

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ХАРЧУВАННЯ ТА ТОРГІВЛІ

**ГРУШЕЦЬКИЙ РОМАН ІВАНОВИЧ**

УДК 664.994: 547

**НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТА РОЗРОБЛЕННЯ  
КОМПЛЕКСНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ФРУКТАНІВ  
І ДІЄТИЧНИХ ДОБАВОК НА ОСНОВІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

Спеціальність 05.18.16 – технологія харчової продукції

**АВТОРЕФЕРАТ**

дисертації на здобуття наукового ступеня  
доктора технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Інституті продовольчих ресурсів Національної академії аграрних наук України.

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор, член-кореспондент Національної академії аграрних наук України  
**Хомічак Любомир Михайлович**,  
Інститут продовольчих ресурсів, завідувач відділу технології цукру, цукровмісних продуктів.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор  
**Євлаш Вікторія Владленівна**,  
Харківський державний університет харчування та торгівлі, завідувач кафедри хімії, мікробіології та гігієни харчування;

доктор технічних наук, професор  
**Гніцевич Вікторія Альбертівна**,  
Київський національний торговельно-економічний університет, професор кафедри технології і організації ресторанного господарства;

доктор технічних наук, професор  
**Хомич Галина Панасівна**,  
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», завідувач кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства.

Захист відбудеться 28 грудня 2018 р. о 9<sup>30</sup> на засіданні спеціалізованої вченої ради Д64.088.01 Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Із дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського державного університету харчування та торгівлі за адресою: вул. Клочківська, 333, м. Харків, 61051.

Автореферат розісланий 26 листопада 2018 р.

Учений секретар спеціалізованої вченої ради



В.М. Онищенко

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Незбалансованість в структурі харчування людини спричинили значний ріст захворювань, в основі яких є порушення вуглеводного і ліпідного обмінів: кількість хворих на цукровий діабет зростає, проблеми з серцево-судинною системою має кожна друга людина, а надлишкова маса тіла й ожиріння виявляється в 55% людей, старших за 30 років. Залучення до раціону харчування фруктанів групи інуліну і зокрема високомолекулярного інуліну (ВМІ), який є складовою частиною фруктанів, дозволяє покращити загальний стан здоров'я людини шляхом нормалізації вуглеводного і ліпідного обміну речовин, знизити негативний вплив хронічного стресу та несприятливих екологічних умов, які виснажують інсуліновий апарат і ослаблюють імунну систему.

Реальні переваги використання високомолекулярних фруктанів (ВМФ) в якості інгредієнта для дієтичних добавок пов'язані з тим, що вони мають природне походження, технологія їх одержання не передбачає застосування хімічних реагентів, а сировина для їх одержання – лікарські рослини, які мають позитивний вплив на екологію оточуючого середовища.

За даними Grand View Research до 2024 року світовий ринок дієтичних добавок сягне 278,02 мільярдів доларів США, при цьому складний середньорічний приріст в період з 2016 по 2024 року буде становити 9,6%. Тому однією з важливих задач сьогодення є пошук перспективної сировини для дієтичних добавок, збагачених ВМІ, який має здатність знижувати підвищений рівень цукру в крові, коефіцієнт атерогенності і сприяє нормалізації маси тіла.

Вагомий внесок в розвиток даного напрямку зроблено цілою низкою вітчизняних і зарубіжних вчених: І.С. Гулий, Л.Д. Бобрівник, П.О. Карпенко, М.І. Пересічний, Н.В. Притульська, В.І. Дробот, А.М. Дорохович, Л.М. Хомічак, В.І. Смоляр, Л.А. Карнаушенко, А.П. Левицький, А. Fuchs, Roberfroid та ін. Однак, проблематика одержання і дослідження полісахаридів направленої дії, а також дієтичних добавок з їх використанням, що позитивно впливають на вуглеводний та ліпідний обмін речовин, є досить складною і недостатньо вивченою.

Розроблення і впровадження технології комплексної переробки фруктанвмісної сировини, створення технологій дієтичних добавок з використанням ВМІ сприятиме покращенню їх біохімічного складу, розширенню спектру властивостей, превентивної дії, позитивному впливу на організм людини і дозволить вирішити важливу проблему покращення стану здоров'я населення, що є актуальним питанням та має важливе загальнодержавне значення.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційна робота пов'язана з виконанням програми наукових досліджень НААНУ «Біотрансформація сільськогосподарської сировини в продукти харчового і технічного призначення в процесі формування національної продовольчої системи», зокрема за темами науково-дослідних робіт Інституту продовольчих ресурсів №0113U002188 «Розробити технології харчових продуктів з використанням функціональних інгредієнтів», №0114U001489 «Науково обґрунтувати та розробити інноваційні технології комплексної переробки цукро- і фруктанвмісної сировини з

отриманням цукрів, глюкозо-фруктозних сиропів та інших харчових інгредієнтів», №0116U002449 «Наукові основи формування властивостей фруктанів інулінової групи в залежності від їх молекулярної маси та конформаційної структури» та №0116U002450 «Теоретичні основи створення харчової продукції спеціального призначення на основі рослинної сировини».

**Об'єкт дослідження** – технології отримання високомолекулярних фруктанів групи інуліну та дієтичних добавок на їх основі.

**Предмети дослідження** – топінамбур, цикорій, оман, кульбаба, лопух, скорцонера, процеси екстрагування, соковиділення, очищення, осадження та сушіння, інуліни із середнім ступенем полімеризації (ССП) 20 і вище, їх фізико-хімічні властивості, дієтичні добавки.

**Методи дослідження** – органолептичні, фізико-хімічні, структурно-механічні, мікробіологічні, медико-біологічні, методи комп'ютерного оброблення експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

**Мета і задачі досліджень.** Метою дисертаційної роботи є наукове обґрунтування та розроблення комплексної технології переробки фруктанвмісної сировини з одержанням високомолекулярних інулінів із збереженням їх просторової структури та природних властивостей і інших продуктів харчування, а також обґрунтування науково-теоретичних і практичних аспектів проектування та одержання фруктанвмісних дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів.

Відповідно з поставленою метою сформульовані такі задачі досліджень:

- розробити методологію проектування інулінвмісних дієтичних добавок;
- дослідити фізико-хімічні властивості ВМФ;
- методом математичного моделювання визначити оптимальні умови осадження ВМФ із маточних розчинів;
- методом комп'ютерного моделювання змодельовати просторову будову фруктанів з різною молекулярною масою;
- науково обґрунтувати та розробити технології комплексної переробки інулінвмісної сировини з одержанням ВМФ;
- науково обґрунтувати та розробити технології переробки відходів фруктанового виробництва з одержанням харчових продуктів;
- вивчити якісний і кількісний вуглеводний склад інулінвмісної сировини та дослідити основні закономірності накопичення фруктанів в період вегетації та при зберіганні;
- науково обґрунтувати і розробити інноваційні технології дієтичних добавок для оздоровчого харчування з використанням ВМФ;
- дослідити медико-біологічні властивості та показники безпечності фруктанів і розроблених дієтичних добавок;
- впровадити новітні технології інулінвмісних дієтичних добавок на підприємствах та оцінити конкурентну здатність розроблених дієтичних добавок;
- обґрунтувати економічну та соціальну ефективність запропонованих технологій.

**Наукова новизна роботи.** Наукова новизна отриманих результатів полягає у розвитку науково-практичних положень і створенні методології отримання фруктанів на основі вибору раціональних параметрів технологічного циклу фракціонування складових фруктанвмісних рослин залежно від їх біохімічних і фізико-хімічних властивостей.

*Вперше:*

- виявлено залежність фізико-хімічних властивостей фруктанів від виду сировини та способу фракціонування її складових, що забезпечує отримання продукту прогнозованої якості в системі сировина–інулін;

- теоретично обґрунтовані та розроблені наукові положення інноваційної біотехнології високомолекулярних фруктанів із різної інулінвмісної сировини з отриманням інуліну зі ступенем полімеризації (СП) 30 і більше одиниць;

- теоретично обґрунтовано і експериментально підтверджено параметри агротехнології культивування традиційних і дикоростучих інулінвмісних рослин в лісостеповій зоні України, що забезпечує їх найбільш ефективний біологічний потенціал в умовах багаторічного вирощування;

- клінічними дослідженнями доведено доцільність використання отриманих високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі як таких, що мають лікувально-профілактичну дію при цукровому діабеті, порушеному ліпідному обміні та патологіях ендокринної системи.

*Отримали подальший розвиток дані щодо:*

- технологічних закономірностей формування хімічного складу, фізико-хімічних властивостей фруктанів від способу їх вилучення, що забезпечує автентичність їх просторової структури;

- обґрунтування рецептур та створення технології дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів;

- розроблення концепції комплексного перероблення інулінвмісної сировини та утилізації відходів.

**Практична цінність роботи.** За результатами реалізації теоретичних і експериментальних досліджень апробовано і впроваджено технології високомолекулярних фруктанів із фруктанвмісної рослинної сировини та розроблених дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення.

Розроблено та затверджено «Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах» (2015 р.). Розроблено і затверджено нормативну документацію на дієтичні добавки (ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий)», ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий», ТУУ 19116716.003-98 «Концентрати інулінові ягідні, плодові», ТУУ 19116716.003-98 «Біологічно активні харчові добавки «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну», ТУУ 15.8-19116716-005-2003 та ТУУ 15.8-35633283-001-2009 «Добавки дієтичні на основі інуліну». Проведені медико-біологічні дослідження підтверджують лікувально-профілактичну дію розроблених дієтичних добавок на основі фруктанів.

**Реалізація результатів роботи.** Проведені промислові випробування одержання інуліну із нетрадиційної рослинної сировини на базі цеху виробництва

продтоварів (с. Сунки, Черкаська обл.). На 2-му цукрозаводі ім. Петровського (сmt. Олександрівка, Кіровоградська обл.) змонтована промислова лінія для виробництва ВМІ, виробничою потужністю 10 тон інулінвмісної сировини на годину.

Розроблені технології одержання високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі впроваджені та використовуються МП ТОВ «Інулін, лтд» та ТОВ «НВП Інулан, лтд» згідно із затвердженою нормативною та технологічною документацією.

Отримані результати клінічного випробування інулінів дають змогу зробити висновок, що одержаний за розробленою технологією інулін має високу біологічну активність і може бути використаний для лікувально-дієтичного харчування хворих на цукровий діабет 1 і 2 типу та імунодефіцитів, які виникли у хворих внаслідок дії малих доз радіації. Проведений комплекс медико-біологічних досліджень показав, що після тримісячного прийому ВМІ патологічні зміни в основних органах живого організму були відсутні. Таким чином, можна стверджувати, що ВМІ є ефективною дієтичною добавкою з високою біологічною активністю та є нетоксичним харчовим продуктом.

**Особистий внесок здобувача** полягає у формулюванні актуальності теми, наукової концепції роботи та її теоретичному та експериментальному підтвердженні, розробці програми та проведенні аналітичних і експериментальних досліджень у лабораторіях та виробничих умовах, аналізі й узагальненні отриманих результатів, формулюванні висновків і пропозицій, у підготовці результатів досліджень до публікації та складанні заявок на об'єкти інтелектуальної власності, розробці нормативної документації, впровадженні науково-технічних розробок у виробництво.

Автором особисто проведені дослідження по визначенню оптимальних параметрів технологічних стадій розроблених технологій (агротехнічні характеристики та термін зберігання рослинної сировини, виділення ВМІ із сировини в стані, придатному до подальшої переробки, дослідження методів очищення розчинів і осадження ВМІ та його висушування), запропоновані нові підходи до вирішення проблеми виділення ВМІ та утилізації відходів інулінового виробництва, розроблені способи фракціонування сумішей полімергомолів інуліну, розроблені пакети НД на інуліни, одержані із різних інулінвмісних культур, впроваджено технології на підприємстві. Дослідження кристалічності, термостабільності та молекулярно-масового розподілу зразків інулінів проведено в лабораторії та на обладнанні наукового відділу компанії «SENSUS» (Нідерланди) за участі докторів Theo L. Hoeks та E.M.A.G. Waterschoot, за згоди керівника наукового департаменту компанії, доктора Paul J. Visschedijk. Розроблена комп'ютерна модель молекули ВМІ – разом із проф. О.М. Греховим, І.С. Гулим та Л.Д. Бобрівником. Проведення оцінки інулінового ринкового потенціалу України – разом з Ir. L. Toftoul, MBA Ukraine Promotion (Нідерланди). Ряд досліджень виконано в процесі роботи в Інституті продовольчих ресурсів НААН України з д.т.н., проф. Л.М. Хомічаком та к.т.н. І.Г. Гриненко. Математичне моделювання процесу осадження ВМІ виконане на базі НУБіП разом із В.О. Мірошніком.

**Апробація результатів дисертації.** Результати досліджень, що включені до дисертації, було оприлюднено на: III International Fructan Conference (1996, Logan, Utah, USA); Sixth Seminar on Inulin (1996, Braunschweig, Germany); International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients (1997, Київ); Seventh Seminar on Inulin (1998, Leuven, Belgium); Eighth Seminar on Inulin (1999, Lille, France); Ninth Seminar on Inulin (2002, Budapest, Hungary); 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium (2008, Sapporo, Japan); III та IV Міжнародних науково-практичних конференціях «Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи» (2015, 2016 рр., Київ) та інших заходах апробаційного характеру.

**Публікації.** За результатами досліджень опубліковано 53 наукові праці, у тому числі: 1 монографія; 32 статті, серед яких 22 – у наукових фахових виданнях України (з них 4 – у виданнях, що включені до міжнародних наукометричних баз), 1 – у науковому періодичному виданні іншої держави з напряду, із якого підготовлено дисертацію; 2 патенти України на винахід; 14 тез доповідей та матеріалів конференцій, симпозіумів і семінарів; 3 посібника; 1 збірник рецептур.

