

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ, ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА БІОТЕХНОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускної кафедри
_____ М.М. Барановський
« ___ » _____ 2021р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ «БАКАЛАВР»
СПЕЦІАЛЬНІСТЬ 162 «БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА БІОІНЖЕНЕРІЯ»
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНА ПРОГРАМА «ФАРМАЦЕВТИЧНА БІОТЕХНОЛОГІЯ»
Тема: «Особливості отримання інуліну з різних рослинних джерел»

Виконавець: студентка 4 курсу ФЕБІТ

Павлів В.Р

Керівник: к.б.н доцент кафедри біотехнології

Петюх Г.П.

Нормоконтролер:

Дражнікова А.В.

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра біотехнології

Спеціальність 162 «Біотехнології та біоінженерія»

ОПП «Фармацевтична Біотехнологія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускної кафедри

_____ М.М. Барановський

«___» _____ 2021 р

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Павлів Вікторії Романівни

1. Тема дипломної роботи: «Особливості отримання інуліну з різних рослинних джерел» затверджена наказом ректора від «01» квітня 2021 р. № 889/ст.
2. Термін виконання роботи: з «19»квітня 2021 р. по «14» червня 2021 р.
3. Вихідні дані роботи: інулін, отримання інуліну, цикорій , топінамбур , рослинна сировина.
4. Зміст пояснювальної записки: ВСТУП; РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД; РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ; РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА; ВИСНОВКИ; СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.
5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: 2 таблиць, 10 рисунків.

6. Календарний план-графік

Завдання	Термін
Вибір теми дипломної роботи, узгодження змісту з дипломним керівником	01.04.21
Літературний огляд та збір інформації за темою дипломної роботи; «Особливості отримання інуліну з різних рослинних джерел»	18.04 – 25.04.2021
Складання плану виконання бакалаврської дипломної роботи	25.04. – 26.04.2021
Написання розділу 2 «Матеріали і методи»	26.04.- 10.05.2021
Написання розділу 3 «Експериментальна частина»	10.05- 11.05.2021
Формулювання висновків та рекомендацій	11.05- 12.05.2021
Перевірка дипломної роботи керівником	13.05- 15.05.2021
Попередній захист дипломної роботи	____.05.2021
Захист дипломної роботи	____.05.2021

8. Дата видачі завдання «01» квітня 2021 р.

Керівник дипломної роботи _____ /Петюх Г.П./
(підпис керівника)

Завдання прийняв до виконання _____ /Павлів В.Р./
(підпис випускника)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Особливості отримання інуліну з різних рослинних джерел»: 59 сторінок, 2 таблиці, 10 рисунків, 41 використане джерело.

Об'єкт дослідження: Рослинна сировина, цикорій.

Предмет дослідження: інулін

Методи дослідження: мікробіологічні, аналітичні.

Зроблений порівняльний аналіз хімічного складу рослинної сировини на вміст інуліну. Проведено розширений пошук технологій отримання інуліну з рослинної сировини. Досліджена методика визначення вмісту інуліну в рослинній сировині (зокрема в порошку цикорію).

Було проведено патентний пошук по базах даних патентних відомств України, Китаю, Мексики, США, Японії та Європейської патентної організації.

Ми показали, що крім пребіотичного ефекту (стимуляції росту корисних бактерій), інулін підвищує всмоктування кальцію в товстій кишці, тобто знижує ризик остеопорозу, впливає на метаболізм ліпідів, зменшуючи ризик розвитку атеросклерозу і, можливо, запобігаючи цукровому діабету II типу, є попередні дані про його антиканцерогенною ефекті

Основними положеннями, що викладені в даній роботі, є дослідження рослинної сировини на вміст інуліну.

Ключові слова: ІНУЛІН, БАД, ЦИКОРІЙ, ТОПНАМБУР.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД.....	9
1.1. Інулін – представник фруктанів: особливості синтезу, хімічна структура, загальні фізико-хімічні властивості.....	9
1.2. Основні етапи виробництва інуліну та основні відмінності між відомими методами.....	17
1.3. Коротка характеристика патентованих способів.....	17
1.4. Патентовані способи виробництва інуліну.....	18
1.5. Отримання інуліну з цикорію.....	23
1.6. Висновки до розділу	27
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ.....	30
2.1. Характеристика інуліну.....	30
2.2. Хімічний склад речовини.....	32
2.3. Сировина для виробництва інуліну.....	33
2.4. Інулін – користь і шкода	36
2.5. Спектр дії інуліну на людський організм.....	38
2.6. Протипоказання та застереження.	42
2.7. Препарати в яких міститься інулін.....	43
2.8. Коротка характеристика способів отримання інуліну.....	45
2.9. Інулін з топінамбура та цикорія.....	46
2.10. Висновки до розділу	50
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА.....	51
3.1. Технологія виробництва інуліну з різних рослинних джерел.....	51
3.2. Розчинний натуральний цикорій як сухий харчовий продукт.....	55
3.3. Методика кількісного визначення інуліну у порошці цикорію.....	58
3.4. Висновки до розділу	60
Висновки.....	61
Список бібліографічних посилань використаних джерел.....	62

ВСТУП

В Україні потреба в інуліні для виробництва продуктів дієтичного лікувального і дієтичного профілактичного призначення оцінюється до 15 тисяч тонн в рік [1]. У зв'язку з цим, актуальні дослідження в області розробки нових і вдосконалення існуючих способів виробництва інуліну.

Неправильне функціонування шлунково-кишкового тракту – часта проблема в сучасному світі. Займатися усуненням симптомів потрібно вчасно, щоб не було важких наслідків. І допоможе в цьому не ліки, а інулін – пребіотик, що допомагає розмножуватися корисним бактеріям і звільняти організм від токсинів.

Інулін – це полімер D-фруктози, природний вуглевод, що отримується з рослин. Органічна речовина відноситься до групи полісахаридів, які є головними джерелами енергії в їжі. Засіб входить до складу БАДів.

Вуглевод був відкритий в кінці XX століття, а вже з 90-х років інулін активно обговорюється, про нього складають легенди. Деякі люди стверджують, що за допомогою нього зуміли вилікуватися від багатьох захворювань.

Стан здоров'я людини багато в чому визначається харчуванням. Забезпечення населення повноцінними, з точки зору складу функціональних інгредієнтів, безпечними продуктами харчування - найважливіша державна задача.

У зв'язку з цим, актуальна розробка технологій виробництва продуктів харчування, що надають сприятливу дію на організм людини. При розробці таких технологій в даний час особливий інтерес представляє максимально повне освоєння регіональних рослинних ресурсів. Перспективним для використання у виробництві продуктів здорового харчування є інулінсодержащее рослинна сировина.

Інулін - вуглевод з групи полісахаридів, полімер D-фруктози, розчинний в гарячій воді, з молекулярною масою - 5-6 кДа, що міститься в бульбах і коренях рослин сімейства складноцвітих таких, як топінамбур, цикорій і ін.

Інулін відноситься до функціональних інгредієнтів.

РОЗДІЛ 1

ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД

Визначення перспективних напрямків досліджень в області створення інноваційних технологій неможливо без вивчення і систематизації існуючих в даний час вітчизняних і зарубіжних засобів виробництва інуліну.

З огляду на це, було проведено патентний пошук по базах даних патентних відомств України, Китаю, Мексики, США, Японії та Європейської патентної організації.

1.1. Інулін – представник фруктанів: особливості синтезу, хімічна структура, загальні фізико-хімічні властивості

Фруктани (глюкофруктани, поліфруктозани) – це полісахариди, їхня хімічна структура представляє собою молекули D-фруктози. Фруктани найбільш поширені вуглеводи, які накопичуються у рослинах.

Через механізми синтезу, варіативності ступеня полімеризації та здатності макромолекули до гідролізу фруктани допомагають рослинам пристосовуватись до стресових чинників зовнішнього середовища, дотакі як : низькі температури, нестачі вологи, виконуючи роль резервного матеріалу, осморегулятора та антифризу.

Фруктани це продукти біосинтезу сахарози, вона слугує донором, і акцептором залишків D-фруктофуранози [1].

Кожна молекула має один залишок D-глюкози, який не володіє здатністю до відновлення. Глікозидні зв'язки утворюються за участі лише первинної ОН-групи, тому можуть утворюватись різні полісахариди , які є попередниками трьох типів фруктанів: ізокестози (1-кестози), кестози (6-кестози), неокестози (рис. 1.1) [2, 5]. За літературними даними, синтез фруктанів проходить за моделлю, що запропонована

Едельманом і Джефордом (приклад синтезу фруктану інуліну в бульбах *Helianthus tuberosus L.*

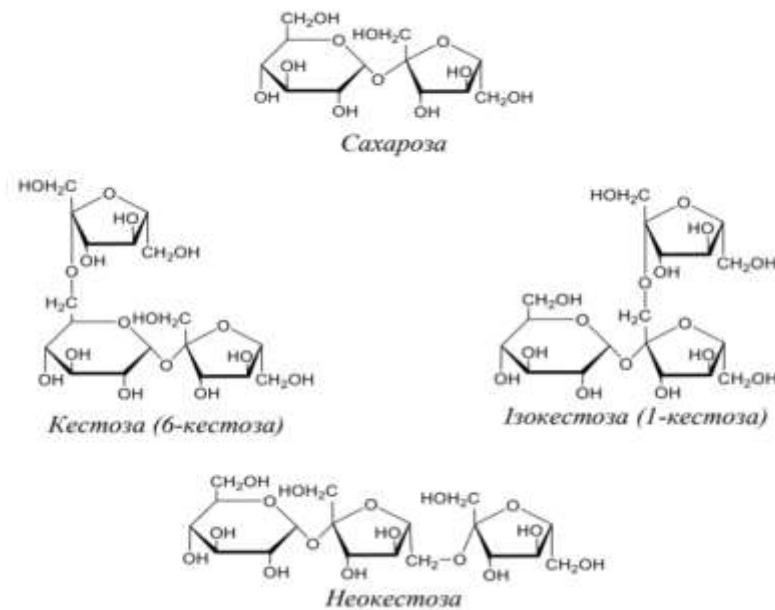


Рис. 1.1. Будова молекул сахарози та трисахаридів

Перший етап це утворення з двох молекул сахарози ,глюкоза (G) і трисахарид 1-кестоза (GF2): $GF + GF = GF2 + G$. Каталізатором цього процесу служить фермент сахароза-сахарозафруктозилтрансфераза (рис. 1.2 – SST). Також сахароза є донором, і акцептором фруктозильних залишків.

