 мкг/100 г.

Досліджено зміну масової частки інуліну при зберіганні топінамбуру за різних температур та у переробленій на порошок сировині. При зберіганні бульб топінамбуру протягом семи місяців за різних температурних умов масова частка інуліну була більша у переробленій на порошок та висушеній сировині – 60 %, менша у морозильній камері – 50 % та найменша у холодильнику – 20 %.

Досліджено зміну масової частки аскорбінової кислоти за допомогою титриметричного методу аналізу. У порошок бульб спостерігалось різке зниження аскорбінової кислоти, це пояснюється інактивацією вітаміну при дії високих температур у процесі висушування сировини (80 ± 5) °С. Вміст аскорбінової кислоти в охолоджених бульбах (4 ± 2) °С до кінця терміну зберігання знизився на 60 %. Найкращі результати були одержані у заморожених бульбах (-20 ± 2) °С, вміст аскорбінової кислоти в них змінився на 12–15 % у порівнянні з контролем.

Дослідження вмісту бета-каротину визначали фотоколориметричним методом за стандартною методикою. У порошок бульб топінамбуру вміст бета-каротину до кінця терміну зберігання знизився на 12 %. У заморожених бульбах (-20 ± 2) °С – на 35 %. У охолоджених бульбах, вміст бета-каротину супроводжувався зниженням масової частки бета-каротину протягом усього терміну зберігання та становив 60 %. Найкращі результати були одержані у бульб які зимували у ґрунті, масова частка вітамінів знизилася лише на 10 %

При зберіганні бульб топінамбуру за різних температурних умов, частка вітамінів більша у бульбах, які зимували у ґрунті, менша у морозильній камері та найменша у холодильнику.

Надано рекомендації щодо способу зберігання топінамбуру з максимальним збереженням вмісту біологічно активних речовин.

Література

1. Kelly G. Inulin-type prebiotics-a review: part 1 // *Altern. Med. Rev.* 2008. Vol. 13, № 4. P. 315–329.
2. Özer D., Akin S., Özer B. Effect of Inulin and Lactulose on Survival of *Lactobacillus Acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium Bifidum* BB-02 in Acidophilus-Bifidus Yoghurt // *Food Sci. And Technol. International.* 2005. Vol. 11, № 1. P.19–24.
3. Roberfroid M.B. Inulin – type fructans: functional food ingredients // *J. Nutr.* 2007. Nov. 137, (11 Suppl). P. 2493–2502.

4. Белих І.А., Григорук М.Ю., Самойленко С.І., Подпорінова О.С., Ларінцева Н.В. / Зміна вмісту аскорбінової кислоти, та вітаміну А в бульбах топінамбуру при зберіганні за різними температурними режимами // Materials of XII international research and practice conference. “Areas of scientific thought”. Technical sciences. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Great Britain, London: “Science and Education LTD” ol.18, 2015 –2016. С. 89–91.
5. Белих І.А., Самойленко С.І. Дослідження методів зберігання топінамбуру з мінімальною втратою вуглеводного комплексу // Проблеми та досягнення сучасної біотехнології: матеріали I міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (25 березня 2021 р., м. Харків). Х.: НФаУ, 2021. С. 83–84.
6. Белих І.А., Григорук М.Ю., Самойленко С.І., Подпорінова О.С., Ларінцева Н.В. Зміна вмісту інуліну в бульбах топінамбуру при зберіганні за різними температурними // режимами Materialy XI Mezinarodni vedecko-prakticka konference “veda a vznik – 2015”– Ekologie. Zemepis a geologie. Vystavba and archiektura. Zemedelstvi. Praha. Publishing House “Education and Science” Dil.14., 2015. С. 58–61.
7. Kaur N., Gupta A.K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition // J. Biosci. 2002. Vol. 27, № 7. P. 703–714.
8. Kok N.N., Taper H.S., Delzenne N.M. Oligofructose modulates lipid metabolism alterations induced by a fat-rich diet in rats // J. Appl. Toxicol. 1998. Vol. 18, №1. P. 47–53.
9. Danilcenko H., Jariene E., Aleknaviciena P., Gajewski M. Quality of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) Tubers in Relation to Storage Conditions // Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 36(2). 2008. P. 23–27.
10. Valluru R., Van den Ende W. Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects // J. Exp. Bot. (2008). 59 (11). P. 2905–2916.
11. Борисюк В.О., Маковецький К.А., Бойко І.І. Визначення водорозчинних вуглеводнів та інуліну в коренеплодах цикорію коренеплідного // Цукрові буряки. 2011. № 5. С. 16–17.
12. Антонюк М.М. Харчова біотехнологія: Лаб. практик. для студ. за напр. підгот. 6.051401 «Біотехнологія» ден. та заоч. форм навч. – К.: НУХТ, 2013. 55 с.
13. Євлаш В.В., Отрошко Н.О., Вакшуль З.В. Удосконалення методик хімічного аналізу вітаміну С у харчових продуктах // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг: Міжнародна науково-практична конференція, 18 жовтня 2012 р. – Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі, Харків: ХДУХТ, 2012. Ч.1. 478 с.
14. ДСТУ 4305:2004. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення. Метод визначення каротину. Введ. 01.07.2005. – К.: Держстандарт України, 2005. 6 с.

