

A35

Одеська державна академія холоду

Азаров Олексій Вячеславович

УДК 547.455.65.002.35: 637.5

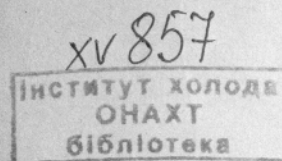
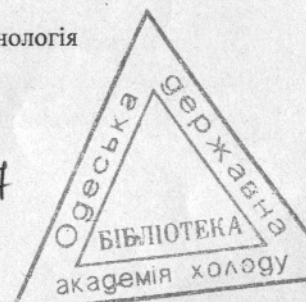
**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ ОДЕРЖАННЯ І ХОЛОДИЛЬНОГО
ЗБЕРІГАННЯ ІНУЛІНВІСНОГО КОНЦЕНТРАТУ І ЙОГО
ВИКОРИСТАННЯ В ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ**

Спеціальність 05.18.14 – холодильна технологія
харчових продуктів

Приложение к дисс. № 587

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук



Одеса – 2003



Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Одеській державній академії холоду Міністерства освіти і науки України

Науковий керівник - **Чумак Ігор Григорович**, доктор технічних наук, професор Одеської державної академії холоду, заслужений діяч науки України

Офіційні опоненти - **Онщенко Володимир Петрович**, доктор технічних наук, професор Одеської державної академії холоду, заслужений діяч науки України

Косой Валентин Данилович, доктор технічних наук, професор Московського державного університету прикладної біотехнології

Провідна організація - Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України

Захист дисертації відбудеться "23" жовтня 2003 р. об 11³⁰ годин в ауд. 108 на засіданні спеціалізованої вченої ради Д.41.087.01 в Одеській державній академії холоду за адресою: вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, 65026, Україна.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ОДАХ за адресою: вул. Дворянська, 1/3, м. Одеса, 65026, Україна.

Затверджено "18" вересня 2003 р.

Мілованов В.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В області перспективних напрямків одержання діабетичних продуктів з використанням компонентів з нетрадиційних рослинних культур особливу увагу привертає переробка топінамбура.

Топінамбур, або земляна груша, відрізняється високою врожайністю і не вимагає особливих умов вирощування. Його хімічний склад може конкурувати із соєю та іншими бобовими рослинами, тому що включає до 3,2 % білка, що містить 16 амінокислот, у тому числі 8 незамінних, а також макро- і мікроелементи, вітаміни та інші корисні компоненти. Специфікою хімічного складу бульб є його унікальний вуглеводний комплекс на основі фруктози. Вищий полімер фруктози – інсулін, на частку якого приходить більш 75% усіх вуглеводів, справляє стабілізуючий вплив на вміст глюкози в крові, що дуже важливо для харчування людей, хворих цукровим діабетом. Чисельність таких людей щорічно збільшується на 5-7%, тільки в Україні вони складають більш 2 % населення. Тому організація раціонального харчування цієї категорії людей стає соціальним завданням на сучасному етапі.

Незважаючи на свою корисність і розроблені технології, переробка топінамбура не знайшла свого широкого поширення, тому що бульби погано зберігаються (швидко втрачають вологу), мають нетехнологічну форму; продукти їхньої переробки (пюре, сік, сироп, порошок та ін.) володіють у різному ступені специфічним запахом, що вносить обмеження в їх застосування, а також порівняно високою вартістю. У зв'язку з цим необхідно провести цілий ряд досліджень, що дозволять визначити найбільш раціональні режими холодильного збереження бульб, технологічних процесів їхньої переробки, і на основі отриманих даних розробити технологію одержання інсулінвмісного концентрату (ІВК), що володіє більш високими якісними показниками і більш низькою вартістю; визначити способи і режими його консервування, а також вивчити можливість застосування ІВК для розширення асортименту діабетичних продуктів на м'ясній основі.

У зв'язку з цим розробка технологій одержання з бульб топінамбура інсулінвмісного концентрату, його холодильного збереження і використання в харчовій промисловості для розширення асортименту продуктів з діабетичними властивостями, є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана відповідно до пріоритетного напрямку наукових робіт Одеської державної академії холоду за темою "Розробка методології та засобів забезпечення продовольчої безпеки України", № держ. реєстрації 0103U001580 (категорія 1) на 2003-2005 рр.

Мета і завдання досліджень. Мета роботи – наукове обґрунтування і розробка раціональних режимів збереження і переробки бульб топінамбура з одержанням інсулінвмісного концентрату, його холодильного збереження і використання при виробництві продуктів діабетичного призна-

чення, а також продуктів із заданим хімічним складом і консистенцією, із прогнозуванням якості отриманих виробів методом інженерної реології.

Поставлена мета вимагає рішення наступних **задач**:

- вивчити властивості і хімічний склад розповсюджених на півдні України сортів топінамбура і вибрати найбільш перспективний з метою обґрунтування способу його збереження і переробки;
- провести аналіз і обґрунтувати спосіб обробки бульб топінамбура обраного сорту для максимального одержання з них інулінвмісного соку;
- вивчити існуючі способи концентрування рідких продуктів, вибрати найбільш прийнятний для концентрування соку топінамбура і провести експериментальні дослідження з вивчення механізму процесу одержання інулінвмісного концентрату (ІВК);
- провести комплексні дослідження з вибору способу і раціональних режимів збереження ІВК і розробити методику розрахунку припустимих термінів його збереження;
- провести дослідження процесу консервування ІВК методом вакуум-сублімаційного сушіння;
- показати можливість використання ІВК у м'ясній промисловості і провести дослідження з вивчення його впливу на хімічний склад і якість м'ясних фаршевих систем і готових виробів на їхній основі;
- вивчити можливість прогнозування якості фаршевих систем і готових виробів методом інженерної реології;
- розробити технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання інулінвмісного концентрату при виробленні м'ясних продуктів спеціального призначення з заданим хімічним складом і консистенцією.

Об'єкт дослідження. Технологічні операції і режими їхнього виконання при одержанні і холодильному збереженні ІВК із топінамбура.

Предмет дослідження. Бульби топінамбура.

Методи досліджень. Використовувалися традиційні методи, що дозволяють визначати органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні та мікробіологічні показники сировини і готової продукції.

Наукова новизна здобутих результатів. Розроблено критерій оцінки методів попередньої обробки бульб топінамбура для підвищення їх соковиддачі.