Далі є реакція між утвореним олігосахаридом (GF_n менше 5), його функція донора фруктозилу і молекулою сахарози або фруктану в ролі акцептора: $G(F)_n + G(F)_m = G(F)_{n-1} + GF_{m+1}$. Реакція каталізується фруктан-фруктан-фруктозилтрансферазою (рис. 1.2 – FFT), яка бере участь у перерозподілі фруктозильних залишків між GF_n менше 5 і сахарозою. Результатом неодноразового трансфруктозилювання бачимо утворення високомолекулярних фруктанів (рис. 1.2).

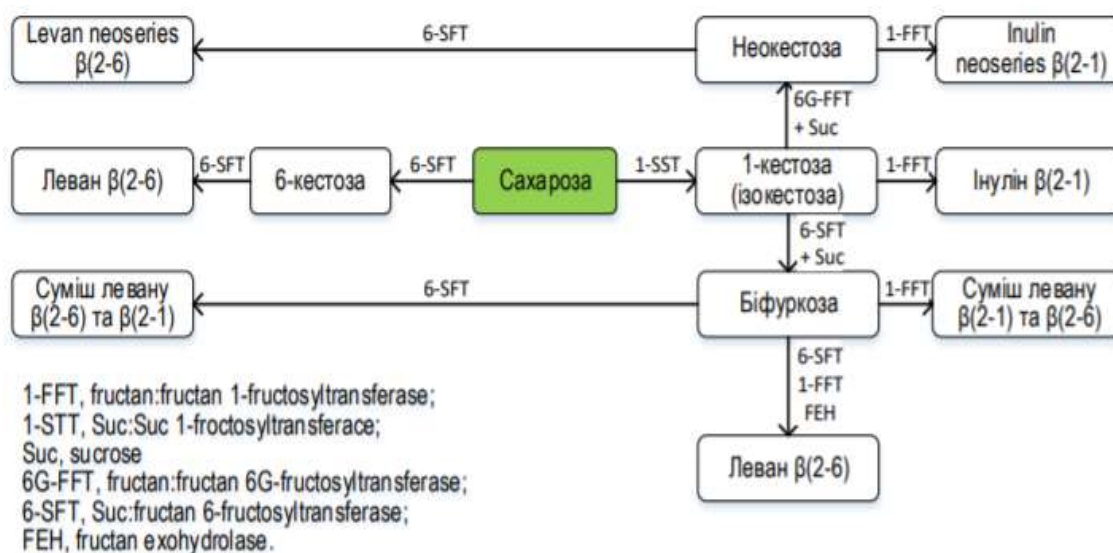


Рис. 1.2. Загальна схема біосинтезу фруктанів

Приєднання послідовно залишки D-фруктофуранози до 1-кестози зв'язками 2→1 дає інулін [5, 6], а до фруктозного залишку 6-кестози зв'язками 2→6 – флєїн (у рослинах) і леван (у бактеріях). Полісахариди на основі неокестози містять зв'язок 2→1 між залишками D-фруктофуранози, але вони не поширені [6]. Природні фруктани являють собою суміш олігомерів та полімерів, кількість залишків фруктози яких характеризується середнім та максимальним числом фруктозних одиниць і позначається як середній і максимальний ступінь полімеризації (*degree of polymerization*, DP_{av} і DP_{max}), відповідно [6].

Число мономерів рослинних фруктанів фруктози зазвичай не перевищує 200, а у фруктанів бактеріального походження може досягати 100 000 і макромолекулам таких поліфруктозанів характерне сильне галуження. Фруктани мають або циклічну, або розгалужену молекулу. Тип зв'язків у розгалужених фруктанів $\beta(2\rightarrow6)$ [3,5,6]. Інулін також є представником таких фруктанів $C_6H_{11}O_5(C_6H_{10}O_5)_nOH$ [5]. Інулін назвали в честь рослини оман високий (*Inula helenium L.*), з якої інулін уперше виділили. Інулін за ступенем полімеризації полідисперсний фруктан, що складається з 2-60, 2-65, 2-70 або 2-100 молекул фруктози [4, 6] – F_m – (середня кількість ~ 10 для рослинного [4] або 10000, 100000 для 36 інуліну бактеріального походження) у вигляді D-фруктофуранози [6], з'єднаних між собою $\beta(2\rightarrow1)$ -глікозидними зв'язками [5, 6], й однієї термінальної молекули глюкози – GF_n , як

позбавлена відновних властивостей (рис. 1.3) [5]. Молекула глюкози зв'язана $\alpha(1\rightarrow2)$ зв'язком [6]. Структура зазначеного біополімеру показана у вигляді формули GF_n, де G – глюкозильна одиниця, F – фруктозильна частина, n – число фруктозних одиниць [2, 6]. Молекула інуліну унікальна саме завдяки наявності $\beta(2\rightarrow1)$ - глікозидних зв'язків, [5, 6]. Які перешкоджають його перетравленню як типового вуглеводу та відповідають за низький вміст калорій та дієтичних волокон

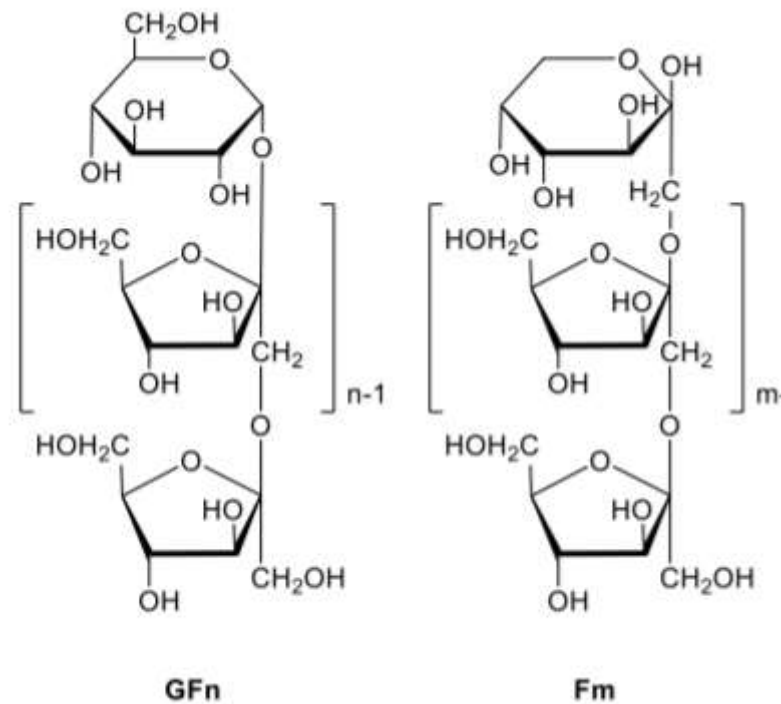


Рис. 1.3. Базова хімічна структура інуліну

GF_n – з термінальною молекулою глюкози (ступінь полімеризації (DP) = n + 2), F_m – без термінальної молекули глюкози (DP = m + 2) [6]

Олігофруктоза це олігосахарид фруктози, який має від 2 до 10 залишків моносахаридів [1, 2]. Олігофруктозаяку отримують з цикорію, містить ланцюжки фруктози, і ланцюжки фруктози з кінцевими одиницями глюкози [6]. Синтезована олігофруктоза має лише фруктозний ланцюг з кінцевими глюкозними одиницями або GF_n молекули. Ці два типи олігофруктози містять $\beta(2\rightarrow1)$ глікозидні зв'язки між молекулами фруктози [1, 2, 4]

Властивості інуліну багато в чому характеризуються властивостями саме його мономера – фруктози.

Моносахарид, кетогексоза, як D-ізомер знаходиться у вільному вигляді майже в усіх солодких ягодах і плодах, як моносахаридна ланка входить до складу сахарози і лактулози . У водневих розчинах фруктоза існує як суміш таутомерів, в ній переважає β -D-фруктопіраноза, при 20 °C містяться близько 20 % β -D-фруктофуранози і близько 5 % α -D-фруктофуранози [6]. Молекулярна маса інуліну коливається від 315 до 6000 Да [2, 3].

Макромолекула може легко розщеплюється завдяки фуранозній формі фруктози. Під час кислотного гідролізу полісахариду створюється приблизно 94-97 % фруктози та 3-6 % глюкози [1, 3]. Інулін легко розщеплюється при нагріванні з водою або в присутності органічних (оцтової, винної) і неорганічних кислот. Кислотний гідроліз інуліну здійснюється також за допомогою гетерогенного каталізу також викриваються тверді кислоти каталізаторів таких, як кислоти катіонно-обмінних смол, цеолітів або окисненого активованого вугілля. При неповному розщепленні утворюється дисахарид інулібіоза (1- β -D-фруктофуранозил-D-фруктоза), при повному – фруктоза. Гідроліз інуліну здійснюється під дією відповідних ензимів – інулаз, або β -фруктофуранозидаз [1, 3, 5].

Інулін завдяки своїй структурі має стійкість до окисно-відновних агентів. Він має стійкість до гідролізу у водних системах при кімнатній температурі і нейтральному рН. Проте коли температура піднімається в присутності кислоти гідроліз інуліну відбувається активно, і це призводить до розпаду полімеру на складові моносахариди. Гідроліз інуліну викликається ще лужним середовищем. Такий процес може відбутися лише з тим інуліном, який має відновлювану частину в кінці молекули (GFn) [1, 2,]. Ферментативний гідроліз інуліну є значно екологічним, відбувається при більш низькій температурі і вимагає меншої концентрації іонів водню. Він не утворює побічні продукти, які можуть ускладнювати виділення та очищення фруктози [1,5,6].

З наукових джерел виявлено що, інулін погано розчиняється у холодній та добре у гарячій воді [4].

Інулін можливо розчинити в 120 г/л при 25 °С; 350 г/л при 90 °С. Розчинність інуліну залежить від довжини ланцюга і температури, чим коротший ланцюг тим розчинність фруктозану зростає [2, 4].