Bibliography (transliterated)

1. Kelly G. Inulin-type prebiotics-a review: part 1 // Altern. Med. Rev. 2008. Vol. 13, № 4. P. 315–329.
 2. Yozer D., Akin S., Yozer B. Effect of Inulin and Lactulose on Survival of *Lactobacillus Acidophilus* LA-5 and *Bifidobacterium Bifidum* BB-02 in Acidophilus-Bifidus Yoghurt // Food Sci. And Technol. International. 2005. Vol. 11, № 1. P.19–24.
 3. Roberfroid M.B. Inulin – type fructans: functional food ingredients // J. Nutr. 2007. Nov. 137, (11 Suppl). P. 2493–2502.
 4. Bielykh I.A., Hryhoruk M.YU., Samoilenko S.I., Podporinova O.S., Larintseva N.V. / Zmina vmistu askorbinovoyi kysloty, ta vitaminu A v bulbakh topinamburu pry zbe-
- ISSN 2078-5364 (print). Інтегровані технології та енергозбереження 1'2022
ISSN 2708-0625 (online)

rihanni za rizznymy temperaturnymy rezhymamy // Materials of XII international research and practice conference. "Areas of scientific thought". Technical sciences. Construction and architecture. Agriculture. Sheffield. Great Britain, London: "Science and Education LTD" ol.18, 2015 –2016. P. 89–91.

5. Bielykh I.A., Samoilenko S.I. Doslidzhennya metodiv zberihannya topinamburu z minimalnoyu vtratoyu vuhlevodnoho kompleksu // Problemy ta dosyahnennya suchasnoyi biotekhnolohiyi: materialy I mizhnarodnoyi nauk-prakt. internet-konf. (25 bereznya 2021 r., m. Kharkiv). KH.: NFaU, 2021. P. 83–84.

6. Bielykh I.A., Hryhoruk M.YU., Samoilenko S.I., Podporinova O.S., Larintseva N.V. Zmina vmistu inulinu v bul'bakh topinamburu pry zberihanni za rizznymy temperaturnymy // rezhymamy Materialy XI Mezinarodni vedecko-prakticka konference "veda a vznik –2015"– Ekologie. Zemepis a geologie. Vystavba and archiektura. Zemedelstvi. Praha. Publishing House "Education and Science" Dil.14., 2015. Str. 58–61. 7. Kaur N., Gupta A.K. Applications of inulin and oligofructose in health and nutrition // J. Biosci. 2002. Vol. 27, № 7. P. 703–714.