Вивчено вплив низьких температур на вологоутримуючу здатність (ВУЗ) рослинної тканини бульб.

Визначено раціональні режими одержання інулінвмісного соку з бульб топінамбура.

Обґрунтовано спосіб і режими одержання інулінвмісного концентрату із соку топінамбура.

Розроблено режими холодильного збереження ІВК і методику визначення припустимого терміну його збереження.

Теоретично обґрунтована й експериментально підтверджена можливість консервування ІВК вакуум-сублімаційним сушінням.

Визначено найбільш перспективне використання інулінвмісної сировини у виді концентрату в харчовій промисловості на прикладі м'ясних продуктів як найбільш дорогих і таких, що мають підвищену біологічну цінність.

Встановлено вплив ІВК на реологічні і комплексні хімічні характеристики м'ясних фаршевих систем.

Отримано аналітичні залежності по визначенню реологічних характеристик виробів з ІВК в залежності від їх хімічного складу.

Розроблено алгоритм прогнозування якості м'ясних фаршевих виробів з ІВК із заданим хімічним складом і консистенцією.

Розроблено технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання ІВК.

Наукові положення, які захищаються в роботі:

- вибір найбільш раціонального процесу обробки бульб топінамбура, зв'язаний з виходом соку, його органолептичними показниками і втратами інуліну, може бути проведений за допомогою критерію оцінки якості;
- при кріоконцентруванні соку топінамбура основна маса втрат сухих речовин і інуліну відбувається з блоком льоду в його нижній частині в периферійних шарах, що дозволяє намітити шляхи подальшого удосконалювання процесу та установок;
- скорочення обсягів експериментів досягається за рахунок введення симплекса хімічного складу фаршевих м'ясних систем і готових виробів, що характеризують залежність якісної характеристики – консистенції, оцінюваної структурно-механічними властивостями, від хімічного складу.

Практичне значення одержаних результатів. Визначено параметри і припустимі терміни холодильного збереження ІВК. Розроблено методику визначення термінів збереження ІВК у залежності від його концентрації і температурних режимів.

Розроблено технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання ІВК у харчовій промисловості.

Розроблено проект технології одержання інулінвмісного концентрату, що забезпечує зниження його собівартості за рахунок раціональних режимів холодильної і теплової обробки.

Скорочено терміни і знижена собівартість розробки нових видів виробів з ІВК на м'ясній основі із задалегідь заданим хімічним складом і консистенцією за рахунок отриманого алгоритму прогнозування якості фаршевих систем і готової продукції.

Стабілізовано якість м'ясних фаршевих виробів, що містять ІВК, шляхом використання реологічного методу контролю.

Встановлено і перевірено у виробничих умовах, що використання ІВК при максимально до-

пустимих термінах збереження дозволяє виробляти високоякісні м'ясні фаршеві продукти.

Особистий внесок здобувача. Особиста участь полягає в плануванні і проведенні експериментальних досліджень, математичній обробці та узагальненні отриманих результатів, у розробці методики прогнозування якості ковбасних виробів з ІВК, підготовці публікацій, участі у виробничих іспитах і розробці технологічних рекомендацій із практичного використання результатів роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи були повідомлені на Міжнародній науково-технічній конференції "Іжа. Екологія. Людина" (Москва, 2001); на наукових читаннях, присвячених 100-річчю проф. Федорова Н.Є. "Теоретичні і практичні основи розвитку процесів і апаратів харчових виробництв" (Москва, МГУПБ, 2001); 62-й науково-технічній конференції ОДАХТ (Одеса, 2002); 63-й науковій конференції ОНАХТ (Одеса, 2003).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 13 наукових робіт, у тому числі 7 статей у наукових журналах, 3 – у збірниках наукових праць і 3 – у тезах доповідей наукових конференцій.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, п'ятих розділів, висновків, списку літератури та додатків. Зміст роботи викладено на 203 сторінках, включаючи 51 таблицю (на 17 стор.), 33 рисунки (на 23 стор.), 5 додатків (на 12 стор.). Список використаних бібліографічних джерел містить 130 найменувань (на 12 стор.).

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми досліджень, визначено наукову новизну та практичну цінність, сформульовано загальну мету та спрямованість роботи.

У першому розділі приведена характеристика топінамбура, його хімічного складу і лікувально-профілактичних властивостей. Відзначено, що наявність вуглеводного комплексу, що містить інулін, а також інших корисних компонентів (незамінних амінокислот, мінеральних речовин, вітамінів) обумовлює доцільність переробки топінамбура і використання його продуктів у виробах діабетичного призначення.

Розглянуто основні способи обробки рослинної сировини для збільшення його соковиддачі, методи концентрування і консервування харчових продуктів, що існують. З приведення огляду виділені найбільш раціональні способи і прийоми, що можуть бути використані при переробці бульб топінамбура.

З літературних даних зроблені висновки:

- у даний час є тільки розрізнені дані по дослідженню окремих процесів обробки інулінвмісної сировини з відсутністю, здебільшого, раціональних режимів, умов і термінів збереження;

- про необхідність розширення асортименту продуктів діабетичного призначення, особливо на м'ясній основі, а також продуктів із заданим хімічним складом і консистенцією для організації раціонального харчування різних груп населення.

Для рішення поставлених задач є необхідним єдиний комплексний науковий підхід до технологічного рішення одержання інулінвмісних продуктів з бульб топінамбура, включаючи всі стадії виробництва з визначенням їх раціональних режимів, умов і термінів збереження, а також апробації їх у харчовій промисловості.

У другому розділі приведена схема послідовного виконання експериментальних робіт, показано комплекс досліджуваних показників, дані методики їхнього визначення і характеристики об'єктів досліджень, подано опис використовуваного устаткування і принцип його роботи.

Під час роботи використовувалися традиційні нормативні методи визначення показників продукції. Масова частка вологи визначалася за ГОСТ 28561-90, білка – по методу К'ельдаля, жиру – методом Сокслета, цукрів – відповідно до ГОСТ 8756.13-87. Гранична напруга зрушення визначалася методом пенетрації (ГОСТ р-50814-95). Мікробіологічні дослідження здійснювалися шляхом підготовки зразків і їх посіву на живильне середовище у відповідності з МУ 2657-82.