**Об'єм роботи.** Дисертаційна робота складається з анотації, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, що включає 292 найменування, в т.ч. 159 іноземних, та додатків. Основний зміст дисертації викладено на 270 сторінки, містить 100 рисунків та 62 таблиці.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи та її значення у вирішенні проблеми створення дієтичних добавок лікувально-профілактичної дії для населення України з порушеним обміном речовин, визначено зв'язок роботи з науковими програмами та темами, сформульовано мету та задачі дослідження, новизну, практичне значення одержаних результатів, відомості щодо апробації та реалізації роботи, визначено особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** «Сучасний стан та перспективи розвитку новітніх технологій переробки фруктанвмісної сировини та одержання дієтичних добавок на основі фруктанів» (аналітичний огляд літератури) на підставі аналізу науково-технічної інформації проведено моніторинг світового виробництва дієтичних добавок та фруктанів групи інуліну, узагальнено відомості щодо біологічних властивостей, структури, біосинтезу та одержання фруктанів, проведено аналіз рослинної сировини для виділення та виробництва фруктанів, узагальнено дані використання інуліну в якості дієтичної добавки.

Визначено соціальні, технологічні та науково-технічні передумови створення технологій фруктанів та дієтичних добавок на їх основі.

Одержані дані стали підґрунтям для формулювання задач, спрямованих на вирішення мети дисертаційної роботи.

У **другому розділі** «Об'єкти та методи досліджень» визначені основні напрямки проведення експериментальних та наукових досліджень, розроблена програма їх реалізації, встановлені методологічний підхід і етапи проведення досліджень, спрямованих на розробку технологій комплексної переробки

фруктанвмісної сировини з метою одержання дієтичних добавок на основі фруктанів та продуктів харчування із відходів їх виробництва. Схема основних напрямків та етапів аналітичних і експериментальних досліджень наведена на рис. 1.



Рис. 1. Схема основних напрямків та етапів аналітичних і експериментальних досліджень

Приведені гідротермічні умови 2012 року на Київщині, в рік проведення одночасного вирощування фруктанвмісних культур.

Клітинний сік рослинної сировини в лабораторних умовах отримували шляхом подрібнення коренеплодів та бульб і віджимання мезги за допомогою гвинтового преса, або на відцентровій соковижималці СВШПП-302.

Суспензії низько- та високомолекулярного інулінів отримували за допомогою побутової морозильної камери при температурі  $-15\dots-20^{\circ}\text{C}$  та холодильника за  $5^{\circ}\text{C}$ .

Порошки низько- та високомолекулярного інулінів отримували шляхом фільтрування суспензій на воронці Бюхнера з подальшим висушуванням відфільтрованого осаду в сушильній шафі при температурі  $40^{\circ}\text{C}$ .



Для визначення урожайності фруктанвмісної сировини в різні терміни вегетації на експериментальних ділянках вибирали площу розміром 2×5 м, що відповідно становило 10 м<sup>2</sup> площі, з якої викопували всі бульби чи корені вирощуваної сировини. Бульби чи корені мили, висушували та зважували. Вага сировини з даної площі, помножена на 1000, давала урожайність досліджуваної культури з га.

Для визначення фракційного складу інуліну використовували рідинну хроматографію високого тиску HPLC на приборі DIONEX. Метод має високу точність, похибка вимірювань складає до ±3%.

Визначення мікроелементного складу ВМІ проводились за допомогою автоматизованого комплексу «ЭКОВЬЮ-1.0».

Комплекс дозволяє проводити рентгено-флуоресцентний аналіз біологічних, твердих, рідких, сипучих, а також нанесених на поверхні та осаджених на фільтри проб на вміст хімічних елементів від AL (атомний номер 13) до Pu (атомний номер 94) в широкому діапазоні концентрацій.

Дослідження термостабільності ВМІ проводились методом термогравіметрії на приладі марки PERKIN-ELMER 7-ї системи. Прилад дозволяє вимірювати зміну ваги дослідного зразка при динамічному підвищенні температури від 20°C до 130°C. Точність вимірювання температурних та вагових параметрів складає 0,01%.

Дослідження просторової будови та ступеню гідратації молекул та глобул проводили за допомогою методу електронної фотографії. Метод дозволяє одержувати фотознімки поверхні зразків із збільшенням до 500 разів. В даній роботі використане збільшення у 250–400 разів.

Під час визначення складу та фізико-хімічних властивостей продуктів у процесі дослідження технологічних показників соків проводили аналізи згідно із загальними прийнятими методиками: вміст сухих речовин (СР) – рефрактометрами лабораторним РПЛ-3, прецизійним РПЛ-1 та універсальним УРЛ-1; кольоровість визначали колориметром КФК-3 при довжині хвилі 540 нм; рН<sub>20</sub> – іонометром Эв-74 та рН-150; температуру – за допомогою ртутного термометра Vemerúles-125 з точністю до ±0,2°C.

Про стан ліпідного обміну судили по визначенню вмісту тригліцеридів, бета-ліпопротеїдів, загальних ліпідів, холестерину в крові.

Визначення креатину, сечовини в крові і сечі пацієнтів проводили фотометричним методом за допомогою реактивів Біо-Ла-Тесте (Чехія).

Визначення білку в крові і сечі проводили фотометричним методом, що базується на вимірюванні оптичної густини забарвлених продуктів реакції (метод Лоурі).

Загальний клінічний аналіз крові включав визначення концентрації гемоглобіну, швидкості седиментації еритроцитів (ШСЕ), підрахунок кількості клітин, визначення кольорового показника, вивчення морфології клітин.

Глюкозу крові і сечі визначали ферментативним глюкозооксидазним методом.

Вміст ацетону в сечі визначали індикаторними смужками «Кето-фан» (Чехія).

Для виділення лімфоцитів із крові використовували модифікований метод А. Водіт, для чого до градієнту фіколлверографін густиною 1.082 г/см, що містив 10

mM ЕДТА, додавали кров, наполовину розведену середовищем 199 на розчині Хенкса, центрифугували 30 хв при 400 об. Отримані з інтерфазної поверхні клітини відмивали середовищем 199 і потім використовували для визначення Т- і В-лімфоцитів.

В печінці визначали глікоген за допомогою ШИК-реакції з контролем з амілазою.

Точність отриманих результатів з врахуванням усіх факторів, які мали місце в досліді, визначається точністю використовуваних приладів та методик досліджень і способами обробки та узагальнення накопичених експериментальних даних. У більшості приладів і методик, які ми використовували для визначення величин вмісту СР, низькомолекулярного (НМ) та ВМІ, рН<sub>20</sub>, кольоровості, та ін., похибка результатів вимірювання коливалась в межах не більше 3% (помилка спостереження).

Кількісне дублювання дослідів при визначенні впливу різних факторів для кожної з методик визначали за методами планування експериментів, виходячи з вибраної наперед точності кінцевих результатів досліджень і дублювання окремих показників у попередніх дослідіях.

У дисертаційній роботі наведені середньостатистичні дані експериментів, середньоквадратичні відхилення яких розраховані за наведеною методикою і становлять для: чистоти – 0,15%; кольоровості – 2,5%; білкових сполук – 0,04%; швидкості седиментації – 0,3%, вмісту зв'язаної води – 2,0%.

У **третьому розділі** «Дослідження основних стадій виділення фруктанів із інουλівмісної сировини та фізико-хімічних властивостей інулів із різною молекулярною масою» наведено результати фізико-хімічних, хімічних, хроматографічних, термогравіметричних, ґрунтово-кліматичних досліджень та досліджень фруктанвмісних рослин, які є науковим обґрунтуванням розроблення технологій фруктанів із рослинної сировини.

Для обґрунтування технологій фруктанів доцільно дослідити *зміни кількісного та якісного складу фруктанвмісної сировини протягом зберігання*. Для визначення максимально можливого терміну зберігання сировини були поставлені наступні експерименти. Сировину (коріння та бульби) закладали на зберігання в кагат. Середню пробу (1 кг) відбирали кожен п'ятий день протягом тридцяти діб. У відібраних зразках визначали вихід соку, сухі речовини соку і вихід ВМІ, за допомогою рідинної гель-хроматографії аналізували кількісний і якісний склад інулів, одержаних із свіжої сировини та із сировини після 30 діб зберігання.

Аналізувалися бульби топінамбуру, коріння цикорію, лопуха, кульбаби та скорцонері.

Одержані дані показали, що вже на 15 добу бульби топінамбуру втрачають більше половини ВМІ, і його використання в якості сировини для одержання ВМІ доцільне тільки у свіжому вигляді. Лопух у період зберігання змін практично не зазнав, вміст ВМІ з СП>15 зменшився лише на 2%, корені не втратили початкову вологу, не зазнали гниття та пліснявіння. Тому корені лопуха можна переробляти на ВМІ протягом довгого часу. У випадках із кульбабою, скорцонерою та цикорієм спостерігалась інша картина. Ці культури протягом зберігання не зазнали значної

шкоди від гнійної мікрофлори та пліснявіння, практично зберегли вологу коренів. Але вміст ВМФ із СП>15 у виділених зразках значно зменшився: у коріннях цикорію – на 18,5%, скорцонери – на 10,0%, кульбаби – на 16,5%. Слід відмітити, що ці культури протягом перших 15 діб зберігання практично не втрачають ВМІ. Тому можна сказати, що промислова переробка коренеплодів цих культур, з метою одержання ВМІ з максимальним виходом, доцільна протягом 15 діб з моменту викопування.

Важливими питанням для успішного вирішення завдання одержання фруктанів є *дослідження процесів подрібнення сировини та одержання соку*.

Основним завданням виділення фруктанів із рослинної сировини є максимальне збереження його молекулярної маси. З метою визначення впливу високих температур при екстрагуванні інуліну на його фракційний склад і вибору методу виділення фруктанового комплексу, були проведені експериментальні виділення фруктанів із коренів лопуха пресовим та екстракційним методами.

*Екстракційний метод.* Брали 1000 г коренів лопуха, нарізали пластинами розмірами 3×3×12–20 мм, заливали водою у кількості 1300 мл і при температурі +70°C проводили екстрагування протягом 30 хвилин. Екстракт відділяли на металевих ситах і фільтрували через фільтр-діагональ. Одержаний екстракт охолоджували до +5°C і витримували протягом 12 годин для осадження інуліну. Одержаний осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при температурі +40°C до моменту, коли маса його залишалася незмінною.

*Метод пресування.* Із 10 кг коренів лопуха за допомогою соковижималки одержували сік, охолоджували його до +5°C і витримували протягом 12 годин. Одержаний осад відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при температурі +40°C до моменту, коли маса його залишалася незмінною.

Зразки фруктанів аналізували за допомогою рідинної гель-хроматографії. Одержані результати показали, що застосування екстракції приводить до зниження максимальної молекулярної маси одержуваного інуліну, в даному випадку із 25,6% в інуліну, одержаного пресовим методом, до 19,9% в інуліну, одержаного методом екстракції. Також знизився і середній ступінь полімеризації із 34 до 30 одиниць. Тому для подальших досліджень був обраний пресовий метод виділення фруктанових комплексів із сировини.

Були проведені дослідження щодо визначення виходу соку в залежності від методу подрібнення інулінвмісної сировини. Розглядали подрібнення за допомогою різання, роздавлення, розтирання та мелення.

В результаті досліджень встановлено, що найбільший вихід соку був із сировини, подрібненої розтиранням та меленням, а процес пресування потрібно вести при товщині подрібненої сировини в пресі в межах 15–25 см і перед пресуванням провести відділення вільно витікаючого соку (сік-самотік).

Дослідження цього процесу проводилось на гідравлічних пак-пресах періодичної дії при надлишковому тиску 100 ата. Фільтруючий матеріал – мішкочина. Сухі речовини жмиха після пресування – не менше 32%. Температура соку повинна підтримуватися не нижче 20°C для того, щоб уникнути втрат інуліну із жмихом.

Було встановлено, що збільшення тиску до 150 ата порушує губчасту структуру мезги, і сік стає мутним. Під час процесу пресування при 100 ата такі явища не спостерігалися.

Дуже мале значення для виходу соку має і застосування методу витримування на різних ступенях тиску.

В даній роботі проведені дослідження впливу теплової обробки сировини на вихід соку із рослинної сировини.

Одержані результати показали, що нагрівання інулінвмісної сировини на 10°C підвищує вихід соку на 10–15%, що дозволяє підвищити вихід інуліну на 1–2% по масі сировини.

Для визначення впливу температури рослинної сировини перед переробкою на вуглеводний склад соку було проведено наступну серію дослідів.

Проби фруктанвмісної сировини нагрівали до 30°C, 40°C та 50°C, подрібнювали та відділяли сік пресовим методом та методом центрифугування. Сік фільтрували, охолоджували до 5°C і витримували 15 год до повного осадження інуліну. Осад відфільтровували, висушували і аналізували за допомогою гель-хроматографії HPLC (табл. 1).

Таблиця 1

### Молекулярно-масовий розподіл інуліну

Зразок	Фракційний склад фруктанів, %.					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
ВМС	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1
Глюкоза	0,5	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2
Фруктоза	0,4	0,7	0,5	0,3	0,5	1,1
Цукроза	0,4	0,6	0,5	0,5	0,3	0,2
СП 3-14	22,2	18,6	19,7	18,8	17,1	14,6
СП 15-19	18,8	12,6	13,7	14,0	14,7	15,4
СП 20-24	17,1	12,5	13,3	13,4	14,6	15,8
СП 25-29	13,3	11,3	11,5	11,6	12,3	12,3
СП 30-39	18,8	20,0	20,5	20,7	20,6	21,5
СП 40-44	3,7	7,0	6,1	6,3	6,6	7,1
СП > 45	4,7	16,3	13,9	14,0	12,9	11,7

Примітка: №1 – пресовим методом без підігрівання сировини;

№2 – методом центрифугування з підігріванням сировини до 50°C;

№3 – пресовим методом з підігріванням сировини до 50°C;

№4 – методом центрифугування без підігрівання сировини;

№5 – пресовим методом з підігріванням сировини до 40°C;

№6 – пресовим методом з підігріванням сировини до 30°C.

Аналіз одержаних даних показав, що підігрівання сировини перед її переробкою з метою одержання ВМІ суттєво впливає не тільки на вихід соку (в середньому +6%), але й на його вуглеводний склад. Збільшення температури сировини на 10°C дає в середньому збільшення ССП на 2–3 од. Збільшення

температури  $>50^{\circ}\text{C}$  приводить до часткової денатурації білків рослинної сировини, що приводить до зменшення виходу соку.