8. Kok N.N., Taper H.S., Delzenne N.M. Oligofructose modulates lipid metabolism alterations induced by a fat-rich diet in rats // J. Appl. Toxicol. 1998. Vol. 18, №1. P. 47–53.

9. Danilcenko H., Jariene E., Aleknaviciena P., Gajewski M. Quality of Jerusalem Artichoke (*Helianthus tuberosus L.*) Tubers in Relation to Storage Conditions // Not. Bot. Hort. Agrobot. Cluj 36(2). 2008. P. 23–27.

10. Valluru R., Van den Ende W. Plant fructans in stress environments: emerging concepts and future prospects // J. Exp. Bot. (2008). 59 (11). P. 2905–2916.

11. Borysyuk V.O., Makovets'kyi K.A., Boyko I.I. Vyznachennya vodorozchynnykh vuhlevodniv ta inulinu v korenep-lodakh tsykoriyu koreneplidnoho / // TSukrovi buryaky. 2011. № 5. P. 16–17.

12. Antonyuk M.M., Otroshko N.O., Vakshul' Z.V. Kharchova biotekhnolohiya: Lab. prakt. dlya stud. za napr. pidhot. 6.051401 «Biotekhnolohiya» den. ta zaoch. form navch. – K.: NUKHT, 2013. 55 p.

13. Yevlash V.V. Udoskonalennya metodyk khimichnoho analizu vitaminu S u kharchovykh produktakh. // Prohresyvna tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho ta hotel'noho hospodarstv i torhivli. Ekono-michna stratehiya i perspektyvy rozvytku sfery torhivli ta posluh: Mizhnarodna naukovopraktychna konferentsiya, 18 zhovtnya 2012 r. – Khark. derzh. un-t kharchuvannya ta torhivli, Kharkiv: KHDUKHT, 2012. Ch.1. 478 p.

14. DSTU 4305:2004. Frukty, ovochi ta produkty yikh pereroblennya. Metod vyznachennya karotynu. Vved. 01.07.2005. – K.: Derzhstandart Ukrainy, 2005. 6 p.

УДК 543;633.4

Самойленко С.І., к.техн.н., доцент, Бєлих І.А., к.біол.н., доцент,
Мироненко Л.С., к.техн.н., Звягінцева О.В., к.біол.н., доцент,
Близнюк О.М., д.техн.н, професор, Масалітіна Н.Ю., к.техн.н, доцент

**ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ОСНОВНИХ КОМПОНЕНТІВ ТОПІНАМБУРУ У
ПРОЦЕСІ ЗБЕРІГАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ АНАЛІТИЧНИХ ТА
ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ МЕТОДІВ АНАЛІЗУ**

Робота присвячена вивченню біологічно активних речовин топінамбуру за допомогою аналітичних та фізико-хімічних методів аналізу. У ході проведення експери-

менту було визначено вміст інуліну та вітамінів у топінамбурі за допомогою методів аналітичної хімії: інуліну – 65,43 мкг/100 г, вітаміну С – 100,12 мкг/100 г, бета-каротину – 55,26 мкг/100 г.

Досліджено зміну масової частки інуліну при зберіганні топінамбуру за різних температур та у переробленій на порошок сировині. При зберіганні бульб топінамбуру протягом семи місяців за різних температурних умов масова частка інуліну була більша у переробленій на порошок та висушеній сировині – 60 %, менша у морозильній камері – 50 % та найменша у холодильнику – 20 %.

Досліджено зміну масової частки аскорбінової кислоти за допомогою титриметричного методу аналізу. У порошок бульб спостерігалось різке зниження вмісту аскорбінової кислоти, це можна пояснити інактивацією вітаміну при дії високих температур у процесі висушування сировини. Вміст аскорбінової кислоти в охолоджених бульбах (4 ± 2) °С до кінця терміну зберігання знизився на 60 %. Найкращі результати були одержані у заморожених бульбах (-20 ± 2) °С, вміст аскорбінової кислоти в них змінився на 12–15 % у порівнянні з контролем.