Дослідження проводилися в лабораторіях Одеського державного селекційно-генетичного інституту (хімічний склад, сублімаційне сушіння), у лабораторіях Одеської державної академії холоду (холодильне збереження інулінвмісної сировини), на кафедрі технології м'яса і м'ясопродуктів Одеської національної академії харчових технологій (виготовлення інулінвмісних діабетичних виробів на м'ясній основі), у лабораторії Московського державного університету прикладної біотехнології (визначення реологічних характеристик), у бактеріологічній лабораторії санепідстанції Малиновського району м. Одеси (мікробіологічні дослідження).

У третьому розділі представлені результати досліджень технологічного процесу підготовки бульб топінамбура до переробки, одержання інулінвмісного соку з наступним його концентруванням і збереженням.

Для збільшення соковиддачі бульби топінамбура піддавали різним видам попередньої обробки: механічна обробка (здрібнювання різного ступеня); вплив низьких температур (заморожування); вплив високих температур (бланшування водою, паром, НВЧ-полем).

Механічне здрібнювання бульб різного ступеня дозволило довести вихід соку до 38,2 %, але сік характеризувався низькими органолептичними показниками, особливо за кольором і запахом.

Заморожування бульб топінамбура для збільшення соковиддачі проводили з повільним тепловідводом до температури в їхньому центрі -18 °С, що дозволило близько 90 % води перетворити у великі кристали льоду, що ушкоджують рослинну тканину бульб і сприяють збільшенню соковиділення. Ступінь руйнування рослинної тканини характеризувався непрямою величиною її вологоутримуючої здатності (ВУЗ, %), що визначали по виразу:

$$ВУЗ = [(W_n - W_b) / W_n] \cdot 100, \quad (1)$$

де W_n, W_b - масова частка вологи в зразку: відповідно початкова (до заморожування) і виділена (після розморожування), част. од.

Вилучення вологи зі зразків з різним ступенем здрібнювання проводили центрифугуванням у залежності від частоти обертання (п, об./хв.). Отримані дані представлені на графіку (рис. 1).

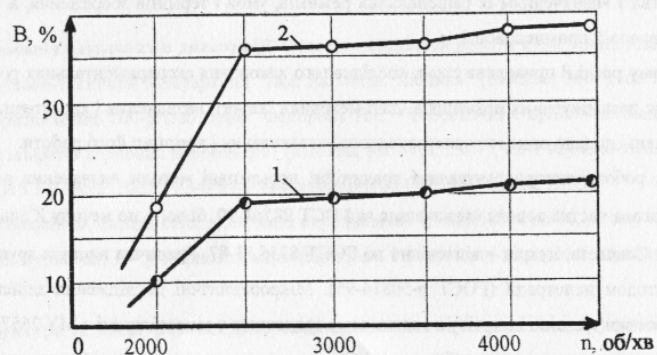


Рис. 1. Вплив режимів центрифугування на вихід (В, %) соку бульб топінамбура: 1 - кубики $h=10$ мм; 2 - шматочки розміром 2-3 мм.

Встановлено, що на початку центрифугування відбувається інтенсивний вихід соку під дією відцентрових сил. При досягненні 2500 об./хв. вихід соку значно зменшувався, але після 3500 об./хв. знову зростає, що пояснювалося початком пресування маси під дією відцентрових сил, але одержуваний сік при цьому ставав більш мутним і темним. Незначне збільшення соковиддачі поряд зі зниженням якості одержуваної продукції дали можливість визначити раціональний режим центрифугування - 3500 об./хв., що виключає вплив пресування. Після 4000 об./хв. виділення соку практично припинялося.

Для виявлення характеру зміни ВУЗ від швидкості заморожування цілих і здрібнених бульб проводили дослідження при температурах повітряного середовища -20°C , -35°C , -50°C , результати яких представлені в табл. 1.

Таблиця 1

Зміна ВУЗ рослинної тканини бульб топінамбура при заморожуванні

Вид сировини	Ступень здрібнювання	ВУЗ до заморожування, %	Вологоутримуюча здатність, %		
			-20°C	-35°C	-50°C
Топінамбур	Бульби цілі	100,0	90,5	91,1	91,3
	Кубики ($h=10$ мм)	98,1	48,8	49,6	49,8
	Часточки ($h=10$ мм)	98,8	51,2	52,7	53,0

Обробка бульб високими температурами включала їхнє бланшування в різних середовищах (вода, пара, НВЧ) з наступним визначенням виходу соку, втрат інуліну та органолептичної оцінки одержуваного продукту по п'яти бальній системі.

Для якісної оцінки методів попередньої обробки бульб топінамбура був розроблений критерій (K_a), що дозволяє враховувати як позитивні (величина виходу соку, органолептична оцінка), так і негативні фактори (втрати основного компонента - інуліну). Критерій визначали по виразу:

$$K_a = B \cdot O_p / \Pi, \quad (2)$$

де B - вихід соку, %;

O_p - органолептична оцінка якості одержуваного соку по п'яти бальній системі;

Π - втрати інуліну, %.

Якісні показники і критерій оцінки досліджуваних методів попередньої обробки представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Порівняльний аналіз методів попередньої обробки бульб топінамбура

Найменування	Вихід соку / втрати інуліну, %				
	здрібнювання (2-3 мм)	заморожування (-18°C)	бланшування ($63-65^{\circ}\text{C}$)		
			водою	парою	НВЧ
Топінамбур	38,2 / 0,1	52,2 / 0,2	65,9 / 1,2	64,8 / 0,7	62,2 / 0,2
Органол. оцінка	2,5	2,5	4,6	4,8	5,0
Критерій (K_a)	955,0	652,5	252,6	444,3	1555,0

На підставі отриманих даних, включаючи і критерій якісної оцінки способів, був обраний для попередньої обробки бульб топінамбура метод бланшування НВЧ-обробкою, тому що він забезпечував рівномірний і швидкий прогрів всього обсягу рослинної тканини та інактивацію окисних ферментів. Для визначення раціональних режимів бланшування НВЧ нагріванням по експериментальним даним отримана математична залежність, що дозволяє визначити тривалість процесу від маси бульби:

$$\tau = A (-109 \cdot 10^{-6} m_0^3 + 21 \cdot 10^{-3} m_0^2 + 0,62 m_0), \text{ с} \quad (3)$$

де m_0 - відносна безрозмірна маса бульби ($m_0 = m/m_1$); $m_1 = 1$ г;

A - коефіцієнт, що має розмірність часу (с) і дорівнює 2.