Компанія «Beneo™ GmbH», поділила всі інуліни на 2 основні групи: природний інулін із цикорію (Beneo™ ST, Beneo™ GR, Beneo™ ST-Gel) та інулін з модифікованим розподілом по всій довжині ланцюга (Beneo™ HP, Beneo™ HPX и Beneo™ HP-Gel). Інуліни Beneo™ ST, GR і ST-Gel містять 90 - 94 % інуліну в перерахунку на суху речовину зі ступенем полімеризації близько 10, а продукти HP, HPX и HP-Gel містять не менше 99,5 % інуліну зі ступенем полімеризації вище 23.

У науковій літературі інулін описаний як аморфний [3, 6] білий або молочний порошок, кристали білого кольору, злегка солодкий, гігроскопічний, під мікроскопом виглядає як неправильні ребристі частинки. Найбільш стійкою формою інуліну виявилась порошкоподібна, вона має перевагу при зберіганні і транспортуванні [2].

Для отримання фруктану з рослинного матеріалу – додають до водного розчину інуліну етанолу відбувається осадження полісахариду.

У природі ми зустрічаємо інуліни з різною довжиною полімерного ланцюга: низькомолекулярний і високомолекулярний, їхні властивості відрізняються [4, 6]. Низькомолекулярний інулін солодкий і може розчинятися навіть у холодній воді, тоді як високомолекулярний має нейтральний смак, легко розчиняється у гарячій і погано у холодній воді. Низькомолекулярні інуліни – це аморфні речовини, тоді як високомолекулярні можуть мати кристалічну структуру. Огляд різних літературних джерел дозволяє зробити висновок, що для інуліну, отриманого з рослинної сировини, DP становить від 2 до 200 (найчастіше не вище 60 залежно від виду рослин і точки його життєвого циклу), а для бактеріального – від 10 000 до 100 000 і вище (дуже розгалужена молекула, 15 %). Також вони відрізняються біологічними властивостями. Чим більший середній ступінь полімеризації, тим вища біологічна активність інуліну [6]. Промисловий інулін містить споріднені сполуки: псевдоінулін, інуленін, левулін, геліантенін, синістрин, іризин та ін., які при гідролізі також утворюють D-фруктозу [6].

У літературі наведено, що залежно від ступеня полімеризації, молекулярної маси і розчинності розрізняють α -, β - і γ -форми інуліну, які під дією різних чинників легко переходять з однієї форми в іншу. В α -формі інулін є білим аморфним порошком, який легко розчиняється у воді й осаджується етанолом [3, 6]. При 40 тривалому зберіганні інулін в α -формі може перетворитися на важкорозчинну в холодній воді кристалічну β -форму. При цьому властивості інуліну в β -формі практично ідентичні властивостям низькомолекулярного інуліну, α -інулін активніший і тільки γ -інулін має максимальну біологічну активність.

Перетворення інуліну на γ -форму залежить з температурами технологічних процесів обробки інуліну. Всі форми інуліну взаємно перетворюються. Саме тому спосіб виділення інуліну має значний вплив на біологічну активність [4, 6].

За інформаційними джерелами встановлено, що інулін може бути у циклічній формі, яка містить 6, 7 або 8 фруктофуранозних кільця. Олігомери зі ступенем полімеризації до 5 мають структуру, що нагадує конформації циклоінулоксалоз [6].

1.2. Основні етапи виробництва інуліну та основні відмінності між відомими методами

Етапи виробництва :

- підготовка рослинної сировини до екстрагування,
- екстрагування інуліну, очищення екстракту,
- виділення інсуліну в концентрованому вигляді і сушка.

Відмінності між відомими в даний час способами виробництва інуліну зазначаються у виборі:

- режимів попередньої підготовки інулінвмісної сировини,
- виду екстрагента,
- способів екстрагування
- способів очищення екстракту
- способів отримання готового продукту.

1.3. Коротка характеристика патентованих способів

Значна кількість способів виробництва інуліну ґрунтуються на використанні свіжезібраного очищеної і вимитої сировини [2].

Запатентовано ряд способів, які передбачають екстрагування інуліну з рослинної сировини, стабілізованої в результаті її попередньої сушки [1].

У більшості розглянутих способів екстрагування інуліну проводиться при підвищених температурах водою або сольовими розчинами [2, 3].

Ряд технологій передбачає екстрагування органічними розчинниками при низьких температурах [3,5].

Запатентовані способи, в яких екстрагування замінено на процес відділення інулінвмісного соку з застосуванням фізико-механічних методів [8,9,12].

Ряд способів передбачає проведення в процесі екстрагування додаткових операцій таких, як бланшування рослинної сировини [4], обробку ультразвуком [5], вібраційний вплив [4], обробку ферментами [4,5].

Очищення інулінвмісного екстракту і отримання кінцевого продукту проводиться з використанням активованого вугілля [5], карбонату кальцію [4], фосфорної кислоти [1], іонообмінних смол [4,7] ультра - і нанофільтрації [4,6] і хроматографічних методами [5].

Для осадження інуліну з інулінвмісного екстракту використовуються водні розчини етилового спирту різної концентрації [2,3].

На завершальному етапі виробництва інуліну перед етапом сушіння виділяють кристалізацією [6], фільтрацією і концентруванням екстракту [1], осадженням і фільтрацією [2,8].

1.4. Запатентовані способи виробництва інуліну

Розглянемо деякі способи виробництва інуліну. Городецький Г.Б. запатентував спосіб, який передбачає екстрагування інуліну гарячим сольовим розчином з наступною фільтрацією інуліну і депігментацією отриманого екстракту

на аніонітах, концентрування, осадження інуліну з попередньо нагрітого концентрату розчинником, переважно етиловим спиртом, узятим в обсязі, рівному 1,5-2,5 від обсягу концентрату, фільтрацію, промивання етиловим спиртом і вакуум-сушку [2].

Запатентований спосіб отримання інуліну з коренів кульбаби лікарської, який передбачає обробку подрібненої рослинної сировини водою протягом 3-5 діб. Інулін осаджують 96%-вим етиловим спиртом при температурі нижче мінус 15 ° С [3].

Відомий спосіб, який передбачає подрібнення бульб топінамбура, змішування з водою у співвідношенні 1: 4, бланшування при температурі 70 ± 2 ° С протягом 15 хвилин, екстрагування водою із застосуванням вібраційної обробки при частоті коливань 6,6-23 Гц і амплітудою $A = 5$ мм протягом 30-60 хв і відділення соку. Отриманий сік піддають послідовної ультрафільтрації на полуволоконних фільтрах AP-2 з розміром пір $1,2 \div 1,8 \times 10^{-6}$ м і AP-6 з розміром пір $0,2 \div 0,4 \times 10^{-6}$ м. Отриманий концентрат очищають на іонообмінних колонах до змісту в ньому інуліну 20-21% [4].

У Китаї запатентований спосіб виробництва інсуліну, що включає очищення свіжого топінамбура, подрібнення, екстрагування в гарячій воді при температурі 90-100 °С, фільтрацію, очистку активованим вугіллям, катіонообмінними і іонообмінними смолами, нанофільтрацію і распилювальну сушку [5].

Розроблено спосіб екстракції інуліну з цикорію. Процес екстрагування інуліну включає мийку, подрібнення, водну екстракцію, фільтрацію в первинному фільтрі, трубчатому фільтрі, ультрафільтрацію і знебарвлення, нанофільтрацію, концентрування, знебарвлення, вторинну фільтрацію, електродіаліз, концентрування і висушування розпиленням [6].

Запатентований спосіб, що включає виділення високомолекулярного інуліну шляхом кристалізації з розчину з наступним очищенням і сушінням, що відрізняється тим, що утворюються в процесі виділення високомолекулярного інуліну неутілізіруєміе фруктозан зі ступенем полімеризації $СП > 2$, знебарвлюють активованим вугіллям марки ОУ-В в суміші з перлітом 1: 1, випарюють під вакуумом з залишковим тиском $120 \div 150$ мм рт. ст. (15,8 кПа \div 19,7кПа) і

температурі $55 \div 60$ ° С до змісту сухих речовин $25 \div 30\%$ і сушать на розпилювальній сушарці з отриманням дрібнодисперсного порошку [7].

ТОВ «Фабрика Біотехнологія» запатентований спосіб отримання інуліну з бульб топінамбура, що включає його кристалізацію і сушку, що полягає в тому, що з подрібнених бульб топінамбура за допомогою фізікомеханічного відділення водорозчинних речовин отримують сік, з якого за допомогою нагрівання до $80-85^{\circ}\text{C}$ протягом 1-3 хв і фільтрування видаляють білкові і пофарбовані речовини, після чого сік очищають за допомогою ультрафільтрації, діафільтрації і нанофільтрації, освітлюють за допомогою активованого вугілля, концентрують і з отриманого розчину кристалізують інулін, причому відділення водорозчинних речовин здійснюють не пізніше, ніж через 5-10 хв після подрібнення бульб [8].

У Мексиці розроблений спосіб екстрагування інуліну з агави за допомогою механічних екстракторів. Процес екстрагування ведеться без термічної дії на сировину, в основному при температурі від 20 ° С до 25 ° С. У розчин переходить до $27,8\%$ фруктановмісних продуктів [9].

Запатентований спосіб отримання високоочищеного інсуліну, відповідно до якого подрібнені бульби топінамбура екстрагуються 25% -вим водним розчином етанолу при співвідношенні сировина-розчинник 1: 1, при температурі $1-4$ ° С протягом 10 днів. При цьому екстрагент подають під час різання, екстракт відокремлюють, очищають за допомогою ультрафільтрації на мембранах УАМ-50 і послідовно на катіонітах КУ-7 і аніонітах АВ-17 і потім висушують [10].

Відомий спосіб отримання інуліну з топінамбура, що включає різання топінамбура, обробку ферментом, інактивівацію ферменту, додавання води, фільтрування, знебарвлення з використанням активованого вугілля, видалення домішок, центрифугування, видалення білка, осадження в розчині етанолу, центрифугування, обробку з іонообмінної смолою або ультрафільтрацію, концентрування під вакуумом і распильтельную сушку [11].