Для дослідження впливу ультразвукових коливань на вихід соку була використана лабораторна віброплощина, яка характеризувалася частотою коливань 20000 кол/хв.

Сировина після подрібнення поміщалась у вібраційний прилад і піддавалася вібрації протягом 10 хв, далі відділяли сік пресовим методом і визначали вихід соку.

Встановлено, що вихід соку підвищується із топінамбуру, цикорію, кульбаби та скорцонери, а для лопуха та оману ультразвукова обробка не дала позитивного результату, що можна пояснити різною клітинною структурою та жорсткістю волокон сировини.

Проводились дослідження процесів очищення соків та екстрактів. Більшість речовин, що супроводжують інулін, теж мають свою біологічну дію, виділення інуліну в абсолютно чистому вигляді призведе до зниження його біологічної активності. Основною метою очищення має бути видалення тих речовин, які заважають подальшому процесу осадження інуліну із інулінових розчинів, а також можуть погіршити органолептичні показники кінцевого продукту.

У фруктанвмісній сировині поруч із вуглеводами міститься значна кількість пептидів та амінокислот, що може призвести до утворення меланоїдинів (реакція Майяра). Найбільше значення для утворення меланоїдинів має наявність в реакційній суміші глюкози та фруктози. Варто зазначити, що із фруктозою реакція Майяра протікає значно швидше. В цій реакції можуть приймати участь також олігосахариди.

В даній роботі проводили дослідження очищення соків та екстрактів за допомогою активованого вугілля. Для встановлення ефекту знебарвлення за допомогою активованого вугілля до порцій соків та екстрактів інулінового виробництва додавали активоване вугілля (від 1% до 10% до сухих речовин), суспензію витримували в термостаті при різних температурах (від  $40$  до  $70^{\circ}\text{C}$ ) протягом певного проміжку часу (від 5 до 70 хвилин), після чого вугілля відфільтровували. По зниженню інтенсивності світлопоглинання розчину розраховували ефект знебарвлення. Встановлено, що ефект знебарвлення в кислому середовищі вищий, ніж в лужних, виходячи з чого при очищенні варто віддати перевагу вугіллю марки «Б», що має кислу реакцію водної витяжки і може застосовуватися в нейтральних і слабокислих середовищах. Для оцінки зміни забарвлення в часі за кожні 10 хвилин обробки ізомелізатів вугіллям відбирали проби, в яких вивчали інтенсивність поглинання при однаковому розбавленні. При цьому основна частина барвних речовин поглиналась в перші 20–30 хвилин обробки (в залежності від температурного режиму), а потім ступінь адсорбції змінювався мало.

Для встановлення оптимальної кількості вугілля, яку потрібно витратити на одноразове очищення порції екстракту, визначали залежність ефекту знебарвлення розчину від відносної кількості вугілля, в процентах до СР фруктанів у пробі. Визначено, що ефект знебарвлення суттєво зростає у разі збільшення кількості вугілля від 1% до 3% до СР цукрів, потім змінюється лише

незначно. При цьому він сягає лише 25% і не перевищує 35% в екстремальних випадках. Застосування триразового очищення вугіллям не призвело до помітного підвищення ефекту знебарвлювання.

Було досліджено знебарвлювання соків і екстрактів інулінового виробництва при пропусканні їх через колонки, заповнені іонітами, дозволеними в харчовій промисловості – КУ-2-8 і АВ-17-2П. Застосування КУ-2-8 в Н+-формі привело до суттєвого ефекту знебарвлювання, але одночасно і до зменшення вмісту ВМІ та зниження середнього СП (у даному випадку від 22,9 до 14,6) в елюатах у порівнянні з вихідним розчином. Це може бути пояснено тим, що, з одного боку, протікає гідроліз інуліну (за рахунок каталітичної дії Н+-форми), а з іншого, має місце часткова адсорбція полісахариду на смолі. Це підтверджується порівняльним аналізом розчинів за допомогою рідинної гель-хроматографії до і після обробки катіонітом. Також призводить до часткового гідролізу ВМІ і застосування аніоніту АВ-17-2П. Для порівняння: при застосуванні КУ-2 середній ступінь полімеризації знизився на 12,3 од, тоді як при застосуванні аніоніту – на 11,2 од. Ступінь знебарвлювання соків та екстрактів за допомогою катіонітів сягав 50%, а аніонітом – 60% за кімнатної температури і незначного нагрівання. Термостатування колонок з іонітами за температур вище 60–70°C призводить до псування смоли.

Інше питання, яке постає в процесі розробки технології фруктанів: як впливає очищення на мікро- та макро елементний склад інуліну? Тому був проведений наступний експеримент: зразок інуліну очищали від мінеральних домішок в декілька стадій: розчинення → фільтрація → іонообмінна хроматографія на аніоніті АВ-17-2В → кристалізація → фільтрація → сушіння.

У взятих і одержаних зразках проводили порівняльний аналіз вмісту деяких мінералів до і після очищення.

Із одержаних даних можна зробити висновок, що очищення аніонітом практично видаляє із одержаного продукту всі корисні мікро- та макро елементи.

*Дослідження умов осадження фруктанів* – одна із найважливіших задач в розробці технології фруктанів. Виходячи з досліджень якісного та кількісного складу натуральних соків інулінвмісної сировини, можна вважати, що основними чинниками, які впливають на осадження ВМІ, є наступні: температура; концентрація моно-, ди- та трисахаридів; концентрація низькомолекулярного інуліну (НМІ) СП 4-8; концентрація речовин білкової природи; концентрація пектинових речовин; концентрація ВМІ; час осадження; концентрація дегідратантів; рН розчину.

Для визначення впливу температури на осадження ВМІ брали 10 проб по 100 мл 10% розчину ВМІ (ССП 24–26 од.). Першу пробу заморожували при температурі -10°C, другу витримували при температурі 5°C, останні 8 проб витримували відповідно при температурах 10, 15, 20–45°C. Всі проби залишали на 24 год, після чого осад, що утворився у кожній пробі, відфільтровували на беззольних фільтрах і, після висушування до постійної ваги при температурі 25°C, зважували. Відмічено, що з підвищенням температури осадження вихід кінцевого продукту знижується, а ССП фруктанів, одержаних при вищих температурах, вища. Це можна пояснити тим, що розчинність моно-, ди-, три-, та низькомолекулярних фруктанів різко

зростає з підвищенням температури, тоді як ВМФ із ССП 25 і вище лише починають розчинятися.

Для визначення оптимальних умов осадження ВМІ в присутності моно-, ди- та НМ-інуліну в залежності від їх концентрації в робочому розчині було поставлено серію дослідів: в присутності глюкози; в присутності НМ-інуліну; в присутності цукрози; (рис. 2–4).

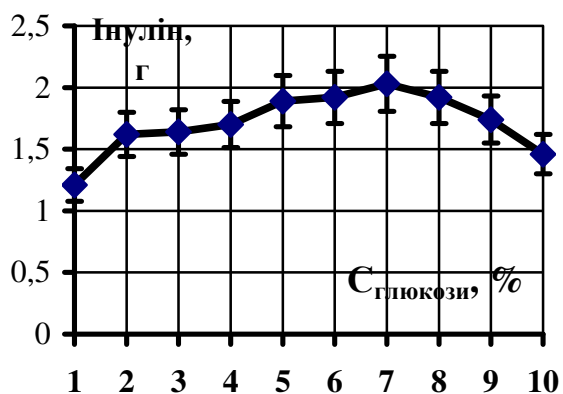


Рис. 2. Осадження ВМІ з розчинів глюкози

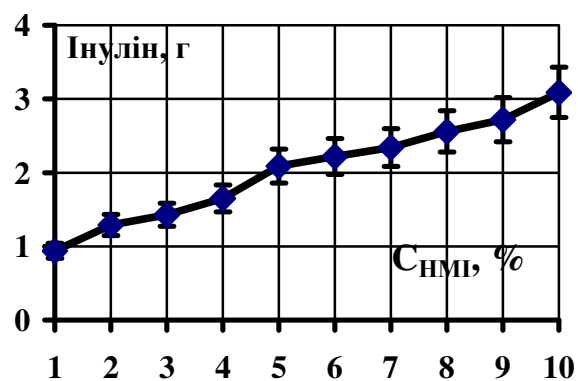


Рис. 3. Осадження ВМІ з розчинів НМІ

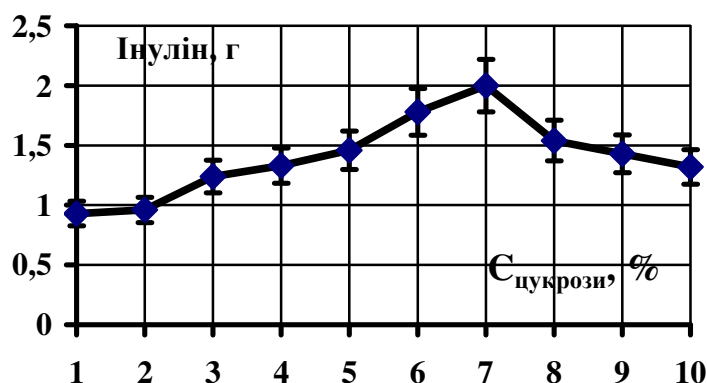


Рис. 4. Осадження ВМІ з розчинів цукрози

Дослідження проводились за такою схемою. У випадку з глюкозою брали 20 г ВМІ із ССП 30 на 100 мл дистильованої води і розчиняли при 70°C. Паралельно готували розчин глюкози (20 г на 50 мл води). Розчин інуліну розділили на 10 порцій по 10 мл і послідовно по наростаючій додавали відповідно 1, 2, 3–10 мл розчину глюкози до кожної проби.

Всі зразки поміщали в холодильну камеру при температурі 3–5°C на 24 год. Одержаний осад відфільтровували на вакуум-фільтрі через беззольний папір. Осад висушували при температурі 20–25°C та інтенсивному вентиляванні і зважували.

У випадках з фруктафітом (НМ-інулін) та цукрозою застосовувалася та ж сама схема, лише контрольні розчини НМ-інуліну і цукрози готувалися з розрахунку 50 г на 100 мл води. Середньостатистична похибка результатів становила  $\pm 5\%$ .

З отриманих даних можна зробити висновок, що глюкоза при низьких та високих концентраціях (до 7% та вище) утримує ВМІ в розчині, тоді як НМ-інулін

співосаджується з ВМІ з ростом його концентрації в розчині. Що стосується цукрози, то вона веде себе в інулінових розчинах двояко: при низьких концентраціях не впливає на осадження, при збільшенні концентрації від 3 до 7% співосаджується з ВМІ (до 20% цукрози від маси, внесеної в розчин), а при концентрації більше 7% маса цукрози, що співосаджується з ВМІ, знижується. Тому сказати, що цукроза дає стабілізуючий ефект по відношенню до інуліну, не можна.

Вплив часу осадження на вихід ВМФ із соків, отриманих із інулінвмісної сировини, досліджувався наступним чином. Сік із 10 кг свіжовикопаної сировини відділяли на соковижималці і фільтрували через бельтинг. З отриманого соку відбирали 7 проб по 100 мл і поміщали в холодильну камеру при температурі 0°C. Час осадження: 1 проба – 2 год, 2 проба – 4 год, 3 проба – 6 год, 4 проба – 8 год, 5 проба – 10 год, 6 проба – 12 год, 7 пробу – витримували до повного осадження фруктанів.

Одержаний осад кожної проби відфільтровували на беззольному фільтрі і висушували при кімнатній температурі до постійної ваги. Кількість осадженого ВМІ визначали ваговим методом. Відмічено, що кількість осадженого інуліну збільшувалась із збільшенням часу витримування.

Для визначення молекулярно-масового розподілу фруктанів, які осаджуються за різні проміжки часу, одержані наважки ВМІ кожної проби розчиняли у дистильованій воді до концентрації 5% і проводили гель-хроматографію на сефадексі G-50.

Аналіз одержаних гель-хроматограм показує, що після 2-х годин осадження починають випадати в осад фруктани із молекулярною масою >3500, і завершується цей процес після 8-ї години. Фруктани із молекулярною масою 2500–3500 починають осаджуватись через 4 години витримування, і завершується процес через 10 годин. Загальний висновок: для практично повного осадження ВМФ із нормальних соків фруктанвмісної сировини достатньо 12 годин витримування за температури 0°C.

Визначено вплив рН середовища на седиментаційні властивості та кількісне осадження інуліну. Для проведення експерименту було приготовано 7 проб. Проби готували наступним чином. 10 г інуліну із ССП 25 заливали 70 мл дистильованої води. Інулін набухав протягом 2-х діб, після чого його розчиняли при  $t=75^{\circ}\text{C}$ . Отримані розчини охолоджували, доводили до об'єму 80 мл і за допомогою 0,1N HCl та NaOH в пробах змінювали рН середовища від 4 до 10. Об'єм суспензій в стаканах було доведено до 100 мл, перевірено рН і залишено для контролю на 24 год.

Після контролю знову перевірено рН, і де потрібно, проведена незначна корекція.

Отримані суспензії були перенесені в мірні циліндри на 100 мл з ціною поділок 1 мл, і протягом 8 год проведено спостереження за седиментаційною здатністю інуліну при різних рН середовища.

Після 24-годинного витримування суспензії було перенесено в центрифужні стакани, і осаджено інулін при частоті обертання ротора центрифуги 3000 об/хв.

Одержаний вологий інулін було висушено при  $t=65^{\circ}\text{C}$  протягом 3 діб (табл. 2).



Таблиця 2

**Залежність швидкості седиментації та виходу інуліну від рН середовища**

№ з/п	рН	Об'єм суспензії (см <sup>3</sup> ) в залежності від часу седиментації, год										Вихід інуліну, г
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	24	
1	3,95	100	94	90	85	81	76	72	65	61	55	5,14
2	5,10	100	92	86	78	72	66	58	49	43	43	3,89
3	6,05	100	99	90	70	58	47	36	32	32	32	3,49
4	7,00	100	99	90	85	80	75	70	63	59	47	3,83
5	8,05	100	99	86	75	67	60	52	45	44	44	4,40
6	8,92	100	99	89	82	76	71	65	57	53	53	4,78
7	10,0	100	99	93	89	84	80	75	68	63	54	4,45

Як видно із одержаних даних, рН середовища незначною мірою впливає на швидкість седиментації інуліну, проте, значно впливає на кількість осадженого інуліну. При нейтральному або близькому до нього рН (6–8) вихід інуліну на 20–30% нижчий, ніж при кислому (4) та лужних (8–10) значеннях рН.