Концентрування соку топінамбура для зручності його збереження і транспортування проводили кріоконцентруванням. У ході дослідження процесу була розроблена методика добору проб із блоку льоду, що дозволяє більш точно оцінити розподіл у ньому сухих речовин і інуліну. Відповідно до цієї методики добір проб проводився з периферійних шарів нижньої частини блоку, тому що саме там у кристалах льоду концентрується більше всього сухих речовин і інуліну. Зміна ком-

понтентів інулінвмісного соку при виморожуванні представлена на рис. 2.

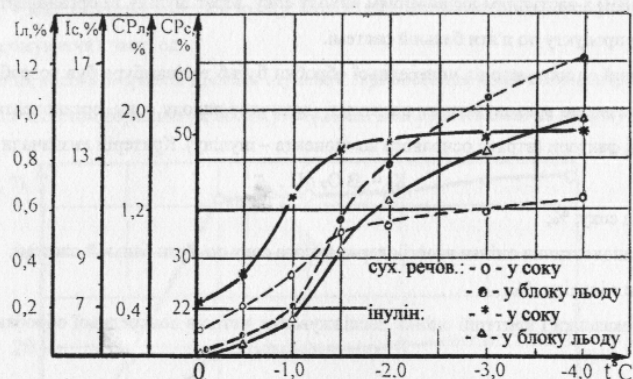


Рис. 2. Зміна сухих речовин (CP) та інуліну (I) у соку і блоку льоду (CP_n, I_n) у залежності від температури заморожування

По темпу збільшення (% / 1 °C) сухих речовин та інуліну в соку були визначені раціональні режими виморожування, при яких концентрація соку була доведена до 34,6 %, але сумарні втрати сухих речовин, у тому числі й інуліну, склали 2,5 %, що знизило якість одержуваного концентрату як інулінвмісної сировини для харчової промисловості. Так як подальше удосконалення методу кріоконцентрування з метою зниження втрат інуліну стало недоцільним через низьку вартість самої сировини, був застосований інший метод концентрування інулінвмісного соку – вакуум-випарювання.

Видалення вологи із соку топінамбура проводили при 40–45 °C, що зберігало якість продукту, а також поліпшувало його органолептичні показники, тому що при випарюванні відділялися ароматоутворюючі з'єднання, що обумовлюють характерний запах топінамбура.

Зміна масової частки сухих речовин та інуліну в залежності від тривалості випарювання представлені на рис. 3.

Аналіз процесу показав, що настає період, коли масова частка інуліну в ІВК починає зменшуватися за рахунок початку внутрішніх структурних змін, зокрема, за рахунок деполімеризації водорозчинної фракції високомолекулярних вуглеводів, до яких відноситься і інулін. Концентрат при цьому починає здобувати темне фарбування. Ці зміни з'явилися обмежуючим фактором, що дозволило встановити раціональні параметри процесу вакуум-випарювання, при яких масова частка сухих речовин у ІВК складала 55 %, інуліну – 27,7 %.

Так як отриманий ІВК у своєму складі містив інулін і інші живильні елементи бульб, а також ще достатньо для розвитку мікроорганізмів частку вологи, то для його консервування застосовували сушіння чи холодильну обробку.

Зневоднювання ІВК проводили вакуум-сублимаційним сушінням, що дозволяє одержати високоякісний сухий концентрат, здатний до тривалого збереження. Криві сушіння інулінвмісного соку і його концентрату представлені на рис. 4.

На отриманих кривих сушіння соку і ІВК виділений період постійної швидкості сушіння (А-В і С-Д), що визначається як тангенс кута нахилу дотичної до цієї ділянки. Тривалість сушіння концентрату складала 180 хв., що в 1,4 рази менше в порівнянні із сушінням соку. Отриманий порошкоподібний ІВК характеризувався гарними органолептичними показниками, мав високу розчинність – 82,5 % і містив 40 % інуліну.

На підставі проведених досліджень розроблено проект принципової технологічної схеми одержання ІВК із бульб топінамбура з використанням раціональних режимів проведення процесів.

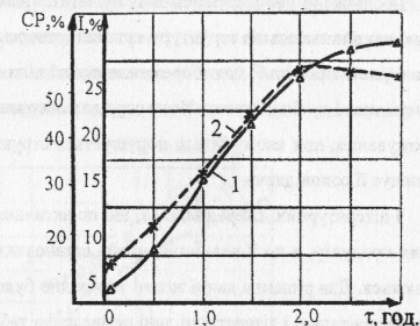


Рис. 3. Зміна сухих речовин (CP) та інуліну (I) у соку топінамбура при випарюванні: 1 - сухі речовини; 2 - інулін.

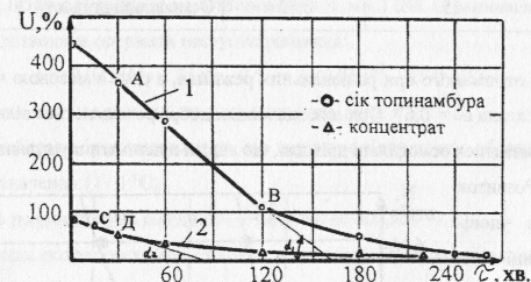


Рис. 4. Зміна вологовмісності (U) соку (крива 1) та інулінвмісного концентрату (крива 2) у процесі вакуум-сублимаційного сушіння

У четвертому розділі приведені результати досліджень процесу холодильного збереження топінамбура і продуктів його переробки.

Так як бульби топінамбура мають тонку шкірку і швидко втрачають вологу, то, як показали дослідження, без зміни якості вони можуть зберігатися при 12–15 °C тільки протягом 36 ч. Для більш тривалого збереження необхідно використовувати спеціальні прийоми (пакування, пересипання землею, піском), що знижують випар вологи з бульб, а також створювати умови (знижені температури), що гальмують розвиток мікроорганізмів.