Вченими КНР запатентований спосіб отримання інуліну, який передбачає подрібнення бульб топінамбура, віджимання соку, додавання окропу (1: 1), підігрів до 80°C , внесення карбонату кальцію, фільтрацію, упаривание фільтрату,

кристалізацію при 3-40С протягом 5 діб, фільтрування, розчинення осаду в гарячій воді при 75°С, фільтрування, очищення аніонітом, додавання до елюат оксиду алюмінію, нагрів при 750С протягом 30 хв., додавання карбонату кальцію, нагрів, фільтрацію, підігрів фільтрату до 75°С і повторну фільтрацію під вакуумом через шар оксиду алюмінію, очищення катіонітом, промивку водою, очищення аніонітом, знебарвлення активованим вугіллям, осадження 96% -вим етиловим спиртом, охолодження до 4°С, кристалізацію, розчинення осаду гарячою водою, дворазове переосадження 96%-вим етиловим спиртом, кристалізацію, фільтрування, сушку на повітрі при кімнатній температурі [12].

З огляду на той факт, що в процесі зберігання рослинної сировини відбувається упрівання інуліну, для забезпечення ефективного цілорічного виробництва інуліну розроблено ряд технологій, що передбачають етап стабілізації сировини шляхом його сушіння.

У США запатентований спосіб, який передбачає екстракцію висушеного порошку топінамбура гарячою водою протягом 5-15 годин, з додаванням 0,1-0,5% целюлази і пектинази при 40-55 ° С з отриманням неочищеного екстракту інуліну, очищення отриманого екстракту, видалення домішок, очищення із застосуванням ультрафільтраційний мембрани, концентрування над вакуумом і сушку розпиленням для отримання сухого інуліну [13].

ТОВ «Фабрика Біотехнологія» запатентований спосіб, який передбачає мийку топінамбура, нарізку скибочками, висушування їх до вологості 6-10%. Отриманий продукт подрібнюють на борошно. Екстрагування інуліну проводять водою при 80-85° С протягом 1,0 - 1,5 годин.

Інулінвмісний розчин відокремлюють від мезги, освітлюють активованим вугіллям марки «В» в суміші з перлітом і очищають нанофільтрацією з порогом утримання напівпроникних мембран більш 4кДа [14].

Запатентований в Китаї спосіб екстрагування інуліну з використанням ЕМП НВЧ, включає наступні етапи: миття топінамбура, сушка, замочування, обробка ЕМП НВЧ, екстрагування гарячою водою, отримання грубого екстракту, очищення

через іонообмінні смоли, отримання очищеного екстракту, ультрафільтрація, концентрування, сушка [15].

Запатентований спосіб вилучення інуліну з топінамбура за допомогою ультразвукового випромінювання і комплексу ферментів. Процес вилучення інуліну включає нарізку, сушку, подрібнення висушеного продукту, додавання води, додавання ферменту, проведення ультразвукової екстракції, проведення дезактивації ферменту, фільтрацію, очистку з послідовним застосуванням смол D280 і D151, подальшу ультрафільтрацію (поріг утримання - 10 кДа), нанофільтрацію (поріг утримання 0,5 кДа), сушку і подрібнення [16].

Вченими Китаю запатентований спосіб отримання інуліну з топінамбура, що включає мийку бульб, їх різання у вигляді чіпсів, сушку, подрібнення, отримання суспензії шляхом змішування отриманого порошку і води. З суспензії екстракцією витягують інулін, а після екстракції розчин необхідно очистити. Очищений розчин упарюють до вмісту сухих речовин 42-45%, очищений і упарений інулінсодержащий розчин пропускають через нанофільтри з порогом утримання 5 кДа, потім з порогом утримання 6 кДа і відокремлюють розчин, що містить інулін з молекулярною масою 5-6 кДа. Отриманий розчин інуліну піддають кристалізації. Кристали інуліну перемішують з вихідним інулінсодержащим розчином і піддають сушці [17].

Розроблено спосіб виробництва очищеного інуліну з топінамбура, що включає наступні етапи: миття, обробка перекисом водню, сушка, екстрагування гарячою водою, фільтрація, повторне екстрагування протягом 10 хвилин, фільтрація, видалення з екстракту домішок з використанням вапняного молока і фосфорної кислоти. Вапняне молоко вносять до рН до 11-13, витримують при температурі 80-90 ° С протягом 20 хвилин, фільтрують під вакуумом для видалення залишку. Потім вносять фосфорну кислоту до рН до 5-7, витримують при температурі 80-90° С протягом 20 хвилин; фільтрують під вакуумом, отримуючи очищений маточний розчин, сушать розпиленням для отримання порошкоподібного інуліну [18].

Запатентований спосіб виробництва інуліну з кореня цикорію, що включає наступні стадії: очищення, різання, сушка при 50-100 ° С протягом 0,5-10 год., Подрібнення, п'ятиразова екстракція етиловим спиртом з різною концентрацією від

10 до 95%, змішування екстрактів, фільтрація, додавання знебарвлюючих компонентів, повторна фільтрація; концентрація, фільтрація, отримання фільтрату, сушка під вакуумом до вологості 2-10% [19].

1.5. Отримання інуліну з цикорію

Традиційно склалося, що виробництвом інуліну в основному займалися три фірми - голландські та бельгійські. Але останнім часом на ринок виходять дві китайські фірми, які отримали органічний зелений сертифікат США і Канади, і вони виробляють інулін тільки з топінамбура. У південних провінціях Китаю величезна кількість площ зайнято топінамбуром, там побудували перший завод продуктивністю 300 000 тисяч тон, а зараз будується другий завод, який повністю орієнтовано на Японію.

У літературі немає чітких відомостей, в чому різниця між інулін з топінамбура і з цикорію. Але за останньою інформацією фірми ТОВ «Фабрика біотехнології», яка виробляє препарат «Астролін» на основі інуліну з топінамбура, цей вид інуліну має більш високу ступінь полімеризації. Це побічно підтверджують китайські і наші останні дані.

Голландські і бельгійські фірми констатують, що інулін з цикорію містить поліфруктан, що складається з 2 - 60 структурних одиниць фруктози, а у інуліну з топінамбура 3-5% фракції має ступінь полімеризації до 85 одиниць.

Цикорій *Cichorium intybus L.* росте в помірному і тропічному кліматі Євразії та на півночі Африки. Кореневі й листові форми цикорію культивують і застосовують у сільському господарстві для виробництва замітника кави та отримання інуліну [1]. Листові сорти, що відомі у Бельгії, Франції, США, використовують як салатні рослини, окрім того вони мають лікарські властивості (нормалізація обміну кальцію та ліпідів [2, 3], лікування діабету [4], дисбактеріозів [5] тощо [6]).

Запасною сполукою, що синтезується в цикорії й зумовлює наявність лікувальних властивостей, є інулін — полісахарид, який має термінальну молекулу глюкози та ланцюг із фруктозних залишків (таблиця 1.1).

Інулін виробляють із цикорію бельгійські компанії BeneoOrafti та Cosucra, голландська компанія Sensus, а також Shandong Baolingbao Biotechnology Co. Ltd., Guangzhou Zeyu Biotechnology Co. Ltd, Shanghai Winway Biotech Co. Ltd — з Китаю [7, 8]. Застосовують його у медицині та промисловості. У рослинах цикорію інулін знайдено в листках, але переважна кількість його накопичується в коренях [1]. У культурі *in vitro* в рослинах цикорію теж відбувається синтез інуліну [9].

Одним зі способів отримання інуліну може бути культура коренів, що продукує цей полісахарид.

Інулін виробляють із цикорію бельгійські компанії BeneoOrafti та Cosucra, голландська компанія Sensus, а також Shandong Baolingbao Biotechnology Co. Ltd., Guangzhou Zeyu Biotechnology Co. Ltd, Shanghai Winway Biotech Co. Ltd — з Китаю [7, 8]. Застосовують його у медицині та промисловості. У рослинах цикорію інулін знайдено в листках, але переважна кількість його накопичується в коренях [1]. У культурі *in vitro* в рослинах цикорію теж відбувається синтез інуліну [9].

Таблиця 1.1

Хімічний склад цикорію

Компоненти	Вміст у 100 г продукту,г
Вода	94,52
Харчові волокна	4,0
Білки	3,1
Зола	0,9
Незамінні амінокислоти	0,47
Жири	0,318
ПЖК	0,1
Омега 3	0,044
Омега 9	0,037
Вітаміни	
Аскорбінова кислота	2,8
Ніацин (В3)	0,16

Пантотенова кислота (B5)	0,145
Тіамін(B1)	0,062
Піродиксин(B6)	0,042
Фолієва кислота(B9)	0,037
Рибофлавін(B2)	0,027
Бета-каротин(A)0,001	0,001
Макроелементи	
Калій	211
Фосфор	26
Кальцій	19
Магній	10
Натрій	2

Інулін виробляють із цикорію бельгійські компанії BeneoOrafti та Cosucra, голландська компанія Sensus, а також Shandong Baolingbao Biotechnology Co. Ltd., Guangzhou Zeyu Biotechnology Co. Ltd, Shanghai Winway Biotech Co. Ltd — з Китаю [7, 8]. Застосовують його у медицині та промисловості. У рослинах цикорію інулін знайдено в листках, але переважна кількість його накопичується в коренях [1]. У культурі *in vitro* в рослинах цикорію теж відбувається синтез інуліну [9].

Одним зі способів отримання інуліну може бути культура коренів, що продукує цей полісахарид.

Коріння цикорію ретельно промивали і подрібнювали до розмірів частинок порядку 2,0 мм. Визначали оптимальне співвідношення рослинної біомаси і води, оптимальну температуру, рН і тривалість термообробки сировини.

На 100 г подрібненої сировини додавали різну кількість води і при інтенсивному перемішуванні залишали протягом 48 год при температурі 20-22 °С. Після цього екстракт фільтрували і в фільтраті визначали загальну кількість екстрагованих цукрів. Виходячи з отриманих даних, вибрано оптимальне співвідношення рослинної біомаси і води 1: 2. Для прискорення процесу екстракції в залежності від температури сировину обробляли при різних температурах від 45 до

75⁰ С (крок варіювання 5⁰ С). Отримані дані показали, що при низькій температурі (45-50⁰ С) екстрагується 50% загальної кількості інуліну, а при температурі 70-75⁰ С процес екстракції протікає майже повністю. Екстракцію інуліну проводили при різних рН (4,0; 4,5; 5,0; 5,5; 6,0; 6,5; 7,0; 7,5; 8,0) з метою визначення оптимальних умов. Отримані дані показали, що при кислих і лужних умовах екстракції вихід інуліну становить 40-45%, в той час як при рН 6,0-6,5 вихід інуліну значно збільшується.