При дослідженні процесів осадження інуліну було помічено, що фракції інуліну з більшою молекулярною масою осаджуються швидше, тоді як НМІ довший час знаходяться у розчині. Тому було зроблено припущення, що створивши умови, при яких інулін починає випадати в осад, і поступово в часі відбираючи інулін, який переходить у нерозчинний стан, можна фракціонувати фруктани, одержуючи при цьому інуліни із різною молекулярною масою.

В даній роботі досліджувалась можливість фракціонування інуліну етиловим спиртом.

Було встановлено, що основними факторами, які впливають на осадження ВМФ, є концентрація розчину інуліну, концентрація дегідратанта та тривалість процесу.

Так, концентрація розчину інуліну, який використовують для фракціонування, повинна бути не меншою 10%, оскільки при її збільшенні ВМФ самочинно осаджується незалежно від концентрації дегідратанта.

У випадку використання етилового спирту як дегідратанта його концентрація не повинна перевищувати 25%, оскільки за вищої концентрації етилового спирту досягається повне осадження ВМФ. Тому були обрані три концентрації етилу: 10% (мінімально можлива), 25% (максимально можлива) і 20% (проміжна) концентрації. Отримані суміші витримували певний час до появи осаду, який видаляли з розчину за допомогою центрифугування. Отриманий на 30-й хв осад досліджували гель-хроматографічно за допомогою Sefadex-50, а декантат залишали знову для отримання чергової порції осаду інуліну. Відбори проб для всіх зразків проводили через 30 хв, 3 год і 14 год. Такі часові проміжки обумовлені швидкістю осадження інуліну – через 30 хв викристалізовується тільки інулін із молекулярною масою >3500, далі, за нашими припущеннями, повинен кристалізуватися інулін із

молекулярною масою 2500–3500. 14 год витримування розчину обраний тому, що навіть без дегідратанта за такий строк інулін повністю осаджується.

Як показує аналіз гель-хроматограм, під впливом дегідратантів, незалежно від їхньої концентрації у вихідному розчині, у першу чергу в осад переходить інулін із більшою молекулярною масою (гель-хроматограми інулінів, одержаних після 3-х год), про що свідчить зміщення кривих гель-хроматограм вліво по осі X відносно гель-хроматограми вихідного інуліну та вищі значення  $D_0$  на 51–55 мл. Далі в осад після 14 год осадження переходять низькомолекулярні фракції вихідного інуліну, про що свідчать вищі значення  $D_0$  на 70–80 мл на кривих «14 год» у порівнянні з кривою вихідного інуліну.

В результаті одержання ВМІ з СП>60 одиниць в процесі виконання даної роботи була відмічена різниця у швидкості осадження інуліну із різною молекулярною масою, а саме: чим більша молекулярна маса, тим швидше з'являвся осад інуліну. Нами було зроблено припущення, що це явище зв'язане із різною розчинністю у воді фруктанів різної молекулярної маси.

Щоб перевірити це припущення, приготували три зразки фруктанів із різним молекулярно-масовим розподілом і ССП. Перший зразок із ССП $\approx$ 15, другий – ССП $\approx$ 25, третій – ССП $\approx$ 35. В якості першого зразка був використаний інулін торгової марки «Frutafit», виробництва Нідерланди. Для другого зразка використали інулін, одержаний із цикорію та переосаджений при температурі 30°C, для максимально можливого видалення низькомолекулярних фракцій інуліну і одержання потрібного ( $\approx$ 25) ступеня полімеризації. В якості третього зразка використали інулін, одержаний із лопуха і переосаджений при температурі 40°C, для одержання потрібного ступеня полімеризації. Молекулярно-масовий розподіл та середній ступінь полімеризації підтверджували за допомогою рідинної хроматографії. Визначали розчинності всіх зразків інулінів (рис. 5).

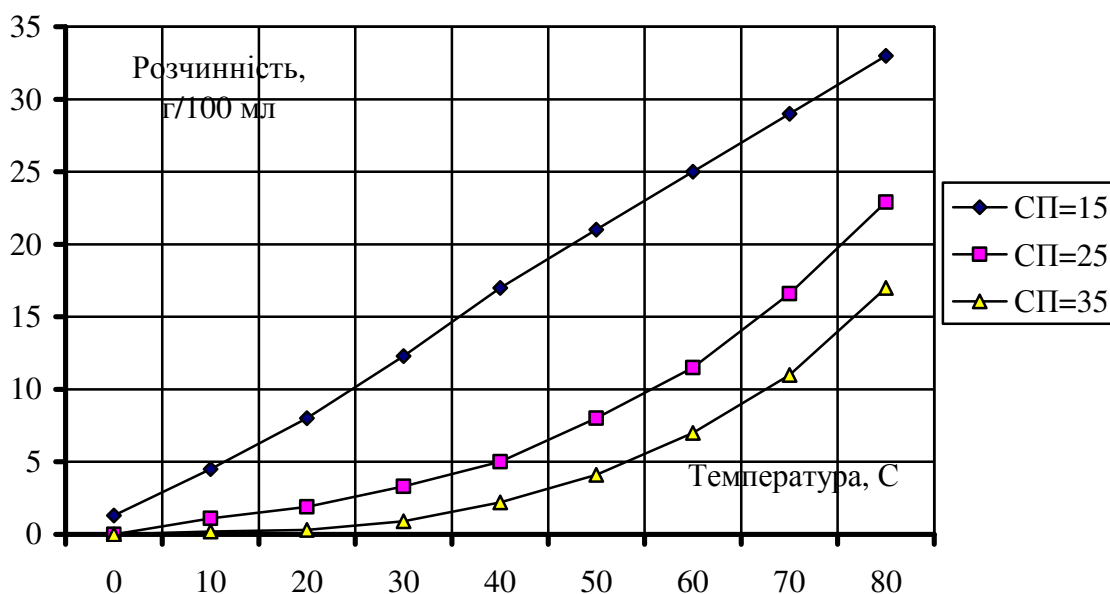


Рис. 5. Розчинність фруктанів у воді

Аналіз кривих розчинності фруктанів із різною молекулярною масою суттєво відрізняється: НМІ з  $СП \approx 15$  починає розчинятися вже при  $0^\circ\text{C}$ , інулін із  $СП \approx 25$  розчиняється при  $10^\circ\text{C}$ , а високомолекулярний із  $СП \approx 35$  розчиняється тільки при температурі, вищій за  $30^\circ\text{C}$ . Встановлено, що і при високих температурах різниця також зберігається: при  $50^\circ\text{C}$  розчинність інуліну із  $СП \approx 15$  становить 210 г/л,  $СП \approx 25$  – 83 г/л, інуліну із  $СП \approx 35$  – тільки 30 г/л води.

На основі цих досліджень в залежності від молекулярної маси інулінів ми запропонували наступну класифікацію фруктанів:

- 1 група інулінів із середнім ступенем полімеризації 15 – ІНУЛІД;
- 2 група інулінів із середнім ступенем полімеризації 25 – ІНУЛІН;
- 3 група інулінів із середнім ступенем полімеризації 35 – ІНУЛАН;

У процесі одержання різних модифікаційних форм інуліну була зроблена спроба визначити, від яких характеристик інуліну залежить різниця фізико-хімічних властивостей  $\alpha$ - та  $\beta$ -інулінів. Оскільки кількісний та якісний склад цих форм при їх різних властивостях однаковий, було зроблено припущення, що їхні фізико-хімічні властивості залежать від їх просторової будови та ступеня гідратації молекул та глобул. Підтвердити це припущення стало можливим за допомогою електронної фотографії.

Для одержання таких фотознімків наважку 100 г інуліну із ССП полімеризації 27 розчинили у 500 мл дистильованої води при температурі  $50^\circ\text{C}$  і охолодили. Далі пробу розділили на дві рівні частини (проба 1 і проба 2). Пробу 1 помістили в холодильник при температурі  $5^\circ\text{C}$  і витримували до повного осадження інуліну. Процес осадження контролювали кожні 20 хв, за зміною  $CP$  міжкристального розчину, починаючи із 3-ї години витримання, і вели до тих пір, поки  $CP$  не залишалися незмінними протягом 1 год. Далі осад відфільтровували на беззольному фільтрі (отриманий корж інуліну фотографували при збільшенні у 250 разів, (рис. 6)) і висушували в сушильній камері за температури  $40^\circ\text{C}$ .

Пробу 2 змішували із етиловим спиртом у пропорції 1:1. Витримували протягом однієї години до повного охолодження та завершення процесу осадження інуліну, осад відфільтровували на беззольному фільтрі (отриманий корж інуліну фотографували при збільшенні у 250 разів (рис. 7)) і висушували в сушильній камері при температурі  $40^\circ\text{C}$ . Щоб підтвердити однаковий кількісний склад одержаних зразків, проводили рідинну хроматографію.

Аналіз одержаних фото показав, що відсотковий вміст часток з розміром  $>8$  мкм, які утворюються в процесі одержання  $\alpha$ -інуліну, практично у два рази більший, ніж у випадку із  $\beta$ -інуліном, тоді як відсотковий вміст часток з розміром  $<8$  мкм у 1,5–2 рази менший. Це можна пояснити наявністю більшої кількості кристалічної вологи у зразку  $\alpha$ -інуліну, за рахунок того, що при осадженні із води зразок не зазнає впливу дегідратанта, у даному випадку – етанолу, а осаджується самодовільно. Також можна припустити, що енергія поверхневого зв'язку молекула інуліну–вода набагато менша, ніж аналогічна для зв'язку етанол–вода.



Рис. 6. Знімок поверхні зразка  $\alpha$ -інуліну (1×250)



Рис. 7. Знімок поверхні зразка  $\beta$ -інуліну (1×250)

*Желюючі властивості фруктанів із різною молекулярною масою.* Раніше було помічено, що при концентраціях, перевищуючих 20 г інуліну у 100 мл розчину, утворюється гелеподібна суспензія. Причому існує два методи утворення гелів: «холодний» і «гарячий».

«Холодний» метод передбачає наступні операції приготування: диспергування олігофруктози в воді при температурі 20°C – ретельне перемішування (міксер) протягом 15–20 хвилин – гелеутворення (витримання при температурі холодильника).

«Гарячий» метод: диспергування інуліну в воді при 20°C – нагрівання розчину до 80°C при перемішуванні – перемішування протягом 5 хвилин – охолодження – витримання протягом 10 годин при температурі холодильника.

Дослідження показали, що для утворення гелів на основі НМІ краще підходить «холодний» метод, тоді як для утворення гелів на основі ВМІ потрібно використовувати «гарячий» метод.

Проведені дослідження залежності міцності гелю від температури, від ступеня полімеризації та концентрації фруктанів показали, що всі фруктани за певних умов мають здатність утворювати гелі, але ВМФ утворюють міцніші гелі, ніж низькомолекулярні фруктани.

Утворення гелів фруктанів відбувається за першим типом, тобто за рахунок біфілярних спіралей. Це і пояснює той факт, що ВМІ мають більш вищу здатність до желювання, ніж низькомолекулярні. Оскільки молекули фруктанів з низькою СП мають лінійну структуру, утворена тривимірна структура менш розвинута, ніж у фруктанів з високим ступенем полімеризації, які мають молекулу, закручену в спіраль.

Здатність фруктанів, особливо ВМФ, утворювати пастоподібні маси може суттєво заважати в процесі переробки інулінвмісної сировини. Необхідно було знайти спосіб, за допомогою якого стало б можливим зруйнувати міжмолекулярні зв'язки фруктан–білок–пектин і вивільнити зв'язану таким синергізмом вологу, не спричинивши вивільнення кристалічної води фруктанів та не допустити їх деструкції.

Знаючи про використання ультразвукових коливань у побуті для прання тканин, ми припустили, що процес відділення бруду, адсорбованого волокнами

тканини, може дати результат при відділенні адсорбованої комплексом фруктан–білок–пектин вологи.

Для перевірки впливу ультразвуку на молекулу фруктану готували модельну суспензію у пропорції 25 г ВМФ у 75 мл води і обробляли ультразвуком протягом одної години, в якості збудника УЗ-коливачів використовували побутовий пральний прибор, частота коливачів 20 кГц/с. Хроматографічні дослідження ВМФ до та після обробки показали, що змін якісного складу ВМФ не відбулося. При цьому суспензія ВМФ розділилась, з'явилась явно виражена лінія розділу суспензія–вода, і об'єм суспензії зменшився зі 100% до 27%.

Паралельно провели дослід з натуральним неосвітленим соком цикорію, який був одержаний зі свіжих коренів методом соковіджиму і охолоджений до +5°C. СР соку – 28, що приблизно відповідає попередньому досліду.

Вже після 10 хв УЗ-обробки з'явилась лінія розділу, і після 30 хв вона стабілізувалась. Остаточний об'єм суспензії склав 43% від 100% початкових. Різниця в об'ємах суспензій після УЗ-обробки в моделі і соку можна пояснити тим, що в модельній суспензії використовували чистий ВМФ, а в соку разом з ВМФ в утворенні суспензії брали участь наявні у суміші пектин та розчинний білок, які за рахунок більшої ніж у ВМФ молекулярної маси утворюють більші глобули у воді за рахунок більшої кількості кристалічної вологи, яка не відділяється УЗ-коливачами.

Для проведення дослідження здатності фруктанів до набухання готували три групи інулінів з різним СП: 1 група – Олігофруктоза (ССП≈15), 2 група – Інулін (ССП≈25) і 3 група – ВМІ (ССП≈35). Фруктани кожної групи розділяли на три зразки, готували із них 20% розчини і осаджували за допомогою різних методів: зразки 1 кожної групи – за допомогою обробки ультразвуком (20 кГц), зразки 2 кожної групи – охолодженням до 0–5°C без заморожування і в зразках 3 випаровували воду при t=25°C, в вакуумі при розрідженні 1 ата. Одержаний осад відфільтровували і висушували в мікробіологічній сушильній шафі при температурі 25°C до постійної ваги, після чого проводили процес набухання для кожного зразка. Паралельно визначали динаміку процесу.