Досліджено процес збереження бульб топінамбура в замороженому виді. Режими заморожування, що впливають на структуру кристалоутворення, встановлювали в залежності від подальшого використання бульб: для збереження якості цілих бульб застосовували швидке заморожування з формуванням дрібних кристалів льоду; для одержання з бульб соку використовували повільне заморожування, при якому більш порушується структура рослинної тканини кристалами льоду, що підвищує її соковидачу.

З літературних джерел відомо, що по активності води (a_w) можна судити про терміни збереження продукту, а по її величині можна встановлювати переважний вид мікроорганізмів, що розвиваються. Для рішення даної задачі необхідно було визначити величину активності води для ІВК. Експериментальні і літературні дані приведені в табл.3.

Таблиця 3

Зміна активності води в ІВК у залежності від його вологості

Найменування	Масова частка вологи в ІВК, %	Активність води, a_w	Мікроорганізми	
			вид	оптим. a_w
Інулінвмісний концентрат	80	0,98	Бактерії	0,90-0,94
	60	0,89	Дріжджі	0,88-0,85
	50	0,79	Цвілеві гриби	0,80-0,65
	45	0,67	Осмофільні дріжджі	0,65-0,60

Для концентрату, отриманого при раціональних режимах, а саме з масовою часткою вологи 45 %, активність води складала $a_w = 0,67$. При цих значеннях добре розвиваються тільки цвілеві гриби і можуть слабо розвиватися осмофільні дріжджі, що здатні викликати псування вуглеводів і псування продукту. Розвиток даних мікроорганізмів уповільнюється при зниженні температури збереження (рис. 5).

При перевищенні допустимої кількості мікроорганізмів у харчовому продукті (Інстр., затв. Мінздравом України, 1994 р.) холодильне збереження припиняли. Так як бульби топінамбура для переробки можна одержувати восени і навесні, то зберігати ІВК досить

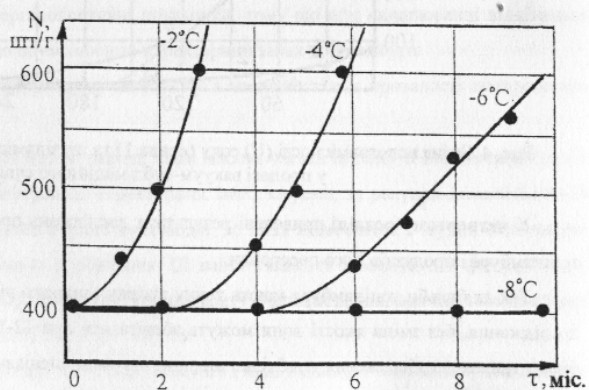


Рис. 5. Зміна числа мікроорганізмів (N) у 1 г ІВК у залежності від температури та тривалості зберігання

5-6 місяців, і тоді, згідно експериментальним даним, раціональною температурою буде -4 і -5 °C.

З метою вивчення впливу температури середовища і вологості ІВК на тривалість збереження були проведені комплексні дослідження. Вологість змінювалася від 40 до 60 % з інтервалом 5; температура - від -2 до -8 °C з інтервалом 1 °C. По отриманим даним побудовані графічні залежності (рис. 6).

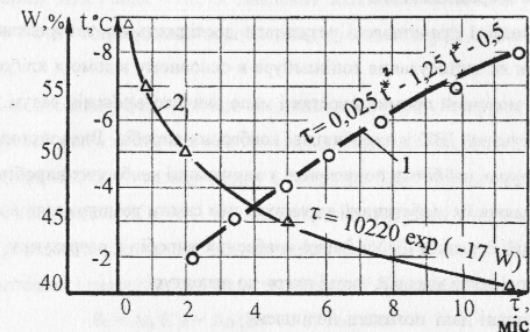


Рис. 6. Зміна тривалості збереження ІВК у залежності від температури середовища (крива 1) і масової частки вологи (крива 2)

Математична обробка графічної залежності, що характеризує характер впливу температури (t , °C) у заданому інтервалі на тривалість збереження (τ , міс.) ІВК із раціональною вологістю 45 % (рис. 6, крива 1), дозволила одержати наступне рівняння:

$$\tau = 0,025 t^2 - 1,25 t^* - 0,5 = A (0,05 t^{*2} - 2,5 t^* - 1) \quad (4)$$

де A – коефіцієнт, що має розмірність у місяцях і дорівнює 0,5;
 t^* – відносна безрозмірна температура, що дорівнює відношенню абсолютної температури (t) до її одиничного значення ($t / 1$ °C).

Погрішність розрахунку по рівнянню (4) складає не більш 6 %.

Для спрощення розрахунку дана степінна залежність (4) була апроксимована у виді двох прямих в інтервалі температур (°C), відповідно: $-2 \leq t \leq -6$ і $-6 \leq t \leq -8$.

Для виявлення характеру зміни (τ) від вологості (W) при раціональній температурі -4 °C побудована графічна залежність, що спрямляється в напівлогарифмічних шкалах (рис. 6, крива 2), математичний аналіз якої дозволив одержати наступне експонентне рівняння:

$$\tau = 10220 \exp(-17 W) = A_1 \exp(-17 W), \quad (5)$$

де W – вологість інулінвмісного концентрату, част. од.

Погрішність розрахунку по рівнянню (5) складає не більш 5 %.

Комп'ютерна математична обробка функціональної залежності $\tau = f(t, W)$, представленої на рис. 7, при заданому виді рівняння для кожної перемінної, котрі визначені вище, дозволила одержати в інтервалі температур від -2 до -8 °C наступне узагальнене рівняння:

$$\tau = A t^* \exp(-17 W), \quad (6)$$

де $A = -2500$ при $-2^\circ\text{C} \leq t \leq -6^\circ\text{C}$, $A = -3000$ при $-6^\circ\text{C} \leq t \leq -8^\circ\text{C}$.

Погрішність розрахунків по рівнянню (6) складає до 8 %.

Отримані результати досліджень покладені в основу розроблених технологічних рекомендацій з холодильного збереження ІВК.

У п'ятому розділі представлені результати досліджень по використанню ІВК у харчовій промисловості. Так як застосування топінамбура в основному відомо в хлібобулочній, кондитерській, консервній, молочній промисловостях і мало вивчено в м'ясній галузі, то проводилися дослідження з застосування ІВК у виробництві ковбасних виробів. Використовували ІВК як заміник цукру в рецептурах найбільш популярних у харчуванні ковбасних виробів з відповідним складом сировини, додаючи їм діабетичний характер і тим самим розширюючи асортимент м'ясної діабетичної продукції. Вносили ІВК у фарші ковбасних виробів з розрахунку, що масова частка в них інуліну буде дорівнювати масовій частці цукру по рецептурі.