Таким чином, для ефективного здійснення екстракції на 1кг подрібнених коренеплодів цикорію додавали 2 л дистильованої води (рН-6,5) і при постійному перемішуванні витримували протягом 30 хв при температурі 70-75⁰ С. При цьому екстракт виходить забарвленим.

Для усунення цього недоліку розроблений спосіб освітлення і раффінірованія отриманого екстракту. Для цього в екстракційну воду додавали 0,1% SO₂ у вигляді сірчистої кислоти (H₂SO₃). При цьому екстракт виходить практично безбарвним, не містить фенольних компонентів, але має певну кількість білкових з'єднань. Далі на фільтрат додавали CaCO₃ до рН - 11 при перемішуванні і осад, що випадав відокремлювали центрифугуванням. Надосадову рідину з концентрацією інуліну 10-12% знебарвлювали активованим вугіллям (10-15 г вугілля на 1 л рідини) при 70-75⁰ С, перемішуючи протягом 20-30 хв. Екстракт виходить безбарвним і не містить білкових компонентів. Потім концентрували під вакуумом з отриманням концентрату, що містить 50-55% сухих речовин (СВ за шкалою Брикса). Концентрат охолоджували і обробляли 96% -ним етиловим спиртом при співвідношенні концентрат: етанол 1: 2. Отриманий осад фільтрували, промивали холодною дистильованою водою і висушували [1]. Виділення інуліну з бульб топінамбура та цибулин часнику можна проводити по вищеописаному методу. Екстракція інуліну представлена у вигляді схеми (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Экстракция инуліну

Вихід інуліну при використанні бульб топінамбура становив 82%, при використанні цикорію-18%.

1.6. Висновки до розділу

Розглянуті вище способи отримання інуліну з рослинної сировини мають істотні недоліки.

Способи, що передбачають використання води в якості екстрагента характеризуються досить низькою концентрацій інсуліну в екстракті, підвищеною витратою енергоносіїв в зв'язку з необхідністю створення температурних параметрів, що забезпечують ефективне екстрагування.

Способи, в яких передбачено концентрування інулінвмісного екстракту методом випарювання вологи, вимагають значних енерговитрат.

У разі використання органічних розчинників, наприклад етилового спирту, процес досить тривалий і багатостадійний, потрібні додаткові витрати на організацію пожежо- та вибухобезпечного виробництва.

Забезпечення оптимальних параметрів процесу екстракції вимагає також додаткових витрат на використання холодоагенту.

Тривалі терміни екстракції (до 10 діб) призводять до значного підвищення собівартості готового продукту.

Використання в якості екстрагента етилового спирту призводить також до часткової втрати інуліну, тому що інулін погано розчинний в спиртових розчинах.

Використання в якості екстрагента водних розчинів з рН нижче 6,8 може привести до втрати інуліну в результаті гідролізу. Використання в більшості способів карбонату кальцію для очищення екстракту може призводити до зниження якості цільового продукту.

Способи виробництва інуліну з попередньо висушеної рослинної сировини, поряд з недоліками, описаними вище, мають ряд додаткових недоліків - попередній етап сушіння свіжої сировини призводить до значного збільшення енергоємності процесу і відповідно до підвищення вартості готового продукту. У процесі сушіння свіжої сировини збільшуються втрати інуліну.

Екстракція інуліну з висушеної сировини вимагає додаткового часу на його замочування і істотно ускладнює технологічний процес.

Найбільш перспективним напрямком в удосконаленні технології виробництва інуліну із свіжої рослинної сировини є проведення розробок в галузі використання електромагнітних полів надвисоких частот, інактивує вплив яких на ферментні системи є встановленим фактом, що, в свою чергу, дозволить виключити застосування хімічних реагентів для інактивації окислювальних ферментів.

Крім цього, з огляду на ще більш ефективними способи технології отримання інуліну з свіжеприбраної рослинної сировини, актуальні дослідження з розробки інноваційних технологій підготовки його до зберігання, які забезпечують пригнічення небажаних біохімічних і мікробіологічних процесів, що протікають при зберіганні і призводять до втрати інуліну.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

2.1. Характеристика інуліну

Інулін(*Inulinum*) — це фруктан або глюкофруктан, який має назву завдяки оману високому — *Inula helenium*, з якого він був вперше отриманий.

Серед фруктанів найпоширенішою формою є інулін, у якого залишки β -D-фруктофуранози зв'язані 1 \rightarrow 2 глікозидними зв'язками, цей полімерний ланцюг закінчується залишком α -D-глюкози, що не окиснюється.

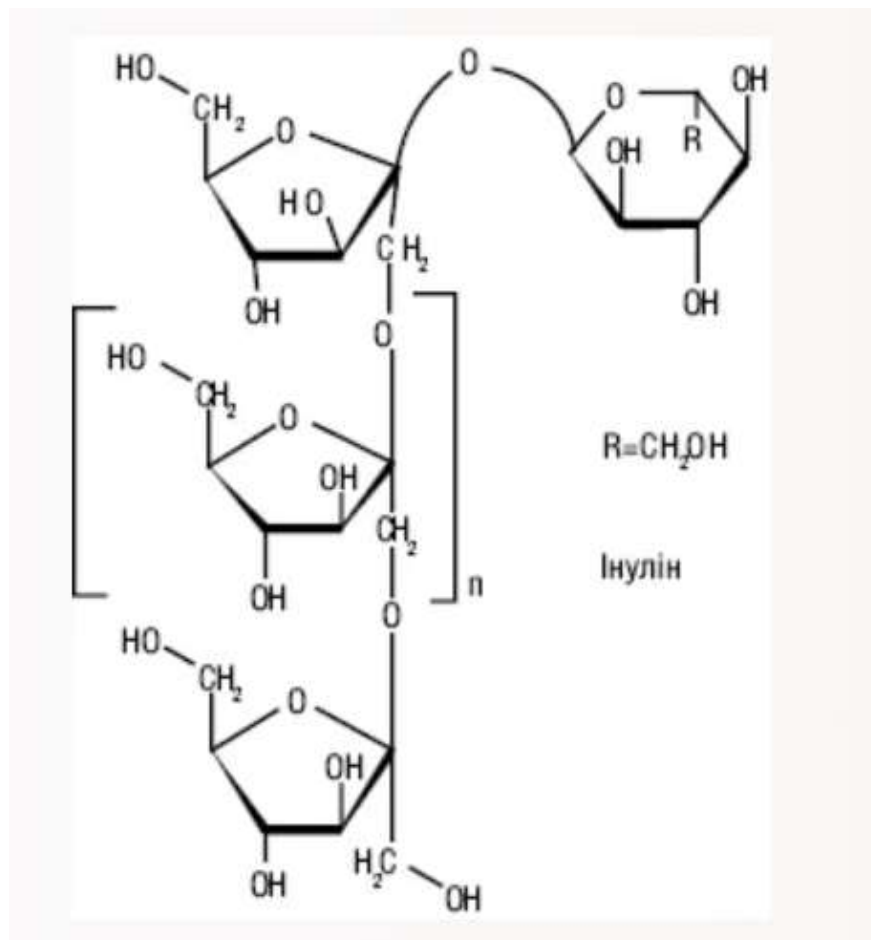


Рис. 2.1. Структурна формула інуліна

У рослинах інулін синтезується із сахарози в результаті поступового трансфруктозилювання. Як і крохмаль, інулін є найважливішою запасною речовиною, однак він менш розповсюджений і накопичується тільки в рослинах деяких родин.

Особливо на нього багаті підземні органи рослин родини айстрових *Asteraceae* (кульбаба, цикорій, топінамбур, оман, жоржина та ін.). Іноді інулін зустрічається у родинях *Stilidaceae*, *Goodeniaceae* і *Campanulaceae*.

Головним чином він накопичується у підземних органах, але зустрічається також у стеблах, листках і квітках, наприклад, відомо, що він концентрується у листках та стеблах гваюли (*Parthenium argentatum*).

Його концентрація залежить від пори року і кліматичних умов. Максимальний вміст інулін відзначається восени і взимку та сягає 25–40%. Ступінь полімеризації інуліну зазвичай становить 30–45, але іноді досягає 100. Молекулярна маса коливається у межах 5000–6000.

Макромолекула легко гідролізується завдяки фуранозній формі фруктози. Інулін погано розчиняється у холодній та добре — у гарячій воді. Під час кислотного гідролізу полісахариду утворюється 94–97% фруктози та 3–6% глюкози. Інулін не реагує з йодом, не відновлює реактив Фелінга. $T_{пл} = 180–185$ °С.

З водних розчинів осаджується спиртом. Водні розчини інуліну колоїдні, рН 10% водного розчину — 4,6–7,0.

Інулін — це білий, аморфний, гранульований, гігроскопічний порошок, майже без запаху, під мікроскопом має вигляд неправильних кутастих часток, питоме (або специфічне) обертання — від 32–40° до 36,5–40,5°. Тотожність інуліну встановлюють за допомогою ТШХ і реакції Моліша.

За кордоном інулін ін'єкційний використовують для діагностики функції нирок, тобто для виміру норми ниркової фільтрації. Інулін виводиться із кровотоку через нирки. Введення інуліну у кровоносне русло і вимір його рівня в сечі за певний період дозволяє визначити, яка кількість інуліну була відфільтрована нирками за цей термін. Застосування інуліну сприяє зниженню рівня глюкози, холестерину й тригліцеридів у крові, він здатний зв'язувати шкідливі речовини, сприяє відновленню ушкодженої стінки судин, поліпшує кровопостачання, нормалізує обмін речовин. Як пребіотик інулін позитивно впливає на біфідобактеріальну мікрофлору ШКТ

Через те, що організм людини не розщеплює β -(1→2)глікозидний зв'язок фруктозанів, Інулін не всмоктується в ШКТ. У товстому кишечнику біфідобактерії під час бродіння розщеплюють інулін до ди- і моносахарів.

Підтримуючи життєдіяльність біфідофлори, він перешкоджає розмноженню сальмонел і колібактерій. Інулін виявляє імуномодулюючу, протипухлинну та протизапальну активність.