Одержані дані показали, що найбільша здатність до набухання притаманна зразкам Інулін-3 та ВМІ-3, тобто зразкам, одержаним при випарюванні розчинів. Ці ж дані підтверджуються і дослідженнями динаміки набухання.

Для порівняння всіх одержаних зразків було досліджено їх вологість і густину. Було відмічено, що із збільшенням молекулярної маси зразка збільшується густина розчину та кінцева вологість порошку після висушування.

Встановлено, що саме такі способи обробки суспензій як випарювання і зниження температури забезпечують утворення зразків, які утримують більше вологи. Це, в свою чергу, свідчить про різну просторову структуру молекул в розчині. Відмінності в густині свідчать про те, що в результаті обробки суспензій інуліну різними методами утворюються фруктани з різними властивостями, що є важливим чинником при виборі методу осадження фруктанів із розчинів при розробці технологій їх одержання та виробництва.

На сьогодні в літературі недостатньо інформації про просторову будову довголанцюгових фруктанів, про їх електронну структуру та розподіл зарядів на

атомах інулінового ланцюга. Тому було зроблено спробу моделювати ланцюг з великою кількістю атомів (різні набори мономерів) з оптимізацією геометричних параметрів. Опис структур різних інулінових форм був зроблений за допомогою програм, що базуються на розрахунках молекулярної механіки, молекулярної динаміки та напівемпіричного квантово-хімічного методу.

Були досліджені моделі з різним числом фруктофуранозних кілець та різним стартовим просторовим розміщенням на різних стадіях розрахунків. Водночас були проаналізовані ланцюги з одним, двома або без глюкопіранозних циклів, всього більш як 100 різних моделей. Довжини ланцюгів вибирались такими, які містили 12, 24 або 48 фруктофуранозних кілець з одним глюкопіранозним циклом на кінці деяких ланцюгів. Розрахунки базувались на стандартному методі молекулярної механіки ММ+ – програмі силових полів, а також з використанням методу молекулярної динаміки. Комп'ютерні програми забезпечують знаходження оптимальних структур, що відповідають даним механічним моделям. Було визначено моделі із найнижчою та найвищою енергією.

Згідно із наведеними даними модель №2 (рис. 8) характеризується найнижчою енергією, а модель №3 (рис. 9) – найвищою. Просторова структура моделі №2 (рис. 8), з нашої точки зору, відповідає конфігурації такого типу інуліну, який спонтанно формується у водному розчині. Геометрія моделі №3 лінійна (рис. 9).

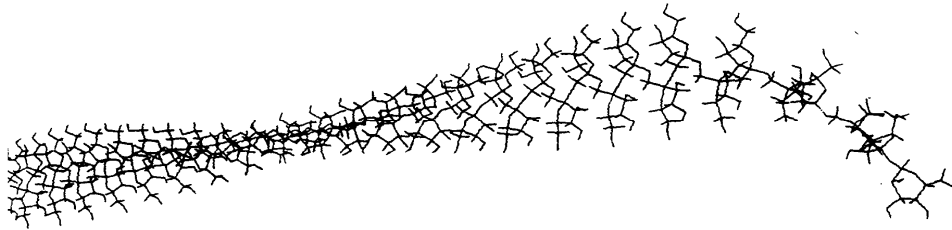


Рис. 8. Просторова структура моделі молекули інуліну №2

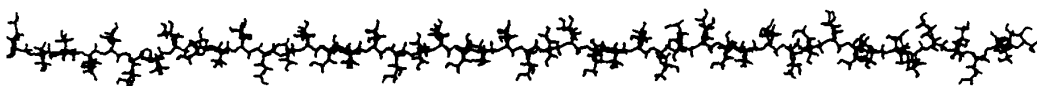


Рис. 9. Просторова структура моделі молекули інуліну №3

Можна припустити, що інулін зі спіральною конфігурацією формується в особливих умовах гідратації. Тому можна висловити думку, що різні форми фруктанів, відомі під назвами  $\alpha$ -,  $\beta$ -, та  $\gamma$ -інулін, відрізняються за своїми фізико-хімічними та біологічними властивостями в силу різної просторової будови. Ця просторова будова зумовлена умовами гідратації осаджуваних фруктанів. Очевидно, різні конформації фруктанового ланцюга залежать від співвідношення міжмолекулярних та внутрішньомолекулярних водневих зв'язків, які має молекула фруктану в певних умовах утворення фаз.

З метою оптимізації процесу осадження ВМФ етиловим спиртом із водяних розчинів та зменшення кількості лабораторних дослідів по вивченню цього процесу було розроблено математичну модель. Вихідними даними послуговували вихід

фруктанів в часі в залежності від концентрації етанолу в розчині, що було одержано в процесі вивчення можливості фракціонування фруктанів. Були обраховані лінії рівня осадження в координатах концентрації спирту і часу осадження.

Одержані залежності осадження ВМІ від концентрації етанолу в розчині і часу осадження не дозволяють визначити якісь оптимальні строки чи концентрації, оскільки є лінійними. Тому для оптимізації процесу були виділені критерії важливості: 1,0 – загальна важливість, з якої 0,5 – важливість виходу ВМІ, 0,2 – час процесу і 0,3 – концентрація етанолу.

Для визначення оптимальних параметрів процесу була використана програма переведення натуральних значень локальних критеріїв оптимальності в безрозмірну форму методом Харрінгтона.

За одержаними за допомогою цієї програми кривих оптимізації була застосована програма знаходження максимального значення критерію оптимальності з двовимірного масиву та врахувані оптимальні параметри виходу ВМІ при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$ : концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМІ складе 1,083.

Щоб вирішити питання *висушування ВМФ* позитивно, потрібно було дослідити термостабільність інуліну, вміст кристалічної вологи, його здатність витримувати температурну обробку без змін кольору і органолептичних показників та визначитись з апаратурним оформленням процесу.

Методом термогравіметрії визначили, що вміст адсорбованої води у дослідному зразку, яка втрачається у температурному проміжку 110–130°C, складає 1,5 г/100 г інуліну.

Для визначення впливу температури на органолептичні показники порошку інуліну брали 5 проб ВМІ, виділеного із лопуха, з ССП>25, нагрівали їх до температур: 1 пробу – до 50°C, 2 пробу – до 70°C, 3 пробу – до 90°C, 4 пробу – до 110°C, 5 пробу – до 130°C. Після витримування всіх проб протягом 30 хвилин візуально визначали зміну кольору та запаху зразків. У перших трьох зразках ніяких змін не сталося, четвертий зразок змінив колір із сірувато-білого до світло-коричневого, а інулін п'ятої проби розплавився, забарвився у темно-коричневий колір та набув запаху, притаманного цукровій карамелі.

Проведені порівняльні експериментальні висушування ВМФ на сушарках різних типів (розпилювальна сушарка, гіротермічна сушильна камера) показали, що вони дають можливість одержувати порошки фруктанів із кінцевою вологістю 5–6%, що вказує на втрату порошками кристалічної вологи (за рахунок інтенсивного відбору води при висушуванні), вміст якої у ВМФ коливається в межах 10%.

Кращі результати були одержані при випробуванні тунельної сушарки, призначеної для висушування кускового цукру-рафінаду. Сушильний агент – повітря з температурою 45–50°C, час висушування в залежності від молекулярної маси – 3–5 годин, кінцева вологість продукту – 10–11%. Як показав експеримент, кінцева вологість та час висушування знаходяться у прямій залежності: чим вищий СП фруктану, тим більше часу потрібно для його висушування та вища постійна кінцева вологість. Високий вміст вологи (>10%) у кінцевому продукті вказує на те,

що кристалічна вода при такому режимі висушування залишається в молекулі фруктану, не порушується її нативна будова, а значить, біологічна дія таких фруктанів буде висока, і вони якнайкраще можуть бути використані в якості інгредієнтів для дієтичних добавок лікувально-профілактичного харчування.

У **четвертому розділі** «Розроблення технологій комплексної переробки фруктанвмісної рослинної сировини» проведено аналіз можливих втрат молекулярної маси фруктанів на стадіях виробництва, розробка іноваційних технологій фруктанів, проведено пошук фруктанвмісної сировини із вмістом інуліну із СП>35 од. та розробку технологій з використанням відходів фруктанового виробництва.

Дослідження різних інулінвмісних культур показали наявність у деяких із них інулінів із середнім СП>35–45 од. та вмістом інуліну із СП=60 і більше од. Це, насамперед, інула висока (оман) та лопух. Оскільки фізико-хімічні властивості інуліну із ССП=25 та із ССП=35 і більше одиниць різні, нами було запропоновано називати інулін із середнім СП>35 – ІНУЛАН. Виділення інулінів із такими характеристиками неможливе традиційними методами, які використовуються для одержання інуліну із цикорію або топінамбуру, насамперед, за рахунок низької розчинності інуланів у воді, навіть при підвищеній (70°C) температурі, яка застосовується в екстрагуванні інуліну при переробці цикорію.

На основі проведених досліджень та вивчених фізико-хімічних властивостей інулінів із СП>35 од. була розроблена комбінована технологічна схема одержання ВМІ із інулінвмісної сировини.

Схема включає такі основні технологічні операції.

**Миття.** → **Подрібнення** проводять за допомогою пальцевої механічної терки. Для одержання максимального виходу соку із сировини розмір найбільших частинок сировини після терки не повинен перевищувати 2 мм. → **Відділення соку** здійснюють пресовим методом за допомогою гідравлічного поворотного пак-преса при робочому тиску 100 ата, або за допомогою фільтруючої центрифуги. Фільтруючий матеріал – мішкловина. Вихід соку  $\approx 35\%$  для топінамбуру. Сухі речовини жмиха не менше 32%. Щоб запобігти втрат інуліну із жмихом, температура соку повинна бути не нижче 18–20°C. Сік перед фільтрацією обробляють порошком сульфату натрію з розрахунку 1 кг сульфату на 1 м<sup>3</sup> соку. При цьому рН соку має бути не нижче 7. Для підвищення рН застосовують харчову соду. Одержаний після відокремлення соку **жмих** може містити, в залежності від виду сировини, до 30% ВМІ, який викристалізувався у процесі відділення соку. Цей інулін характеризується високою молекулярною масою та низькою розчинністю. Тому для його виділення застосовано метод **екстрагування** (варіння). Суть методу полягає в тому, що жмих змішують із водою та фільтратом після промивання інуліну у співвідношенні 1:1:0,5 і кип'ятять протягом 5 хв до постійних СР рідкої фази. Екстракт відділяють на металевих ситах і фільтрують, після чого його направляють на охолодження, де змішують із основною масою соку, а жмих направляють на корм худобі. → **Фільтрування** соку проводять на фільтр-пресах через матеріал типу Бельтинг або фільтрдіагональ. Призначення даної операції – видалення залишків клітковини та зависей речовин білкової природи. → **Охолодження** проводять у теплообміннику, який замкнений на коло з мішалками-кристалізаторами.



Охолоджувальний агент – аміак. Охолодження ведуть до кінцевої температури соку 3–5°C. → **Осадження** інуліну відбувається у мішалках-кристалізаторах при температурі  $\approx 5^\circ\text{C}$ . Потрібна температура підтримується за допомогою охолоджуючих «сорочок», куди подається «льодяна» вода. Час кристалізації може бути від 10 до 24 годин, в залежності від СР соку, а також від молекулярної маси фруктанів. Швидкість седиментації знаходиться у прямій залежності – чим більші СР соку та вища молекулярна маса фруктанів, тим менший час осадження фруктанів. Для прискорення процесу кристалізації та седиментації ВМІ, а також ущільнення осаду перед декантацією, що в подальшому полегшує процес фільтрації, застосовується електромагнітний збудник ультразвукових коливань з частотою 20 кГц. → Завдання послідовних процесів **декантації** та **фільтрування** – відділення осаду інуліну. Процес декантації ведуть за допомогою зливних кранів, вмонтованих по всій висоті кристалізатора. Злив проводять починаючи з верхнього крана, послідовно до нижніх, аж до появи в декантаті суспензії інуліну. Осад, що залишився, перемішують і подають на фільтрування. Процес ведуть на фільтр-пресах, фільтруючий матеріал – бельтинг або фільтрдіагональ. → Одержаний відфільтрований та підсушений осад **висушують** при температурі продукту, не вищій  $90^\circ\text{C}$ . Висушений до вологості 10% інулін перемелювали, класифікували за допомогою сит та пакували у паперові крафт-мішки по 25 кг.

Приведена схема дозволяє одержувати інулін із СП від 15 до 50 і більше одиниць.

При переробці інулінвмісної сировини, СП інуліну в якій не перевищує 25 од., технологічна схема спрощується. Відсутність в сировині інуліну із СП=35 і більше дозволяє не застосовувати екстракцію жмиха та виключає всі операції, пов'язані з нею. Втрати ВМІ у жмиху при цьому не перевищують 5–7% від його початкового вмісту у сировині.

Для підтвердження цього факту свіжовикопані корені лопуха, в один і той же день, переробили за комбінованою (пресування–екстракція) та спрощеною (пресування) схемами, а одержані інуліни проаналізували за допомогою рідинної гель-хроматографії. Зразок інуліну, одержаний за допомогою комбінованої схеми, містить 16,4% фракції із ступенем полімеризації, більшим ніж 35 одиниць, і максимальний СП =77, тоді як інший містить тільки 7,2% цієї фракції і максимальний СП=57.

Як показали медико-біологічні дослідження ВМІ, його активність залежить не тільки від молекулярної маси, а й від того, наскільки була збережена його нативна будова при виробництві. Також велику роль в збереженні біологічної активності готового продукту відіграє вміст мінеральних та білкових речовин, які притаманні рослинній сировині, з якої він був одержаний. Тому запропоновано технологію одержання нативного ВМІ (рис. 10).