Експериментальні дані показали поліпшення фарбування виробів (вуглеводи сприяють стабілізації фарбування), підвищення харчової цінності (з ІВК вносяться й інші корисні компоненти: білки, вітаміни, мінеральні речовини), зниження вологості і жирності фаршу, збільшення частки вуглеводів і деяке ущільнення консистенції, відзначене по величині граничної напруги зрушення (θ_0) для фаршу і граничної напруги зрізу (σ) для готових ковбасних виробів. Величина втрат інуліну при термообробці тісно зв'язана з видом застосовуваної ковбасної оболонки: при використанні традиційних, що володіють волого-, паро- і газопроникністю, відзначені втрати інуліну до 0,35 %; застосування сучасних видів оболонок, що мають низьку проникність, втрати інуліну зводяться до мінімуму (0,10-0,15 %) і навіть до їх відсутності.

У рецептуру ковбасних виробів вносили ІВК і як добавку, кількість якої було обґрунтовано розрахунками, виходячи з добової норми споживання людиною простих цукрів, замінних інуліном. З урахуванням масової частки інуліну в ІВК, концентрат вносили до 10 % до маси фаршу. Експериментально встановлено, що додавання ІВК сприяло поліпшенню технологічних властиво-

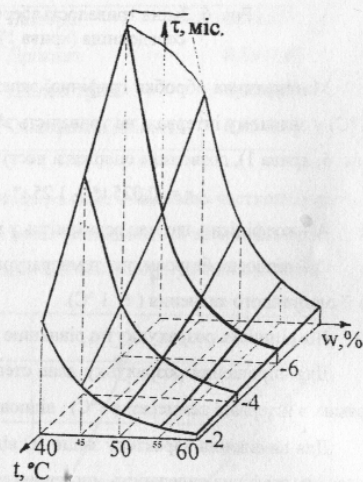


Рис. 7. Комплексна залежність тривалості збереження (τ) ІВК від його вологості (W) і температури середовища (t)

стей фаршу, але знижувало органолептичну оцінку готових виробів через зростання міцнісних властивостей і консистенції. Це потребувало внесення додаткової кількості води у фарш для одержання дослідних виробів з консистенцією контрольних зразків, оцінюваної за значеннями θ_0 і σ . За результатами досліджень було виведено співвідношення ІВК і води, яких необхідно дотримуватися при складанні фаршу: ІВК : вода = 1:0,73. Введення додаткової маси води у фарш збільшувало вихід виробів на 2-3 %, що підтверджено виробленням дослідної партії ковбасних виробів з ІВК в умовах виробництва.

Введення ІВК як добавки у фарш змінює хімічний склад фаршу, зокрема, дозволяє варіювати масовою часткою вуглеводів, а також величиною співвідношення суми білка і вуглеводів до жиру. Для комплексної оцінки хімічного складу фаршу з добавкою ІВК і готових виробів з нього запропоновано відповідні коефіцієнти (K'_ϕ , K'_κ), що відрізняються від раніше отриманих обліком змісту в них вуглеводів. Проведені дослідження і їхня математична обробка дозволила встановити кількісний зв'язок між хімічними і реологічними характеристиками продукту.

$$\theta_0 = A_\phi K'_\phi = A_\phi (B_\phi + Y_\phi) / \phi_\phi, \text{ Па} \quad (7)$$

$$\sigma = A_\kappa K'_\kappa = A_\kappa (B_\kappa + Y_\kappa) / \phi_\kappa, \text{ Па} \quad (8)$$

де A_ϕ , A_κ – коефіцієнти, що залежать від складу рецептури фаршу і готових виробів відповідно, Па; $A_{\phi, \text{ср.}} = 1010$ Па; $A_\kappa = 39000$, Па;

K'_ϕ , K'_κ – комплексна хімічна характеристика, що залежить від масової частки білків (B), вуглеводів (Y) і жирів (ϕ) у фарші і готових виробках.

Для розробки методики прогнозування якості м'ясних фаршевих виробів з ІВК на основі реологічних характеристик проводили аналітичну обробку експериментальних даних (рис. 8), при цьому за основу були прийняті рівняння, отримані проф. Косим В.Д. по визначенню реологічних характеристик як фаршу, оцінюваного величиною (θ_0), так і готових ковбасних виробів, оцінюваних величиною (σ), у залежності від їх хімічного складу.

Для прогнозування якості ковбасних виробів з використанням ІВК були



Рис. 8. Зміна граничного напруження зрушення (θ_0) для фаршу і граничного напруження зрізу (σ) для готових ковбасних виробів у залежності від комплексної хімічної характеристики фаршу (K'_ϕ) і готової продукції (K'_κ): 1 – докторська, 2 – молочна, 3 – свина.

отримані наступні залежності:

- для фаршевої системи:

$$\theta_0 = (a_0 - 7000 M_\Phi) \exp [4 \Phi_\Phi - (0,31 + 21 \Phi_\Phi^2) U_\Phi], \text{ Па} \quad (9)$$

$$\theta_0 = (a_0 - 1410 U_\Phi) \exp [4 \Phi_\Phi - (0,31 + 21 \Phi_\Phi^2) U_\Phi], \text{ Па} \quad (10)$$

- для готових виробів:

$$\sigma = (10 - 30 M_\kappa) 10^3 \exp [3 - (7,35 \Phi_\kappa - 0,3)] U_\kappa, \text{ Па} \quad (11)$$

$$\sigma = (10 - 57,7 U_\kappa) 10^3 \exp [3 - (7,35 \Phi_\kappa - 0,3)] U_\kappa, \text{ Па} \quad (12)$$

де a_0 – коефіцієнт, що залежить від складу рецептури: для 1-ї групи – 2120, другий – 2550;

M , Φ , U – відповідно у фарші і у готовому продукті: масова частка ІВК, вуглеводів, жирів і вологовміст, част. од.

Використовуючи цей алгоритм, можна розрахувати масу ІВК, яку необхідно ввести в рецептуру для одержання ковбасних виробів заданого хімічного складу і консистенції, оцінюваної структурно-механічними характеристиками.