Інулінвмісні продукти позитивно впливають на регуляцію обміну речовин при цукровому діабеті, атеросклерозі, ожирінні. Ці продукти діють комплексно й придатні для лікування інфекційних захворювань.

Інулін можна застосовувати як антикоагулянтний комплекс. Як поліфруктан інулін є джерелом отримання D-фруктози.

2.2. Хімічний склад речовини

Полісахарид відносять до складних вуглеводів. Нешкідливий для діабетиків цукор може надати інулін, склад якого: фруктоза (95%), глюкоза (5%) і сахароза в меншій мірі. Останні дві речовини утворюються при розпаді.

Інулін це органічна речовина, а точніше, високомолекулярний вуглевод.

З цього можна зробити висновок, що інулін – полісахарид, молекули складаються з довгих лінійних моносахаридних залишків, що з'єднуються гликозидними зв'язками. Ось чому речовину ще називають полімером D-фруктози.

Хімічний склад інуліну це молекулярний ланцюжок з 30-35 залишків фруктози у вигляді фуранозного з'єднання.

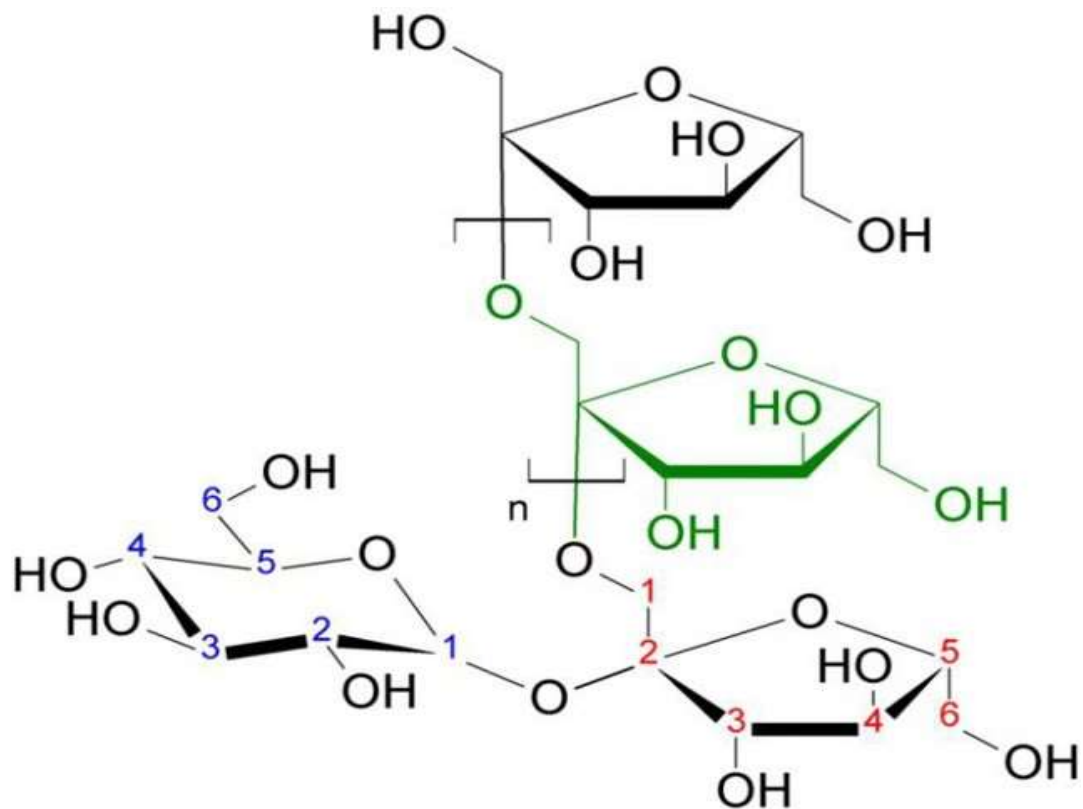


Рис. 2.2. Хімічний склад інуліну це молекулярний ланцюжок з 30-35 залишків фруктози у вигляді фуранозного з'єднання

2.3. Сировина для виробництва інуліну

Джерелами інуліну є звичайні рослини. Їх налічується близько трьохсот видів. Переважно дану речовину добувають не з самих рослин. Що ж це за представники флори, які дарують людству такий важливий поліфруктозан? Перш за все, це такі квіткові сімейства, як:

- складноцвіті (айстри, кульбаби, чорнобривці, чортополох);
- дзвіночкові (дзвіночок дернистий або персиколистий);
- лілійні (лілія кучерява, тюльпан, калохортус);
- лобелієві;
- фіалкові.

Найбільша концентрація інуліну знаходиться в таких рослинах, як цикорій, лопух великий (або реп'ях), топінамбур (або соняшник клубненосний), кульбаба

лікарський (інші назви – кульбаба звичайний або аптечний) , оман високий, жоржини, цикорій, нарцис, гіацинт, а також цибулю і часник.

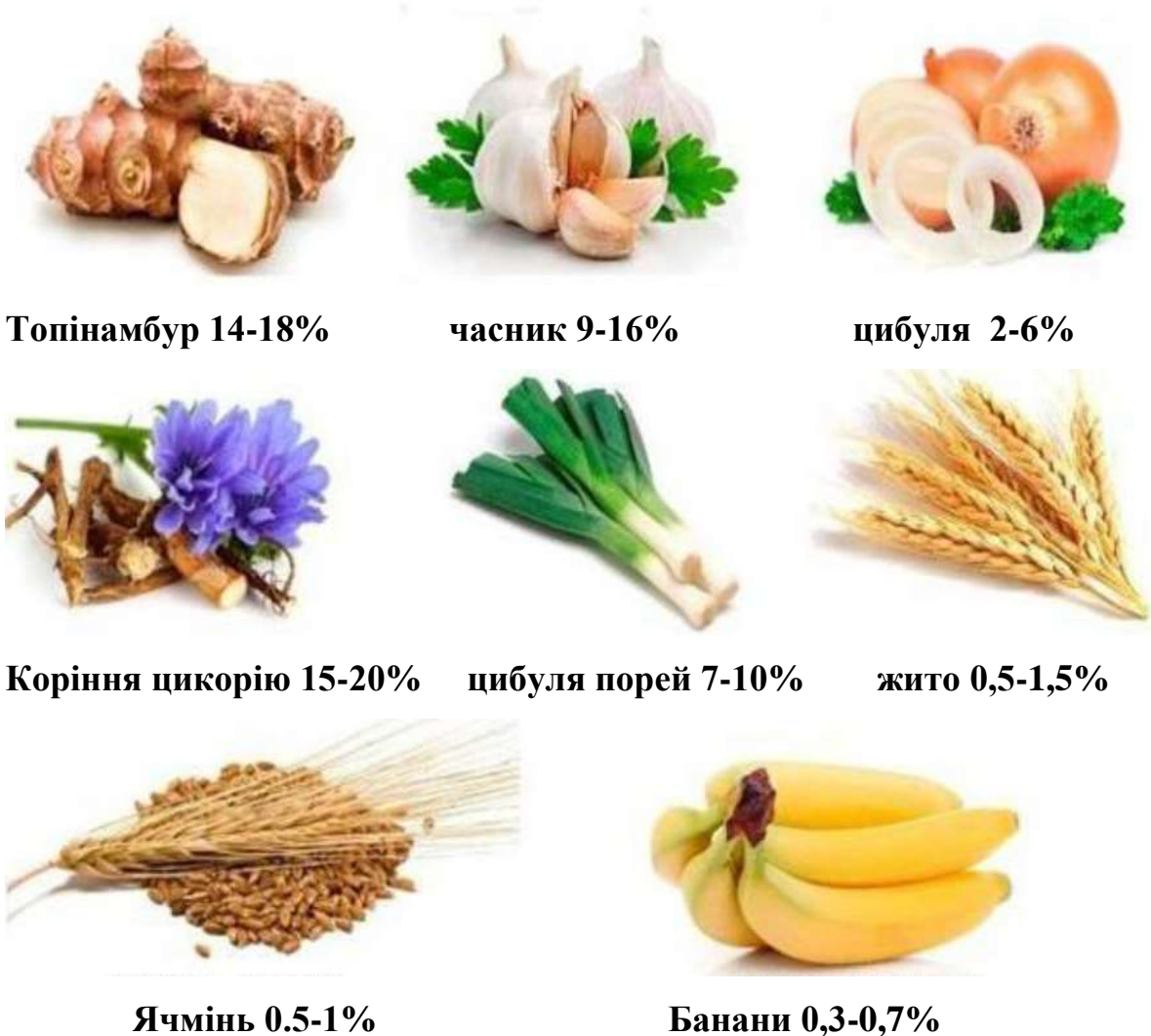


Рис. 2.3. Вміст інуліну в рослинах

Перерахуємо по спадаючій:

- Корінь цикорію – від 15 до 20% – найпопулярніше джерело з надзвичайно високою концентрацією.
- Топінамбур (бульби) – від 16 до 18%
- Спаржа – від 13 до 18% Часник – від 9 до 16%
- Артишоки – від 3 до 10% Лук-порей – від 3 до 10%
- Цибуля ріпчаста – від 2 до 6%
- Ячмінь – від 0,5 до 1,5%

- Пшенична борошно-від 0,5 до 1,5%
- Банани (особливо злегка зелені) – від 0,3 до 0,7%
- Проростки пшениці (популярний учасник оздоровчих меню)

У лікарських рослинах:

- Корінь кульбаби – до 40%
- Корінь оману – до 44%
- Корінь лопуха (сухий) – до 45%
- Ехінацея

Не дивно, що в зборах для діабетиків часто присутні оман, лопух і кульбаба.

При цьому в ньому відчутно менше калорій, ніж у вуглеводах і жирах: всього 1,5 ккал на 1 грам інуліну. Інулін має дуже м'який солодкий смак (приблизно в 10 разів слабкіше цукру). Він універсальний для будь-яких рецептів не тільки замість цукру, але і натомість борошні. Допомагає створити ілюзію жирності за рахунок гелеподібної текстури після поглинання води ослини-пребіотики, що містять інулін

Природний пребіотик, що підтримує діяльність лактобактерій в кишечнику, міститься у великій кількості рослин. Інулін цикорію і топінамбура – безумовні лідери по утриманню і споживання. У менших кількостях пребіотик міститься в таких рослинах, як: кульбаба; часник; ріпчаста цибуля; лопух; жоржин; троянда, гіацинт; мати й мачуха; оман; тубероза; банан; агава.