Досліджено вміст бета-каротину, який визначали фотоколориметричним методом за стандартною методикою. У порошок бульб топінамбуру вміст бета-каротину до кінця терміну зберігання знизився на 12 %. У заморожених бульбах (-20 ± 2) °С – на 35 %. У охолоджених бульбах, вміст бета-каротину супроводжувався зниженням масової частки бета-каротину протягом усього терміну та становив 60 %. Найкращі результати були одержані у бульб, які зимували у ґрунті, масова частка вітамінів знизилася лише на 10 %.

При зберіганні бульб топінамбуру за різних температурних умов, частка вітамінів більша у бульбах які зимували у ґрунті, менша у морозильній камері і найменша у холодильнику.

Надано рекомендації, щодо способу зберігання топінамбуру з максимальним збереженням вмісту біологічно активних речовин.

Висушений порошок бульб топінамбуру найбільш придатний для тривалого зберігання з мінімальною втратою інуліну та бета-каротину, що дає змогу використовувати його при виробництві лікувально-профілактичних препаратів.

Ключові слова: інулін, топінамбур, *Helianthus tuberosus L.*, пребіотики, аскорбінова кислота, бета-каротин, полісахариди, фруктозани, клубні, кислотний гідроліз, ферментативний гідроліз

Белых И.А., к.биол.н., доцент, Самойленко С.И., к.техн.н., доцент,
Мироненко Л.С., к.техн.н., Звягинцева О.В., к.биол.н., доцент,
Близнак О.Н., д.техн.н, профессор, Масалитина Н.Ю., к.техн.н, доцент

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ОСНОВНЫХ КОМПОНЕНТОВ ТОПИНАМБУРА В ПРОЦЕССЕ ХРАНЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АНАЛИТИЧЕСКИХ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ АНАЛИЗА

Работа посвящена изучению биологически активных веществ топинамбура с помощью аналитических и физико-химических методов анализа. В ходе выполнения эксперимента было определено содержание инулина и витаминов в топинамбуре с помощью методов аналитической химии, который составил: инулина – 65,43 мкг/100 г, витамина С – 100,12 мкг/100 г, бета-каротина – 55, 26 мкг/100 г.

Исследовано изменение массовой доли инулина при хранении топинамбура при

различных температурах и в переработанном в порошок сырье. При хранении клубней топинамбура в течение семи месяцев при различных температурных условиях массовая доля инулина была больше в переработанном в порошок и высушенном сырье – 60 %, далее в морозильной камере – 50 % и наименьшая в холодильнике – 20 %.

Исследовано изменение массовой доли аскорбиновой кислоты с помощью титриметрического метода анализа. В порошке клубней наблюдалось резкое снижение аскорбиновой кислоты, что можно объяснить инактивацией витамина при воздействии высоких температур в процессе высушивания сырья. Содержание аскорбиновой кислоты в охлажденных клубнях (4 ± 2) °C к концу срока хранения снизилось на 60 %. Лучшие результаты были получены в замороженных клубнях (-20 ± 2) °C, содержание аскорбиновой кислоты в них изменилось на 12–15 % по сравнению с контролем.

Исследовано содержание бета-каротина определяли фотокolorиметрическим методом по стандартной методике. В порошке клубней топинамбура содержание бета-каротина к концу срока хранения снизилось на 12 %. В замороженных клубнях (-20 ± 2) °C – на 35%. В охлажденных клубнях содержание бета-каротина сопровождалось снижением массовой доли бета-каротина в течение всего срока и составляло 60 %. Лучшие результаты были получены для клубней, зимовавших в почве, массовая доля витаминов снизилась всего на 10 %.

При хранении клубней топинамбура при различных температурных условиях, доля витаминов была больше в клубнях, которые зимовали в почве, меньшая в морозильной камере и наименьшая в холодильнике.