За результатами досліджень розроблені технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання концентрату при виробленні продуктів діабетичного, лікувально-профілактичного і спеціального призначення.

ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена переробці нетрадиційного виду сировини – топінамбура, а також одержанню інулінвмісного концентрату (ІВК), його холодильному збереженню і використанню.

1. Встановлено, що для переробки найкраще використовувати бульби топінамбура з жовтою шкіркою, що містять більше інуліну. Бульби необхідно переробляти в період збору врожаю, тому що вони швидко втрачають вологу і свої технологічні властивості, а організація збереження (пересипання піском, ґрунтом) зв'язана з додатковими витратами.

2. Кількісно визначено зниження вологоутримуючої здатності рослинної тканини заморожених бульб топінамбура при різних ступенях здрибнювання і швидкості заморожування.

3. Запропоновано критерій оцінки якості методів попередньої обробки бульб, що дозволить встановити, що найбільш раціональним з розглянутих є метод бланшування НВЧ-нагріванням, що збільшує їх соковіддачу і інактивує окисні ферменти.

4. Встановлено, що кріоконцентрування соку топінамбура приводить до втрат сухих речовин і інуліну із блоком льоду, при цьому основна маса цих речовин знаходиться в його нижній частині в периферійних шарах.

5. Визначено раціональні режими концентрування соку з бульб топінамбура вакуум-

випарюванням, що дозволяють знижувати масову частку в ньому води до 45 %, збільшувати масову частку інуліну до 27,7 % при поліпшенні органолептичних показників одержуваного концентрату.

6. Показано перевагу вакуум-сублимаційного сушіння ІВК у порівнянні із соком і встановлені кількісні і якісні показники процесу й одержуваного продукту: порошкоподібний концентрат мав високу розчинність (82,5 %), містив 40 % інуліну і мав гарні органолептичні показники.

7. Розроблено методику розрахунку припустимих термінів збереження ІВК у залежності від масової частки в ньому води і температурних режимів холодильної обробки і встановлено, що холодильне збереження ІВК при температурі -5°C протягом 6 місяців зберігає якість ІВК по органолептичним і мікробіологічним показникам.

8. Науково обгрунтоване використання ІВК при готуванні ковбасних виробів в якості заміни цукру і внесеної добавки для одержання продуктів діабетичного, лікувально-профілактичного і спеціального призначень і розширення їхнього асортименту.

9. Розроблено аналітичні залежності й алгоритм прогнозування якості ковбасного фаршу і готових виробів з використанням ІВК заданого хімічного складу і консистенції із застосуванням методів інженерної реології.

10. Розроблено технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання ІВК, що апробовані в умовах виробництва.

11. Встановлено, що готові ковбасні вироби з ІВК мали вихід на 2-3 % вище контрольних зразків і характеризувалися гарними органолептичними показниками, що підтверджено виробничою перевіркою.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ ВИКЛАДЕНО В ПУБЛІКАЦІЯХ

1. Азаров А.В., Чумак И.Г. Определение рационального режима получения инулинсодержащего концентрата из сока топинамбура методом выпаривания // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Пища. Экология. Человек". – М.: МГУПБ. – 2001. – С. 189-190.

2. Азаров А.В., Чумак И.Г. Об эффективности работы вакуум-сублимационной сушки // Холодильная техника и технология. – 2001. - №1. – С. 42-46.

3. Азаров А.В., Чумак И.Г. Разработка рациональных режимов получения инулинсодержащего концентрата из сока топинамбура методами криоконцентрирования и выпаривания // Научные труды Московского государственного университета прикладной биотехнологии, посвящ. 100-ю проф. Федорова Н.Е. "Теоретические и практические основы развития процессов и аппаратов пищевых производств". – М.: МГУПБ, 2001. – С. 94-97.

4. Чумак И.Г., Азаров А.В. Определение рационального режима получения инулинсодержа-

шего концентрата из сока топинамбура методом криоконцентрирования // Тезисы докладов международной научно-технической конференции "Пища. Экология. Человек". – М.: МГУПБ. – 2001. – С. 190 – 191.

5. Азаров А.В., Чумак И.Г. Подготовка сырья к сублимационной сушке // Холодильна техніка і технологія. – 2001. - № 4. – С. 46-49.

6. Чумак И.Г., Азаров А.В., Юдина С.Б. Выбор метода предварительного концентрирования сока из топинамбура перед сушкой и определение его рационального режима // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – №5. – С. 53-54.

7. Азарова Н.Г., Демидов О.В., Азаров О.В., Волков М.С. Використання топінамбуру у м'ясних виробках // Збірник наукових праць Одеської державної академії харчових технологій. – Одеса: ОДАХТ, 2002. - № 23. – С. 144-146.

8. Азаров А.В., Чумак И.Г., Аниканов А.Г. Использование инулинсодержащего сырья для улучшения качества колбасных изделий // Сборник научных трудов "Теоретические и практические аспекты применения методов инженерной физико-химической механики с целью совершенствования и интенсификации технологических процессов пищевых производств". – М.: МГУПБ, 2002. – С. 33-36.

9. Азаров А.В., Чумак И.Г. Использование инулинсодержащего сырья в колбасном производстве // Мясная индустрия. – 2002. - №5. – С. 32-35.

10. Азаров А.В., Чумак И.Г., Аниканов А.Г. Получение инулинсодержащего сока и использование его для замены сахара в колбасных изделиях // Сборник научных трудов МГУПБ. – М.: Москва, 2002. – С. 37-41.

11. Азарова Н.Г., Азаров О.В., Драгнева С.М. Організація холодильного зберігання інулінвмісної сировини // Тези доповідей 63 наукової конференції ОНАХТ. – 2003. – С. 9.

12. Азаров А.В. Особенности холодильного хранения инулинсодержащего сырья // Холодильна техніка і технологія. – 2003.-№ 1.- С.63-65.

13. Азаров А.В. Влияние режимов замораживания на влагоудерживающую способность растительной ткани клубней топинамбура // Холодильна техніка і технологія. – 2003. - №3. – С.51-53.

АНОТАЦІЇ*

Азаров А.В. Разработка технологии получения и холодильного хранения инулинсодержащего концентрата и его использование в пищевой промышленности. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.14 – Холодильная технология пищевых продуктов. – Одесская государственная академия холода, Одесса, 2003.