Найбільший відсоток вмісту корисного полісахариду в перших двох рослинах. Інулін в цикорії міститься в колосальних кількостях: з кореня при певних технологіях вирощування добувають до 75% речовини. У бульбах земляної груші його менше, близько 20%, і він виробляється для фармакологічних розробок і харчової промисловості. Речовина, синтезована з топінамбура, нагадує за структурою крохмаль і клітковину.

2.4. Інулін – користь і шкода

Корисні властивості інуліну застосовуються в медицині і косметології. Включення в щоденне меню продуктів, що містять це органічна речовина, або

пребіотик в концентрованому вигляді незмінно відбитися на роботі шлунково-кишкового тракту і благотворно вплине на здоров'я в цілому.

Інулін не міститься в тваринних продуктах і не виходить синтетичним шляхом. Єдине джерело інуліну – рослинні компоненти. У рослинах він накопичується в кореневій системі і присутній в деяких з них в якості основної речовини.

Всього налічується понад 4 000 видів джерел цього вуглеводу: овочів і трав (екзотичних і тих, що виростають в наших краях); злакових; цибулинних; що відносяться до сімейства складноцвітих рослин.

У більшості випадків поряд з інуліном рослина синтезує інші полісахариди схожої хімічної будови : левулін; псевдоїнулін; інуленін.

Сфери застосування інуліну

Звертаючи увагу на властивості інуліну, його використовують як мінімум в трьох різних областях :

- в харчовій ,
- в фармакологічній ,
- і в косметології.

У харчовій промисловості полімер використовується в якості добавки в соуси і майонези. Також він додає продуктам насичений жирний смак, при цьому не знижуючи їх калорійності. Природний пребіотик із солодким смаком додається в йогурти, низькокалорійні сорти шоколаду і напої для схуднення.

Можна додавати інуліновий порошок в випічку, замінюючи ним до 10% борошна, і в кондитерські креми. Завдяки пребіотикам хлібобулочні вироби вийдуть легкими, збагаченими клітковиною, а крем придбає непередаваний вершковий смак.

Харчовий інулін додається як технологічний інгредієнт в дитяче харчування, молочні і шоколадні продукти, дієтичні вироби, морозиво, соуси, фастфуд. Це обумовлено тим, що полісахарид, з'єднуючись з водою, здатний імітувати відчуття жиру в продукті, так як в даному виді являє собою кремоподібну субстанцію. Подібні властивості речовини стають по-справжньому корисним в процесі приготування знежирених, низькокалорійних продуктів.

Застосування у фармакології. Фармацевтична індустрія використовує інулін для виробництва біологічно активних добавок, які необхідні для лікування, профілактики багатьох захворювань. І на першому місці тут стоїть цукровий діабет, як правило, другого типу. Хоча інулін не є заміною інсуліну, тим не менш, він сприяє значному зниженню рівня цукру в крові людини і зводить до мінімуму ймовірність виникнення небезпечних ускладнень. Інулін харчовий – показання до застосування. При яких захворюваннях можна приймати інулін: гострі, а також хронічні інфекції шлунково-кишкового тракту; дисбактеріоз кишечника; гастрит; ентерит; коліт; цукровий діабет; ослаблений імунітет, часті вірусні захворювання. еректильна дисфункція.

Завдяки своїм характеристикам речовина активно застосовується для лікування багатьох захворювань. Тому з полімеру виробляють різні біологічно активні добавки, які використовуються найчастіше в якості профілактики.

В деяких випадках інулін може виконувати функції інсуліну, тому його можуть вживати діабетики другого типу захворювання. Також даний полісахарид може бути призначений при дисбактеріозах, гострих або хронічних недугах органів шлунково-кишкового тракту, частих ГРВІ, кісткових захворюваннях та інше.

Косметологічне застосування речовини. Завдяки різноманітному спектру дії його можна виявити в складі таких косметичних засобів, як тоніки, шампуні, креми, маски, гелі для душу, антиперспіранти. Також інулін додають в якісну дитячу косметику.

Перш за все, він може посприяти розгладженню зморшок, а також прибере сліди акне і прищів, наситить шкіру киснем і збагатить колагеном, зволожить її і наситить корисними речовинами. Завдяки цьому покращиться регенерація шкірних покривів, а епідерміс стане гладким і ніжним.

Корисний інулін не тільки для шкіри обличчя, а й для шкіри голови. Завдяки його сприятливому впливу волосся цибулини стануть сильнішими і здоровішими, що обов'язково позначиться на самому волоссі. Воно зміцнюється, перестає випадати і сіктися, стає слухняним і шовковистим.

2.5. Спектр дії інуліну на людський організм

У шлунково-кишковому тракті молекула полісахариду інулін піддається впливу соляної кислоти і деяких інших ферментів, в результаті чого вона розщеплюється на фруктозу і інші складові, які відразу ж всмоктуються в кров. Після цього нерозщеплений інулін починає виводитися з організму, але перед цим він зв'язується з глюкозою, за рахунок чого зменшується концентрація цукру в крові, а це життєво важливо для тих, хто страждає на діабет. Ще одна нерозщепленому частина молекули інуліну зв'язується з продуктами порушення метаболізму – ацетоном, холестеринном, жирними кислотами, і виводить їх з клітин організму людини, тим самим благотворно впливаючи на загальне самопочуття і рівень здоров'я. Властивості і формула інуліну близькі до розчинної клітковини.

Він добре розчиняється в воді. Одна з головних особливостей речовини в тому, що на нього не можуть впливати травні ферменти шлунка. Полісахарид вільно проходить в кишківник, де стає живильним середовищем для біфідобактерій. Їх кількість збільшується, а шкідливим патогенам просто не залишається місця. Інулін для кишківника служить корисну службу:

- прискорює процес травлення;
- покращує моторику кишківника;
- допомагає звільнити організм від холестерину;
- засвоювати такі корисні елементи, як кальцій і магній.

Інулін – це такий полісахарид природного походження. На 95% він складається з фруктози. Інулін відноситься до групи пребіотиків – речовин, які майже не адсорбуються кишківником людини. Але зате надають унікальний вплив на організм людини, вибірково діють саме на проблемні місця в організмі людини і призводять до посилення метаболізму і росту корисної мікрофлори в кишківнику.

Щоб забезпечити надходження пребіотика в організм можна приймати його в таблетках або у вигляді порошку (засіб продається в аптеці). Можна ввести в звичний раціон продукти містять інулін: топінамбур, корінь цикорію, цибулю і

часник, банани, ячмінь і жито. Можна знайти полісахарид в родзинках, спаржі, артишоку.

1) Допомога органам шлунково-кишкового тракту.

Перш за все необхідно згадати, що він використовується як пребіотик, тобто допомагає корисним бактеріям, які перебувають в кишківнику, розмножуватися, а також виводить з організму токсичні речовини.

Крім того що даний полімер оздоровлює кишечник і допомагає йому позбутися від негативних бактерій, він очищає такий важливий орган, як печінка, тим самим сприяючи її оздоровленню. Завдяки цьому полісахарид використовується в комплексній терапії гепатиту В і С.

Завдяки використанню препаратів з інуліну поліпшується робота шлунково-кишкового тракту, нормалізується стул, знижується зашлакованість, лікується гастрит і дисбактеріоз.

2) Пребіотик позитивно впливає на хворих на діабет, оскільки знижує рівень глюкози.. Такий ефект можна отримати в результаті: зниження рівня цукру в крові у діабетиків; поліпшення ліпідного і вуглеводного обміну; очищення організму (кров'яного русла) від ацетону, кетонів, радіонуклідів, важких металів. цей полісахарид допомагає активному, і що важливо – повному засвоєнню вітамінів і мінералів, що надходять в організм з їжі або вітамінних аптечних препаратів.

3) Даний пробіотик справляє позитивний вплив на кісткову тканину, стимулюючи її ріст. Щільність кісток збільшиться на 25%, якщо регулярно приймати інулін, користь для організму якого неоціненна.

Ще він сприяє гарній і повній засвоюваності багатьох вітамінів і мінеральних речовин – кальцію, магнію, міді, цинку, заліза, фосфору і багатьох інших. Проведені експерименти довели, що після місяця прийому інуліну концентрація кальцію в кістковій тканині збільшувалася на 18%, а загальна щільність кісткової тканини – на 27%.

Особливо це стосується кальцію, що дуже важливо для людей похилого віку, жінок в період клімаксу, а також тим, хто вже, на жаль, хворий остеопорозом.

4) Експерименти проводилися при прийомі алкоголю. В результаті експерименту симптоми алкогольного впливу зменшувалися, а наслідки алкогольного отруєння – похмілля майже не спостерігалися.

5) Благотворно впливає і на роботу серця і судин.

Достеменно відомо, що прийом інуліну покращує засвоєння організмом магнію, а це призводить до того, що поліпшується діяльність всієї серцево-судинної системи, відбувається відмінна профілактика нападів інсульту, інфаркту, гіпертонічних кризів, поліпшується загальне самопочуття при хворобливих станах. Дана речовина здатна благотворно вплинути і на роботу серця і судин, так як знижує рівень холестерину і амонію.

6) Інулін розріджує кров, що життєво важливо тим, у кого кров густа, підвищений артеріальний тиск, є тромби. Регулярний прийом інуліну захистить від такої небезпечної проблеми, як тромбоутворення

Воно є профілактичним засобом при утворенні тромбів і кров'яних згустків, коригує артеріальний тиск.

7) Підвищує імунітет. Зміцнює захисну функцію організму.

Завдяки своїм властивостям полісахарид сприяє швидкому засвоєнню корисних речовин, мінералів і вітамінів, а також зміцнює захисну функцію організму. Завдяки цьому поліпшується імунна система людини, здатна подолати не тільки простудні захворювання, а й негативний вплив інфекцій, бактерій та ін. інші недуги

8) Полісахарид інулін є ефективним засобом для попередження ракових захворювань. Більше того, дана речовина здатна вивести з організму не тільки шлаки і токсини, а й радіонукліди, і важкі метали.

9) Пребіотик і допомогу в зниженні ваги. Якщо згадати все вищеперелічене, не дивно, що одним з діючих компонентів таблеток або чаїв для схуднення є інулін. В інструкції із застосування даних препаратів повідомляється, що полісахарид сприяє поліпшенню жирового обміну в організмі людини, виведенню калових мас та ін.