Згідно запропонованої технології, будь-яка інулінвмісна рослинна сировина миється, подрібнюється до розмірів часток 1–2 мм і далі в гомогенізаторі розмелюється до пастоподібної маси. До одержаної пасти додається льодяна вода в пропорції 0,2:1. Суміш фільтрують на молекулярних ситах, залишки клітковини промивають льодяною водою, фільтрат охолоджують до температури  $5^\circ\text{C}$ ,

витримують у відстійнику-кристалізаторі з застосуванням ультразвукових коливань частотою 20 кГц до повного осадження інуліну. Декантують вільну вологу. Одержаний осад підсушують на відстійній центрифугі та висушують у конвективній сушарці при температурі не вище 50°C.

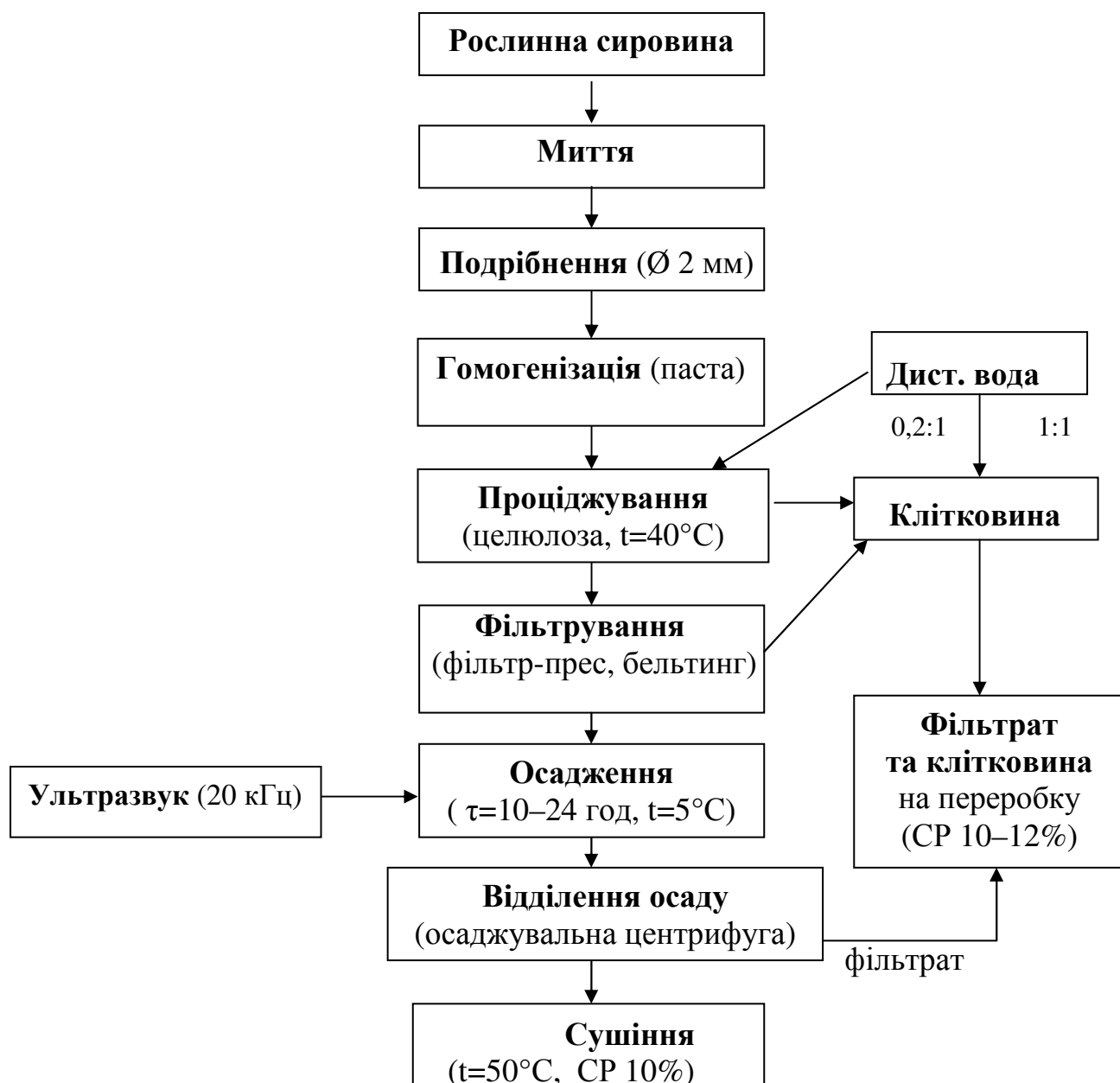


Рис. 10. Принципова схема одержання високомолекулярного інуліну (інулану)

Багаторічна практика переробки інулінвмісної сировини показала, що якісні та кількісні показники фруктанів різні не лише завдяки сировині, із якої вони одержані, але й залежать від строків переробки, а можливо, й інших чинників. Тому потрібні були більш глибокі дослідження впливу умов вирощування фруктанвмісної сировини на виділення ВМІ.

Для визначення впливу умов вирощування фруктанвмісної сировини на вміст ВМІ в ній була закладена експериментальна ділянка розміром 120×50 м, що відповідало площі 0,6 га на території с/г комплексу с. Княжичі Броварського р-ну

Київської обл. Ділянку розділили на шість рівних частин розмірами 50×20 м. На кожному з ділянок висівали або висаджували такі культури:

– ділянка 1 – цикорій сорту Orchies як такий, що показав найвищу урожайність при високому вмісті ВМІ;

– ділянка 2 – топінамбур сорту Інтерес, який є найбільш поширеним в Україні, показав стабільні високі результати урожайності та накопичення ВМІ і є єдиним районованим сортом топінамбуру на території пострадянського простору;

– ділянка 3 – лопух великий, який показав кращі технологічні результати, ніж лопух павутинчастий та японські сорти лопуха їстівного (Гобо);

– ділянка 4 – скорцонера (чорний корінь) сорту Вулкан як такий, що виявив більшу урожайність порівняно з іншими сортами при однаковому накопиченню ВМІ;

– ділянка 5 – кульбаба лікарська, яка була висіяна насінням другого року культурних посадок;

– ділянка 6 – оман високий.

У зібраних бульбах та коренях всіх культур визначали СР соку та вміст ВМІ, також визначали урожайність.

Аналіз одержаних результатів показав, що СР соку, для кожної з піддослідних культур, практично не залежить від строків збору урожаю і з вересня по листопад збільшується у кожній інулінвмісній рослині в межах 5–7% на місяць.

Урожайність кожної культури, крім топінамбуру, протягом періоду вересень–жовтень підвищувалась у прямопропорційній залежності на 7–9% на місяць. Топінамбур в цей період вегетації показав приріст у 54,7%. В період з 15 жовтня до моменту повного збору урожаю можна відмітити незначне зниження урожайності (на 2–5%) для кульбаби, скорцонери та цикорію, а топінамбур, лопух та оман в цей період прибавили ще ~ 3% ваги.

Вміст ВМІ протягом осені також змінювався. Топінамбур у період з 15 вересня по 15 листопада показав прямолінійне зниження вмісту ВМІ з 6,9% до 3,2%. Корені лопуха та омани, на відміну від топінамбуру, показали прямолінійний приріст вмісту ВМІ за аналогічний період від 15,6% до 16,4% у лопуха і від 16,4% до 16,8% у омани. Корені скорцонери, цикорію та кульбаби показали незначне зниження вмісту ВМІ в період з 15 вересня по 15 жовтня: скорцонера – з 8,1% до 7,5%, цикорій – з 10,9% до 10% і кульбаба – з 8,7% до 7,8%. Далі до 15 листопада відзначали різке зниження вмісту ВМІ для скорцонери (із 7,5% до 5,3%) і для кульбаби (з 7,8% до 6,0%), тоді як вміст ВМІ цикорію далі незначно знизився (з 10% до 9,4%).

Таким чином, за рахунок стабільності приросту урожайності і високого вмісту ВМІ протягом вегетативного періоду скорцонера та лопух повною мірою можуть вважатися на ряду із цикорієм і топінамбуром технічними культурами-інуліноносцями для одержання інулінів з високими ступенем полімеризації та біологічною активністю. Кульбаба та оман (дев'ясил) можуть мати застосування в якості сировини для одержання інулінів специфічної дії.

Основними відходами фруктанового виробництва є жмих сировини після відділення соку, промивні води після промивання клітковини та фільтраційно-промивні води.

Дослідження кількісного та якісного складу жмиха показало, що після відділення із інулінвмісної сировини соку у жмиху залишається біля 30% сухих речовин, 12% із них вуглеводи, в т.ч. 3% – ВМІ.

Комплексно утилізувати фільтрат і жмих можливо, використавши їх в якості сировини для виробництва розчинних кавових напоїв, які традиційно виробляються із цикорію та ячменю. В дисертаційній роботі приведена технологічна схема одержання розчинного кавового напою з використанням жмиха фруктанвмісної сировини після відділення соку, обсмаженого за технологією, прийнятою у виробництві кавових напоїв.

Фільтрат після осадження ВМІ (вміст вуглеводів 10–15%) та промивні води після відмивання і перекристалізації інуліну (вміст вуглеводів 2–5%) можливо використати в якості сировини для виробництва фруктозних сиропів. Він дозволяє після нетривалого м'якого гідролізу та очищення за допомогою катіонітних смол одержати фруктозний розчин, згустивши який, отримаємо фруктозний сироп. Розроблена технологічна схема одержання фруктозного сиропу із фільтрату та промивних вод фруктанового виробництва, яка дозволяє одержати повноцінний харчовий продукт.

Для використання фільтратів та промивних вод було запропоновано метод приготування експресного меду на основі відходів інулінового виробництва, який не містить глюкози і тому може вважатися цукрозамінником для діабетиків. Практично метод здійснюється наступним чином: фільтрат інулінового виробництва гідролізують, змішують із промивними водами і екстрактом, одержаним після екстрагування жмиха та упарюють до вмісту СР=50–55. Далі сироп згодують бджолам. Одержаний мед містить на 15–20% більше фруктози, на 5–7% менше глюкози, ніж натуральний, та, за рахунок промивних вод інулінового виробництва, 10–12% НМ-інуліну.

У **п'ятому розділі** «Розроблення технологій дієтичних добавок на основі високомолекулярних фруктанів» проведені дослідження біологічних властивостей фруктанів, як інгредієнтів дієтичних добавок. Визначено, що фруктани є розчинним дієтичним волокном, мають адсорбуючий ефект та впливають на обмін ліпідів.

В результаті дослідження біоактивності фруктанів були проведені моделювання та виготовлення дієтичних добавок на основі ВМФ відповідно до розробленої технологічної схеми (рис. 11).

Розроблена технологія одержання дієтичних добавок дозволяє одержувати добавки з високим (від 65 до 85%) процентним вмістом ВМФ, які можуть застосовуватись в лікувально-профілактичному харчуванні населення.

Розроблені рецептури та виготовлені за допомогою запропонованої технологічної схеми дієтичні добавки на основі ВМФ були зареєстровані та затверджені.

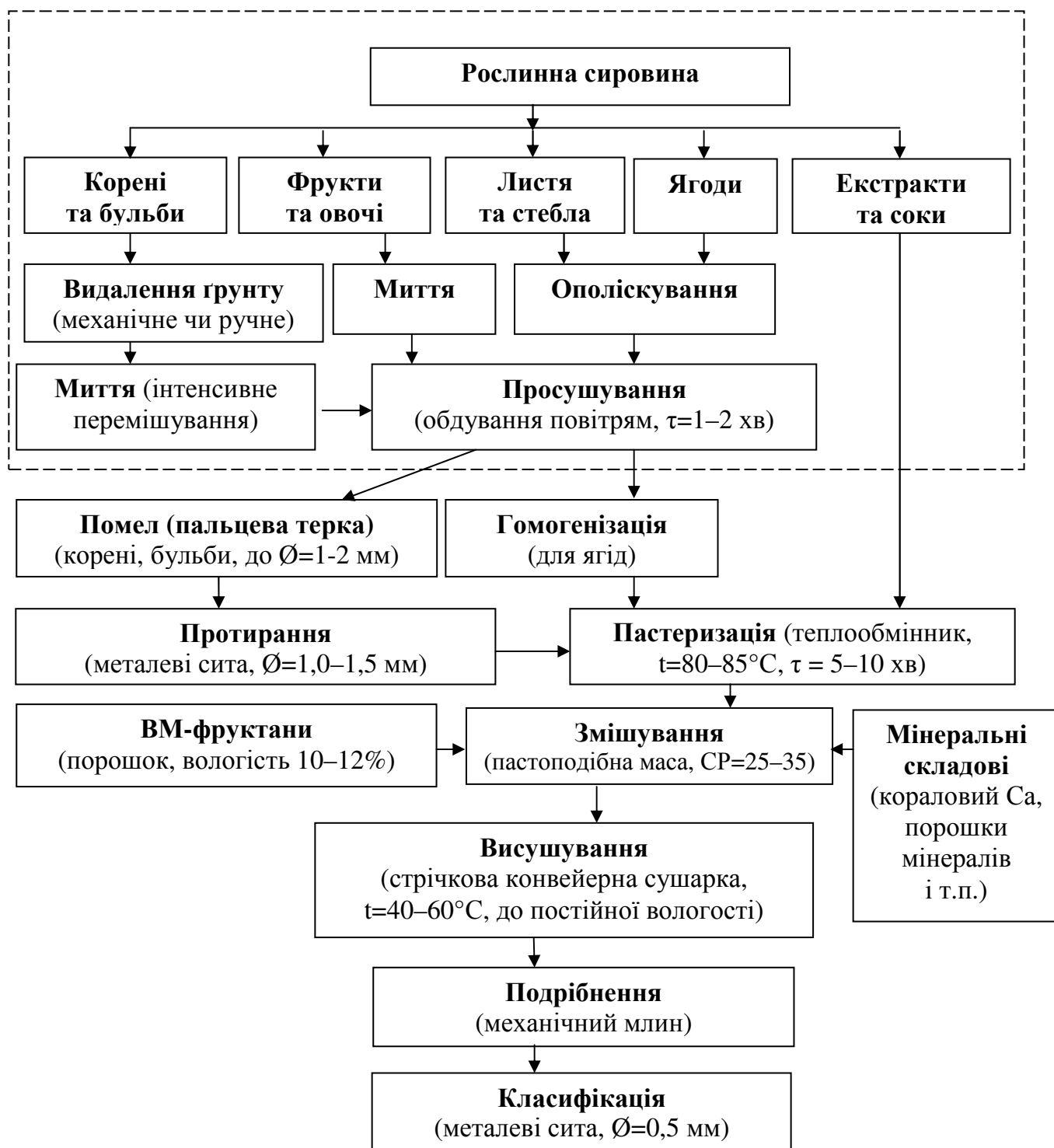


Рис. 11. Принципова технологічна схема одержання дієтичних добавок на основі ВМФ та рослинної сировини:

□ - основні операції; □ процес підготовки сировини.