Диссертация посвящена экспериментальным исследованиям по разработке технологии получения и холодильного хранения инулинсодержащего концентрата из сока топинамбура и его использование в пищевой промышленности.

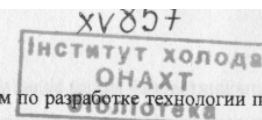
В ходе исследований установлено, что клубни топинамбура, обладающие уникальным углеводным комплексом, содержащим инулин, могут храниться только при создании специальных условий, препятствующих потере влаги клубнями. Поэтому клубни целесообразно перерабатывать в период их сбора. Продуктом переработки, наиболее сохраняющим свойства клубней, является сок, содержащий инулин и другие полезные компоненты. По разработанному критерию оценки качества методов предварительной обработки клубней установлено, что для увеличения сокоотдачи, интенсификации процесса обработки и инактивации ферментной окислительной системы, клубни топинамбура целесообразно бланшировать СВЧ нагревом до достижения температуры в их центре 62-63 °С. Для удобства хранения и сокращения производственных площадей полученный сок концентрировали.

Концентрирование сока проводили криоконцентрированием и вакуум-выпариванием. Установлено, что при криоконцентрировании происходит потеря инулина и других компонентов сока с блоком льда, поэтому концентрирование инулинсодержащего сока следует проводить вакуум-выпариванием при температуре не выше 45 °С в течение 2 ч, так как более продолжительная обработка приводит к деполимеризации водорастворимой фракции высокомолекулярных углеводов, к которым относится и инулин. При рациональных параметрах процесса массовая доля влаги в концентрате составляет 45%, инулина – 27,7 %.

Исследован процесс консервирования инулинсодержащего концентрата (ИСК) сушкой и низкими температурами. Установлено, что вакуум-сублимационная сушка ИСК имеет свои преимущества по сравнению с соком, при этом получаемый порошкообразный ИСК имеет хорошие органолептические показатели, высокую растворимость (82,5 %) и содержит 40 % инулина.

В ходе проведения исследований по холодильному хранению ИСК установлено, что активность воды в ИСК составляет 0,67, что приводит к развитию плесеней и слабому развитию осмофильных дрожжей, для подавления жизнедеятельности которых необходимо снижать температуру хранения. По результатам исследований получены математические зависимости, позволяющие определять допустимые сроки хранения ИСК в зависимости от его влажности и температуры хранения, что положено в основу разработанной методики холодильного хранения ИСК

Исследована возможность использования ИСК: в рецептурах мясных диабетических изделий для обогащения их инулином, в рецептурах наиболее популярных видов колбасных изделий для замены сахара и в виде растительной добавки. Установлено, что при введении ИСК сохраняется качество продуктов и придаются им диабетические свойства. Как добавку ИСК можно вводить в фарш колбасных изделий до 10 %, что упрочняет консистенцию и требует внесение в состав фар-



ша дополнительной массы воды, увеличивающей выход готового продукта на 2-3%. Для контроля консистенции получаемой продукции использовали метод инженерной реологии. По результатам исследований разработаны аналитические зависимости и алгоритм прогнозирования качества мясного фарша и готовых колбасных изделий для здорового и профилактического питания заданного химического состава и консистенции. Основные результаты работы апробированы в условиях производства.

Ключевые слова: топинамбур, инулин, концентрирование, консервирование, хранение, диабетические свойства, инженерная реология.

Азаров О.В. Розробка технологій одержання і холодильного зберігання інулінвмісного концентрату і його використання в харчовій промисловості. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеню кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.14 – Холодильна технологія харчових продуктів. – Одеська державна академія холоду, Одеса, 2003.

Дисертацію присвячено експериментальним дослідженням з розробки технології одержання і холодильного зберігання інулінвмісного концентрату (ІВК), здобутого із соку бульб топинамбура з використанням раціональних режимів технологічних процесів, і його використання в харчовій промисловості.

Встановлено, що бульби топинамбура вимагають спеціальних умов збереження, тому більш доцільно їх переробляти з одержанням соку. За запропонованим критерієм оцінки методів попередньої обробки бульб встановлено, що найбільш раціональним є бланшування НВЧ-нагріванням. Сік зберігають у виді інулінвмісного концентрату (ІВК), для одержання якого сік піддають вакуум-випарюванню.

Консервування ІВК проводять вакуум-сублімаційним сушінням чи холодильною обробкою. Проведені дослідження з холодильного збереження ІВК і наступна математична обробка даних дала можливість одержати рівняння для розрахунку тривалості збереження ІВК у залежності від його вологості і температури середовища. Розроблено технологічні рекомендації з холодильного збереження і використання ІВК.

Науково обгрунтоване використання ІВК у ковбасних виробках як заміник цукру і добавки для одержання продуктів діабетичного призначення.

Ключові слова: топинамбур, інулін, концентрування, консервування, збереження, діабетичні властивості.

Azarov A.V. Development of obtaining technology and refrigeration storage of inuline containing concentrate and its application in food industry. - Manuscript.

Thesis for a candidate's scientific degree (engineering) in speciality 05.18.14 – Refrigeration technology of foodstuffs. - Odessa State Academy of Refrigeration, Odessa, 2003.

The thesis is devoted to the experimental investigation in the development of obtaining technology and refrigeration storage of inuline containing concentrate (ICC) extracted from juice of artichoke tubers with the usage of rational modes of technological processes and its application in food industry.

It has been found out that tubers of artichoke demand special conditions of storage. That is why it is more profitable to process them with juice obtaining. According to the proposed method of preliminary tubers treatment it has been determined that the most rational is blanching them with the help of super-high frequency heating. The obtained juice is stored in the form of the ICC which is obtained by vacuum evaporation of the juice.

Conservation of the ICC is realized by vacuum sublimation drying or refrigeration treatment. The carried out research on refrigeration storage of ICC and the mathematical date processing gave the opportunity to get the equation for storage time calculation of the ICC depending on its humidity and temperature medium. Technological recommendations for refrigeration storage and application of the ICC have been worked out.

Application of the ICC in cooked meats as a substitute for sugar and as an addition for diabetic foodstuffs has been scientifically proved.

Key words: artichoke, inuline, concentration, conservation, storage, diabetic properties.