Даны рекомендации по способу хранения топинамбура с максимальным сохранением содержания биологически активных веществ. Высушенный порошок клубней топинамбура наиболее пригоден для длительного хранения с минимальной потерей инулина и бета-каротина, что позволяет использовать его при производстве лечебно-профилактических препаратов.

Ключевые слова: инулин, топинамбур, *Helianthus tuberosus L.*, пребиотики, аскорбиновая кислота, бета-каротин, полисахариды, фруктозаны, клубни, кислотный гидролиз, ферментативный гидролиз

Bielykh I.A., Samoilenko S.I., Myronenko L.S., Zviahintseva O.V., Blyzniuk O.N., Masalitina N.Yu.

TOPINAMBOUR MAIN COMPONENTS CONTENT DETERMINATION IN THE PROCESS OF STORAGE VIA ANALYTICAL AND PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS METHODS

Paper is devoted to the study of topinambour's biologically active substances through analytical and physico-chemical analysis methods.

In the course of experiment, content of inulin and vitamins in topinambour was determined, using methods of analytical chemistry, which was: inulin – 65,43 µg/100 g, vitamin C – 100,12 µg/100 g, beta-carotene – 55,26 µg/100 g.

Change in inulin mass fraction in topinambour's raw material powder during its storage at different temperatures was investigated. During seven months topinambour tubers storing at different temperature conditions, the mass fraction of inulin was larger in altered into powder and dried raw materials - 60 %, then in freezer – 50 % and the smallest mass fraction was in refrigerator – 20 %.

Change in ascorbic acid mass fraction by means of titrimetric analysis method was investigated. A sharp decrease of ascorbic acid content in tuber's powder was observed, it is due to vitamin inactivation under high temperatures in the process of raw materials drying. Content of ascorbic acid in cooled tubers (4 ± 2) °C to the end of shelf-life decreased by 60 %. The best results were obtained in frozen tubers (-20 ± 2) °C, content of ascorbic acid in them has changed 12–15 % compared to control sample.

Beta-carotene content was determined by photocolometric method according to standard methods. Content of β -carotene decreased to a level 12 % by the end of shelf life in topinambour's tuber powder. In frozen tubers (-20 ± 2) °C content of β -carotene was accompanied by a decrease in the mass fraction of β -carotene throughout whole storage period and amounted to 60 %. The best results were obtained in tubers that overwintered in soil, vitamin's mass fraction in them decreased by only 10 %.

When storing topinambour's tubers at different temperature conditions, proportion of vitamins is the highest in tubers that have overwintered in soil, then in the freezer and the lowest in the refrigerator.

Recommendations on the method of topinambour's storage with maximum preservation of biologically active substances content were given.

Dried topinambour's tuber powder is most suitable for long-term storage with minimal loss of inulin and beta-carotene, which allows to use this powder in the production of therapeutic and prophylactic drugs.

When stored at temperatures (-20 ± 2) °C there is a sharp decrease in nutrients in the first two months and a further decrease is very slow. Such storage is expedient if it is necessary to keep tubers for a long time. For example, in production of topinambour's preparations it is necessary to provide a plant with raw materials for the winter.

Storage in refrigerator at a temperature of (4 ± 2) °C is advisable for a short period of time. Decrease of inulin and vitamins content is not rapid, in such conditions it can be stored for two months. In the long period, tubers wither and pathogenic microflora begins to develop on them.

The best indicators in all biologically active substances were stored in tubers that overwintered in the soil. Because the top layer in topinambour does not protect cells from decay processes, these processes are activated during digging, and tubers, that were left in the soil, continue to functionate, so cell apoptosis is not activated.

Keywords: inulin, topinambour, *Helianthus tuberosus* L., prebiotics, ascorbic acid, beta-carotene, polysaccharides, fructosans, tubers, acid hydrolysis, enzymatic hydrolysis.