При проектуванні та виготовленні дієтичних добавок «ВМФ+лікарська рослинна сировина» визначали склад та біологічну дію лікарської сировини, що дало в подальших дослідженнях можливість спрогнозувати лікувально-

профілактичні властивості розробленої продукції і дати рекомендації по її застосуванню.

Розроблена кулінарна продукція з додаванням до блюд дієтичних добавок на основі ВМФ, ВМ інуліну та НМ інуліну, технологічні карти яких, увійшли до Збірника рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах.

У шостому розділі «Медико-біологічні дослідження, промислове випробування та практичне впровадження» приведені результати медико-біологічних досліджень стосовно можливості використання інуліну згідно із ТУУ 19116716.002-98 в лікувально-профілактичному і дієтичному харчуванні, які проводились в клініці Інституту екогігієни і токсикології ім. Л.І. Медведя, Республіканській клінічній лікарні, Інституті ендокринології та обміну речовин АМНУ, Київській медичній академії післядипломної освіти МОЗ України та Київському НДІ ендокринології і обміну речовин АМН України.

Отримані результати доводять, що інулін має помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і може застосовуватись для хворих на цукровий діабет як цукрознижуючий засіб, сприяє зниженню в крові хворих на діабет II типу рівня холестерину і тригліцеридів, що дозволяє його рекомендувати в якості профілактичного засобу для попередження судинних уражень при інсуліннезалежному діабеті.

Наскільки перспективним є застосування інуліну для профілактики серцево-судинних захворювань і зокрема ішемічної хвороби серця, свідчить той факт, що скорочення рівня холестерину в крові дорослих людей на 10% знижує смертність від ішемічної хвороби серця на 10–25%. До факторів ризику цієї хвороби належать також рівні тригліцеридів і фосфоліпідів.

Також встановлено, що після тримісячного прийому ВМІ паталогічні зміни в основних органах живого організму були відсутні.

Дослідження маркетингового потенціалу фруктанвмісних продуктів для профілактики і лікування цукрового діабету, ожиріння та ішемічної хвороби серця показали, що річна потреба в дієтичних добавках на основі фруктанів складає близько 5000 тон.

## ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу науково-технічної і патентно-інформаційної літератури показано, що отримання високомолекулярного інуліну з рослин-інуліноносіїв та створення на його основі дієтичних добавок є перспективним профілактичним засобом для попередження судинних уражень людини.

2. Вперше розроблено технологію одержання високомолекулярного інуліну, що забезпечує його якість та збереження природної просторової будови, яка базується на певних параметрах температури, умов фракціонування сировини, осадження полімеру та концентрації іонів водню в соках та екстрактах. Методом математичного моделювання встановлено, що оптимальними параметрами виходу ВМІ при максимальному значенні узагальненого критерію  $F(x)=0,253$  будуть:

концентрація етанолу 16,75% і час осадження 0,5 год. При цьому інтегральний вихід ВМІ складе 1,083.

3. Встановлено, що різні інуліни із середнім ступенем полімеризації (від СП5 до СП>50) мають різні фізико-хімічні властивості, що дало можливість, в залежності від фізико-хімічних властивостей, вперше розбити їх класифікацію і дати їм такі назви: СП5-15 – інулід; СП15-35 – інулін; СП>35 – інулан.

4. Вперше розроблена оптимальна модель просторової будови молекули ВМІ методом комп'ютерного моделювання дала можливість встановити, що різні форми фруктанів, відомі під назвами  $\alpha$ -,  $\beta$ -, та  $\gamma$ -інулін, відрізняються за своїми фізико-хімічними та біологічними властивостями в залежності від просторової будови молекули ВМІ.

5. Проведені дослідження способів отримання інуліну дозволили встановити, що виділення інуліну із СП>45, при максимально можливому збереженні його природних властивостей, можливе за умов комбінованої схеми виробництва (пресування–екстракція).

6. Доведено, що скорцонера та лопух повною мірою можуть вважатися на ряду із цикорієм і топінамбуром технічними культурами-інуліноносцями для одержання інулінів з високими ступенем полімеризації та біологічною активністю. Кульбаба та оман (дев'ясил) можуть мати застосування в якості сировини для одержання інулінів специфічної дії (підвищений вміст гумуючих та клейких речовин у кульбаби, середній СП=40 та максимальний СП=65–75 у омани).

7. Встановлено, що максимальний термін зберігання фруктанвмісної сировини до початку переробки не повинен перевищувати 7 діб у зв'язку з тим, що захисні функції всіх рослин-інуліноносців базуються на енергії, яка втрачається при зберіганні внаслідок гідролізу інуліну – основного енергоносія коренів та бульб. Показано, що навіть при зберіганні протягом 2–3 днів вже відбувається часткова деструкція ВМІ, збільшення в сировині концентрації моно- та дицукрів, а це приводить до кількісних та якісних втрат інуліну.

8. В результаті теоретичних, експериментальних та промислових досліджень вперше розроблена технологія високомолекулярного інуліну із рослинної сировини, яка дозволяє виробляти його з високим виходом (8–12%) і збереженням природних властивостей. Вперше за розробленою технологією одержано високомолекулярний інулін із середнім ступенем полімеризації, вищим ніж 35 од. (цей показник коливається в межах 29–40 од.).

9. Розроблені технології утилізації відходів інулінового виробництва шляхом їх використання у якості сировини для одержання дієтичного кавового напою, фруктозних сиропів та експресного меду дають можливість переробляти фруктанвмісну сировину без відходів. При цьому експресний мед, одержаний із фільтрату інулінового виробництва, може бути цукрозамінником для хворих на цукровий діабет.

10. Встановлено, що розроблені дієтичні добавки (ВМІ) мають помірно виражений гіпоглікемізуючий ефект і можуть застосовуватись як цукрознижуючий засіб, а також сприяють зниженню в крові хворих на діабет II типу рівня холестерину і тригліцеридів, що дозволяє їх рекомендувати в якості

профілактичного засобу для попередження судинних уражень при інсуліноезалежному діабеті. Також встановлено, що після тримісячного прийому ВМІ паталогічні зміни в основних органах організму піддослідних щурів були відсутні. Таким чином, можна стверджувати, що одержані дієтичні добавки є нетоксичними харчовими продуктами.

11. Розроблена технологія високомолекулярного інуліну випробувана на базі консервного заводу (с. Сунки, Черкаської обл.), на 2-му цукровому заводі ім. Петровського (сmt. Олександрівка, Кіровоградська обл.) змонтована і запущена в експлуатацію лінія по виробництву високомолекулярного інуліну, виробничою потужністю 10 т сировини на годину. За розробленою технологією МП ТОВ «Інулін, лтд» та ТОВ «НВП Інулан, лтд» налагоджене виробництво дієтичних добавок на основі високомолекулярних фруктанів із скорцонери, кульбаби, оману, лопуха, цикорію, часнику та топінамбуру.

12. Розроблено і затверджено нормативну документацію на дієтичні добавки (ТУУ 19116716.001-97 «Фітодіабетін» (інулін харчовий)», ТУУ 19116716.002-98 «Інулін рослинний харчовий», ТУУ 19116716.003-98 «Концентрати інулінові ягідні, плодови», ТУУ 19116716.003-98 «Біологічно активні харчові добавки «ФІТОІМПЕРІАЛ» на основі інуліну», ТУУ 15.8-19116716-005-2003 та ТУУ 15.8-35633283-001-2009 «Добавки дієтичні на основі інуліну».

## СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Грушецький Р. І. Інсулін – джерела сировини, одержання, властивості: монографія. К.: Знання України, 2003. 112 с.

2. Lezenko G., Bobrovnik L., Grinenko I., Grushetsky R., Guly I., Tsokur J., Vdovenko O. Some aspects of research on inulin and inulin-containing crops in the Ukraine // Studies in Plant Science, 3. Inulin and Inulin-containing Crops / Edited by A. Fuchs. Amsterdam-London-New-York-Tokyo: Elsevier. Wageningen: Department of Phytopathology, Agricultural University Wageningen, 1993. P. 397–400. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів із виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*

3. Бобрівник Л. Д., Івчук Н. П., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Гідроліз інуліну в умовах гетерогенного каталізу // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 1998. №4. С. 29–30. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, створення лабораторного устаткування для проведення гетерогенного каталізу фруктанів, керівництво експериментальними дослідженнями, узагальнення результатів.*

4. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І., Бобрівник Л. Д., Гулий І. С. Інсулін – інгредієнт здоров'я // Как сохранить здоровье? Украинские пищевые биологически активные добавки / Под ред. С. А. Лесник, С. В. Фус. К.: Нора-принт, 1999. С. 46–51. *Внесок здобувача: обробка даних із оздоровчої дії ВМІ.*

5. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І. Источник сырья – природа // Биологически активные добавки и биопродукты. К.: Нора-принт, 2000. С. 84–87.



*Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

6. Грушецький Р. І. Кульбаба і скорцонера – перспективні джерела інуліну // Наукові праці Українського державного університету харчових технологій: зб. наук. праць / УДУХТ. 2001. №9. С. 91–92. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби та скорцонери, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

7. Гулий І. С., Грушецький Р. І. Деякі закономірності осадження високомолекулярного інуліну // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2002. №13. С. 71–73. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

8. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т. Інουλін із лопуха // Харчова і переробна промисловість. 2003. №6. С. 24. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

9. Грушецький Р., Чумакова О. Фруктозний сироп – з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2003. №8-9. С. 22. *Внесок здобувача: керівництво експериментальними дослідженнями з одержання фруктозних сиропів, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

10. Гриненко І., Грушецький Р., Чумакова О. Ефективний загущувач // Харчова і переробна промисловість. 2003. №7. С. 22. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями із загущування харчових продуктів, узагальнення результатів.*

11. Грушецький Р., Гриненко І., Захарченко Т., Чумакова О. Корисний напій з відходів інулінового виробництва // Харчова і переробна промисловість. 2004. №5. С. 20-21. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка інулінвмісної сировини для проведення досліджень, розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання кави, узагальнення результатів.*

12. Грушецький Р. Продукт, який не містить глюкози // Харчова і переробна промисловість. 2004. №6 С. 23–24.

13. Гриненко І., Грушецький Р. Інулін, збагачений природними сполуками кальцію // Харчова і переробна промисловість. 2004. №11. С. 20–21. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, керівництво експериментальними дослідженнями з одержання збагачених інулінів.*

14. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Дослідження мінерального складу порошоків інулінів // Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2004. №15. С. 43–46. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

15. Грушецький Р. І. Дослідження можливості фракціонування інуліну // Харчова промисловість. 2004. №3. С. 12–14.

16. Грушецький Р., Гриненко І., Хомічак Л. Накопичення інуліну в коренях цикорію // Продовольча індустрія АПК. 2013. №2. С. 18–20. *Внесок здобувача:*

*аналіз кількісного та якісного складу інуліну із цикорію, наукове обґрунтування одержаних результатів.*

17. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гриненко І. Г., Мірошник В. О. Осадження інуліну етанолом та математичне обґрунтування процесу // Цукор України. 2013. №6 (90). С. 30–32. *Внесок здобувача: одержання вихідних даних для математичної моделі, узагальнення результатів.*

18. Грушецький Р. Накопичення інуліну в коріннях та кореневищах оману // Продовольча індустрія АПК. 2013. №3. С. 30–31. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародної наукометричної бази.**

19. Грушецький Р. И., Гриненко И. Г. Наиболее перспективные источники высокомолекулярного инулина // Сахар. 2013. №10. С. 52–54. **Стаття у науковому періодичному виданні іншої держави з напряду, із якого підготовлено дисертацію.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із кульбаби, лопуха та скорцонері, узагальнення результатів.*

20. Грушецкий Р. И., Хомичак Л. М., Гриненко И. Г. Исследование очистки инулинсодержащих экстрактов при помощи активированного угля // Цукор України. 2013. №9. С. 46–47. *Внесок здобувача: приготування вихідних розчинів ВМФ, визначення оптимальних температурних параметрів очищення.*

21. Хомічак Л. М., Грушецький Р. І., Гриненко І. Г. Родина складноцвітих – перспективне джерело інуліну // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2013. №1. С. 117–122. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, кульбаби, лопуха та скорцонері, узагальнення результатів.*

22. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І., Хомічак Л. М. Желюючі властивості різних інулінів // Цукор України. 2013. №11 (95). С. 12–14. *Внесок здобувача: розроблення методології експерименту, проведення вимірів пружності інулінових гелів, узагальнення результатів.*

23. Грушецький Р. І., Хомічак Л. М., Гриненко І. Г. Одержання симбіотика на основі інуліну та біфідобактерій // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №2. С. 18–22. *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–біфідобактерій.*

24. Грушецький Р. І. Дослідження впливу процесів подрібнення інулінвмісної сировини на одержання соку // Цукор України. 2014. №6 (102). С. 20–22.

25. Грушецький Р. І. Особливості висушування високомолекулярного інуліну // Цукор України. 2014. №11 (107). С. 32–34.

26. Грушецький Р. І. Вплив попередньої обробки рослинної сировини на соковиділення пресуванням // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2014. №3. С. 8–10.

27. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Дашковський Ю. О. Вплив терміну зберігання інулінмісткої сировини на її вуглеводний склад // Продовольчі ресурси: зб. наук. праць. Серія: Технічні науки / Інститут продовольчих ресурсів НААН України. 2015. №4. С. 4–6. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, одержання зразків ВМФ для аналізу їх якісного та кількісного складу.*

28. Сичевський М. П., Грушецький Р. І. Полімерні плівки на основі полісахаридів // Цукор України. 2016. №6-7 (126-127). С. 32–33. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, підбір оптимального складу сумішей фруктанів для одержання полісахаридних плівок.*

29. Гріненко І. Г., Грушецький Р. І., Григоренко Н. О. Полісахариди як дієтичні волокна: проблеми класифікації // Цукор України. 2016. №10 (130). С. 34–36. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів,*

30. Грушецький Р., Гріненко І. Біологічна продуктивність топінамбура при осінньому збиранні врожаю // Продовольча індустрія АПК. 2016. №6. С. 39–41. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*

31. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. Оцінка можливості культивування лопуха в якості сировини для одержання високомолекулярних фруктанів // Таврійський науковий вісник / Херсонський державний аграрний університет. 2017. Вип. 97. С. 35–39. *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, наукове обґрунтування теоретичних положень, узагальнення результатів.*

32. Грушецький Р., Гріненко І. «Arctium lappa L. – перспективна культура для одержання високомолекулярних фруктанів // Продовольча індустрія АПК. 2018. №3. С. 31–34. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: аналіз кількісного та якісного складу інуліну із лопуха, узагальнення результатів.*

33. Грушецький Р. І., Гріненко І. Г., Хомічак Л. М. Дієтична добавка «Інулін з момординою харантія» // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. праць / Харківський державний університет харчування та торгівлі. 2018. Вип. 1 (27). С. 325–332. **Стаття у фаховому виданні України, що включене до міжнародних наукометричних баз.** *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–момордика харантія.*

34. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №10573, Україна: МПК<sup>5</sup> А61К 35/78, А61К 31/715, С08В 37/18 / Бобрівник Л. Д., Грушецький Р. І., Гулий І. С., Гріненко І. Г. №93007155; заявл. 08.09.1993; опубл. 25.12.1996. *Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

35. Спосіб одержання інуліну: патент на винахід №23774А, Україна: МПК<sup>6</sup> А61К 35/78, С08В 37/17 / Бобрівник Л. Д., Гулий І. С., Грушецький Р. І., Гріненко І. Г. №97020729; заявл. 20.02.1997; опубл. 16.06.1998. *Внесок здобувача: генерування ідей, втілених у заявках, складання опису та формул винаходів, теоретичне обґрунтування рішень, які пропонуються.*

36. Grekhov A. M., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G., Guliy I. S. New computer models of the spatial structure of fructans // Abstracts of the III International Fructan Conference, July, 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із*

різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.

37. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. The studies of inulin precipitation conditions // Abstracts of the III International Fructan Conference, July 21-24, 1996. Logan, Utah, USA. P. 23. *Внесок здобувача: наукове обґрунтування теоретичних положень, розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з осадження ВМФ.*

38. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S. Comparative characteristics of inulin extraction from different medicine herbs // Proceedings of the Sixth Seminar on Inulin, November 14-15, 1996. Braunschweig, Germany. P. 57-60. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини.*

39. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Non-traditional searches of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 20-26. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, узагальнення результатів.*

40. Grushetskyu R., Vanurikhina L., Guliy I., Grinenko I., Bobrovnik L. The medical investigation of inulin // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 72-84. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для медичних досліджень, узагальнення результатів.*

41. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Varlamova K. A., Tsapenko V. M. High-Molecular inulin in Helianthus tuberosus // Proceedings of International Workshop on Inulin as Medicine & Food Ingredients, May 29-30, 1997. Kiev. P. 67-72. *Внесок здобувача: організація дослідної ділянки, аналіз кількісного та якісного складу інуліну із топінамбуру, узагальнення результатів.*

42. Grushetskyu R. I., Simakhina G. A., Guliy I. S., Bobrovnik L. D., Grinenko I. G. The influence of dryng on the inulin quality // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 33-34. *Внесок здобувача: розробка методології досліджень, узагальнення одержаних результатів з впливу параметрів висушування на якість ВМФ.*

43. Grekhov A. M., Grushetskyu R. I., Bobrovnik L. D., Guliy I. S., Grinenko I. G. The conformation of inulin chains: a molecular mechanics, molecular dynamics and quantum-chemical approach // Proceedings of Seventh Seminar on Inulin, January 22-23, 1998. Leuven, Belgium. P. 46-51. *Внесок здобувача: підготовка вихідних даних фізико-хімічних властивостей фруктанів із різною молекулярною масою для проведення комп'ютерного моделювання будови молекули інуліну.*

44. Grinenko I. G., Grushetskyu R. I., Guliy I. S., Bobrovnik L. D. Inulin in human nutrition and medicine // Proceedings of the Eighth Seminar on Inulin, July 1-2, 1999. Lille, France. P. 137-141. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

45. Grushetskyu R. Comparative analysis of different methods of inulin isolation // Abstracts of Ninth Seminar on Inulin, April 18-19, 2002. Budapest, Hungary. P. 18-19. *Внесок здобувача: проведення експериментів із виділення ВМІ методами екстрагування та соковіджиму із різної рослинної сировини.*

46. Grushetskyy R., Grinenko I. Features of high molecular inulin procession // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 101. *Внесок здобувача: участь у проведенні експериментів з виділення ВМІ із різної рослинної сировини, узагальнення результатів.*

47. Grinenko I., Grushetskyy R. Heals and nutritional aspects of high-molecular inulins // 6<sup>th</sup> International Fructan Symposium, July 27-31, 2008. Sapporo, Japan. P. 53. *Внесок здобувача: підготовка зразків інулінів для досліджень, узагальнення результатів.*

48. Грушецький Р. Дослідження впливу терміну зберігання інулінвмісної сировини в кагатах на якість інуліну // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами III Міжнар. наук.-практ. конф., 4 листопада 2015 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2015. С. 110–111.

49. Гриненко І. Г., Грушецький Р. І. «Інноваційні технології отримання ягідних і овочевих порошоків // Продовольчі ресурси: проблеми і перспективи: зб. наук праць за матеріалами IV Міжнар. наук.-практ. конф., 30 листопада 2016 р. К.: Інститут продовольчих ресурсів, 2016. С. 21–22. *Внесок здобувача: дослідження процесів змішування та одержання рівномірних сумішей ВМФ–ягідні та овочеві порошки.*

50. Ukrainets A., Grushetskyy R., Grinenko I. Ingredients of functional and health food: inulins. Kyiv: Znannya Ukrainy, 2004. 83 p. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, написання другого розділу, підготовка матеріалів до публікації.*

51. Грушецький Р., Гриненко І. Мудрость природы: целебные ингредиенты. К.: Знання України, 2006. 115 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, описання фізико-хімічних властивостей та біологічної дії ВМФ, підготовка матеріалів до публікації.*

52. Грушецький Р. І., Гриненко І. Г., Хомічак Л. М. Природні джерела здоров'я. К.: Аграрна наука, 2016. 108 с. *Внесок здобувача: проведення літературного пошуку, підготовка матеріалів до публікації.*

53. Пересічний М. І., Корзун В. Н., Карпенко П. О., Грушецький Р. І. та ін. Збірник рецептур кулінарної продукції і напоїв (технологічних карт) для харчування дітей у дошкільних навчальних закладах. К.: ВД «АртЕк», 2015. 715 с. *Внесок здобувача: розроблення технологічних карт кулінарної продукції з інуліном.*

## АНОТАЦІЯ

Грушецький Р.І. Наукове обґрунтування та розроблення комплексної технології фруктанів і дієтичних добавок на основі рослинної сировини. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.16 – технологія харчової продукції. – Харківський державний університет харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України, Харків, 2018.

Дисертація присвячена розробленню технології фруктанів та дієтичних добавок на їх основі із рослинної сировини. Науково обґрунтовано та

експериментально встановлено можливість одержання високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі із рослинної сировини. Виявлено залежність фізико-хімічних властивостей фруктанів від виду сировини та способу фракціонування її складових, що забезпечує отримання продукту прогнозованої якості в системі сировина–інулін. Вперше теоретично обґрунтовані та розроблені наукові положення інноваційної біотехнології високомолекулярних фруктанів із різної інулінвмісної сировини з отриманням інуліну зі ступенем полімеризації 30 і більше одиниць.

Обґрунтовано рецептури та розроблено технології дієтичних добавок лікувально-профілактичного призначення на основі високомолекулярних фруктанів. Розроблено технологічні схеми одержання дієтичних добавок на основі високомолекулярних фруктанів.

Клінічними дослідженнями доведено доцільність використання отриманих високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі.

Доведено рентабельність від впровадження технологій одержання високомолекулярних фруктанів та дієтичних добавок на їх основі.

*Ключові слова:* фруктан, інулін, дієтична добавка, фруктанвмісна сировина, лікувально-профілактична дія.

## АННОТАЦІЯ

Грушецкий Р.И. Научное основание и разработка комплексной технологии фруктанов и диетических добавок на основе растительного сырья. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.16 – технология пищевой продукции. – Харьковский государственный университет питания и торговли Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2018.

Диссертация посвящена разработке технологии фруктанов и диетических добавок на их основе из растительного сырья. Научно обоснована и экспериментально установлена возможность получения высокомолекулярных фруктанов и диетических добавок на их основе из растительного сырья. Выявлена зависимость физико-химических свойств фруктанов от вида сырья и способа фракционирования ее составляющих, что обеспечивает получение продукта прогнозируемого качества в системе сырье–инулин. Впервые теоретически обоснованы и разработаны научные положения инновационной биотехнологии высокомолекулярных фруктанов из различного инулинсодержащего сырья с получением инулина со степенью полимеризации 30 и более единиц.

Обоснованы рецептуры и разработаны технологии диетических добавок лечебно-профилактического назначения на основе высокомолекулярных фруктанов. Разработаны технологические схемы получения диетических добавок на основе высокомолекулярных фруктанов.

Клиническими исследованиями доказана целесообразность использования полученных высокомолекулярных фруктанов и диетических добавок на их основе.

Доказана рентабельность от внедрения технологий получения высокомолекулярных фруктанов и диетических добавок на их основе.

*Ключевые слова:* фруктан, инулин, диетическая добавка, фруктансодержащее сырье, лечебно-профилактическое действие.

## ANNOTATION

Grushetsky R.I. Scientific bases and development of complex technology of fructans and dietary supplements on the basis of plant material. – Manuscript.

Thesis for the receiving a degree Doctor of Engineering Sciences on specialty 05.18.16 – Food Products Technology. – Kharkiv State University of Food Technology and Trade of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2018.

The dissertation is devoted to the development of fructans technology and dietary supplements on their basis from plant raw materials. Scientifically substantiated and experimentally established the possibility of obtaining high degree of polymerization (DP) fructans and dietary supplements based on them from vegetable raw materials.

The investigation of the main stages of the of fructans isolation from inulin-containing raw materials and physicochemical properties of inulin with different DP has been carried out, the results of physico-chemical, chemical, chromatographic, thermogravimetric, soil-climatic studies and inulin-containing plants have been made, which are the scientific basis for the development of technologies of fructans from plant raw materials.

It was established that the various inulin with an average degree of polymerization of DP15 to DP35 has different physical and chemical properties, so it was proposed to break it into groups and give names:  $DP \approx 15$  - inulid;  $DP \approx 25$  - inulin;  $DP \approx 35$  - inulan.

Dependence of physicochemical properties of fructans on the type of raw material and fractionation of its components are revealed, which ensures obtaining a product of predicted quality in the system raw material - inulin. For the first time theoretically substantiated and developed scientific provisions of innovative biotechnology of high molecular weight fructans from different fructancontaining raw materials with inulin production with a degree of polymerization of 30 and more units. The parameters of agrotechnology of cultivation of traditional and wild-growing fructancontaining plants in the forest-steppe zone of Ukraine have been theoretically substantiated and experimentally confirmed, which provides their most effective biological potential in conditions of long-term cultivation.

In this work, the study of biological properties of fructans, as ingredients of dietary supplements was conducted. It has been determined that fructans are a soluble dietary fiber, has an adsorbing effect and influence on lipid metabolism. The technologies of complex processing of inulin-containing raw materials have been developed, the analysis of possible losses of MM of fructans at the stages of production has been carried out, innovative technologies of fructans have been developed, fructan-containing raw materials with an inulin content with DP up to 35 have been searched. Also was developed technologies using fructan waste.

The technological schemes of fructan-containing raw materials processing which contain fructans with an average DP from 20 to 30 and more are developed. The formulation and creation of the technology of dietary supplements for therapeutic prophylactic appointment based on highmolecular fructans is substantiated. The technological schemes for obtaining dietary supplements based on high molecular fructans have been developed.

In the design and manufacture of dietary supplements "high molecular weight fructans + medicinal plant raw materials", the composition and biological effects of medicinal raw materials were determined, which gave to further research the opportunity to predict the therapeutic and prophylactic properties of the developed products and possibility to give recommendations for its application.

Clinical studies have proved the feasibility of using the obtained highmolecular fructans and dietary supplements on their basis as having a therapeutic prophylactic effect in diabetes mellitus, with impaired lipid metabolism and pathologies of the endocrine system. It was established that after three months of HM inulin using, pathological changes in the main organs of the living organism were absent. Thus, it can be argued that HMI is a non-toxic food product.

An assessment of the marketing potential of high molecular weight inulin for three diseases associated with metabolic disorders (diabetes mellitus, obesity and coronary heart disease, in which the action of high molecular weight inulin is most accurately established) has shown that the annual need in Ukraine is about 5000 tons per year. Proven profitability from the introduction of technologies for the production of high molecular weight fructans and dietary supplements on their basis.

*Key words:* fructan, inulin, dietary supplements, inulin-containing raw material, therapeutically prophylactic action.



Підписано до друку 16.11.2018 р. Зам. № 1154 Формат 60×90/16.

Папір офсет. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 1,9. Тираж 130 прим.

---

Друк ЦП «КОМПРИНТ». Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4131 від  
04.08.2011 р.

М. Київ, вул. Предславинська, 28

528-05-42, 067-209-54-30

Email: komprint@ukr.net