Більше того, завдяки тому що дана речовина утворює в шлунку гелеподібну оболонку, яка покриває слизову, настає швидке насичення їжею, яке може тривати досить тривалий час. Тобто полімер знижує постійне відчуття голоду, через що людина менше їсть і худне. Звичайно, щоб побачити результати на власні очі, необхідно почекати, а також поєднувати прийом інуліну з ретельно підібраним дієтичним харчуванням і фізичними вправами.

2.6. Протипоказання та застереження

По-перше, інулін може бути протипоказаний внаслідок алергії на даний полімер. Більш того, його слід застосовувати з обережністю тим, у кого в анамнезі спостерігаються такі недуги, як варикозне розширення вен, геморої, хронічні захворювання дихальних шляхів. Справа в тому, що полісахарид здатний посилити прояви цих хвороб. Також варто пам'ятати, що пребіотик не можна використовувати з антибіотиками, оскільки він може ліквідувати їх діючі компоненти. Через це антибактеріальна терапія не принесе належного ефекту, і одужання стане неможливим. Протипоказання інуліну: індивідуальна непереносимість; активна речовина протипоказано вагітним і годуючим і дітям до 12 років. В такому випадку заборонений прийом препарату як в харчуванні, так і в косметології (маски, креми, лосьйони та інше). Коли засіб застосовується у вигляді біологічної добавки, важливо враховувати інші фактори: Важливо завжди пам'ятати про дозування. Не рекомендується перевищувати щоденну дозу споживаного активного вуглеводу, у дорослих людей вона досягає 5 г в день. Надлишок в організмі інуліну може викликати бактеріальну активність кишківника, стати причиною метеоризму. Інші небезпеки – неякісні БАДи, до складу яких входить пребіотик. При покупці варто звернути увагу на іншу продукцію фірми, ознайомитися з патентом і ліцензією. Інулін – застосування в медицині з мінімальними протипоказаннями і великим багажем корисних властивостей природний полісахарид є відмінною оздоровляючою добавкою для всіх без винятку.

2.7. Препарати в яких міститься інулін

Різноманітні фармакологічні засоби В якості одного з компонентів інулін зустрічається в таких БАДах, як “Мультинулан”, “Фітофлак”, “Гіностеменін” і багатьох інших.

У згаданих вище препаратах основним компонентом є інулін. Інструкція по застосуванню рекомендує, при яких симптомах можна приймати БАД і як це правильно робити. Наприклад, з анотації до перерахованих вище, біологічно активних добавок можна дізнатися, що вони складаються не тільки з інуліну, а й з інших важливих компонентів. Наприклад, в “Гіностеменіне” наявні сапоніни, каротиноїди і мікроелементи, такі як селен, кальцій, магній і цинк. До складу БАДу “Мультинулан” входять такі важливі інгредієнти, як плющевидна будра, кульбаба, липа, хвощ польовий.

Біодобавка “Інулін Форте”. Даний препарат випускається у вигляді таблеток, до складу яких входять сухий порошок топінамбура (інулін) і подрібнені пшеничні висівки, а також пектини, амінокислоти, жири, клітковина, білки, вітаміни групи В, аскорбінова кислота, залізо, кремній, марганець, цинк і так далі. Даний препарат використовують в якості комплексної терапії при лікуванні недуг шлунково-кишкового тракту і захворювань серця і судин. Також він є дієвим засобом при ожирінні, оскільки якісно і глибоко очищає кишківник від шлаків і калових мас, а також знижує апетит. Призначають даний засіб по дві таблетки тричі на добу, під час їди. Що таке біодобавка “Інулін” Даний препарат являє собою стовідсотковий полісахарид в його природному (природному), не модефікованому стані. Може бути показаний фахівцями в якості комплексної терапії або як профілактичний засіб при таких захворюваннях, як дисбактеріоз, холецистит, гепатит, порушення обміну речовин, атеросклероз, цукровий діабет. Магнію, заліза та найкраще приймати курсами по одному-два місяці. Потім зробити перерву в чотири-вісім тижнів і знову відновити прийом препарату. Якщо інулін йде у вигляді таблеток, то, згідно з інструкцією, їх слід приймати в процесі їжі по одній-дві штуки три або чотири рази на день. Якщо ж форма випуску інуліну – порошок або кристали, то їх краще

вживати по одній чайній ложці два-три рази на добу, перед їдою. Дозування препарату дітям до дванадцяти років необхідно зменшити вдвічі. Приймати біодобавку найкраще після консультації з лікарем.

Трохи про вартість препаратів. Якщо говорити про природний інулін, добутий з бульб топіамбура, то його ціна буде від двохсот гривнів за сто таблеток. Якщо ж мова йде про біологічно активної добавки “Інулін Форте” від “Евалар”, то її вартість не перевищуватиме ста гривнів за ті ж сто капсул. Багато людей замовляють порошок полісахариду виробництва Сполучених Штатів Америки – “Орто Пребен” в кількості 240 грамів. Його вартість буде варіюватися в районі чотирихсот гривнів. Як бачимо, інулін – це дуже важливий полісахарид, активно використовується як в медицині, так і в косметології, і харчовому виробництві. Даний засіб має природне джерело.

Завдяки тому що полісахарид очищає кров від токсинів і знижує холестерин, підвищує захисну функцію організму, легко виводить шлаки і якісно відновлює пошкоджені тканини такого органу, як печінка, препарати з інулін призначають для лікування і профілактики таких серйозних хвороб, як гепатит С, цукровий діабет, атеросклероз, ожиріння, гіпертонія, гастрит, простудні захворювання та інші. Однак тут дуже важливо дотримуватися одного простого правила: хоча інулін є біологічно активною добавкою, все ж його слід використовувати обережно і тільки за призначенням фахівця. Не слід займатися самолікуванням або зосереджувати свою увагу на одних тільки біологічно активні добавки. Найчастіше їх призначають в комплексі з медикаментозними препаратами.

2.8. Коротка характеристика способів отримання інуліну

Незважаючи на стрімкий розвиток технічного прогресу, до сьогодення не винайдено способів виробництва синтетичного інуліну. Не виробляється ця речовина і тваринами. Джерело одне – рослини.

Найчастіше добувають інулін з топіамбура або цикорію.

Перш за все сировину, з якої виробляють речовину, подрібнюють, потім поміщають в спеціальне обладнання під назвою екстрактор, в якому за допомогою турбулентних потоків витягують інулін. Він екстрагується в рідкому вигляді, після чого його згущують і чекають прояв осаду, який через невелику кількість часу очищають і висушують.

Виділений полісахарид виглядає як білий порошок, який використовується для отримання фруктози.



Рис. 2.5. Порошок інуліну, який використовується для отримання фруктози.

2.9. Інулін з топінамбура та цикорія.

Як правило у продажу можна часто знайти інулін з топінамбура. Такий препарат отримують шляхом спеціальної обробки особливих сортів топінамбура – селекційних, таких, у яких досить високий вміст інуліну. Сама технологія виробництва дуже щадна, вона дозволяє зберегти максимум корисних речовин при виготовленні цього цілющого порошку! До того ж, унікальна інноваційна технологія представляє кінцевий продукт в максимально сконцентрованому вигляді.

Топінамбур дуже корисний при багатьох гострих і хронічних захворюваннях. Це унікальна рослина дуже високо цінували ще в стародавні століття. А в двадцятому столітті вчені-медики виявили механізми цукрознижуючої дії топінамбура, відкривши в його складі унікальну речовину – інулін.

Сучасними дослідженнями встановлено, що бульби топінамбура майже не накопичують в собі нітрати, які дуже небезпечні і можуть викликати мутації клітин людського тіла, і, як наслідок, розвиток онкологічних захворювань .

Було проведено дослідження, в ході якого вирощувалися топінамбур, редис і картопля в абсолютно однакових умовах і з застосуванням абсолютно однакової кількості «хімії» – нітратів. Після лабораторних досліджень були виявлені досить цікаві результати і встановлено, що в топінамбурі вміст нітратів в 4 рази менше, ніж у картоплі, і в 15 разів менше, ніж в редисі. Цей експеримент змусив учених продовжити свої пошуки, і ось, що вони ще з'ясували. Виявляється, топінамбур має таку здатність – нейтралізувати надходять в нього отруйні речовини (в даному випадку – нітрати) і перетворювати їх в абсолютно безпечні з'єднання.

Крім цього, бульби топінамбура мають величезну кількість заліза, кремнію, цинку, а також магнію, калію, марганцю і багатьох інших мінералів, без яких говорити про дійсно міцне здоров'я та імунітет не доводиться. Багато хто вже знає про користь застосування топінамбура при цукровому діабеті, остеопорозі, порушення обміну речовин і так далі.

При таких серйозних проблемах топінамбур допомагає завдяки вмісту в ньому інуліну.

Чим ще корисний інулін з топінамбура: він уповільнює засвоєння вуглеводів і жирів, що дуже важливо для хворих на цукровий діабет і для тих, хто хоче схуднути. А також інулін, що міститься в топінамбурі, відновлює здорову мікрофлору кишківника і має величезне значення для здоров'я кісток, тому, що допомагає засвоюватися кальцію, який надходить з їжі. До того ж, в самому своєму складі топінамбур – досить «кальційвмісний» продукт.

Авторами США винайдений спосіб отримання інуліну з бульб топінамбура, для медичних, а також харчових цілей [3]. Спосіб отримання інуліну з бульб топінамбура шляхом кількаразового вилучення екстрактивних речовин з водного екстракту вихідної сировини при нагріванні його з відділенням кожен раз з водного розчину і подальшим об'єднанням водних витягів, які необхідно чистити осадженням пектинових речовин сіллю кальцію, після чого екстракційну суміш фільтрують, фільтрат упарюють і відокремлюють осад інуліну, розчиняючи його в гарячій воді, додатково проводять очистку за допомогою оксиду алюмінію з наступним осадженням інуліну. Продукт сушать і подрібнюють за певних умов.

Вищеописаний спосіб дозволяє отримати інулін з великим виходом. Винайдено спосіб отримання інуліну з інулінвмісної сировини. Манешіним В. В. та ін. [21], що включає його кристалізацію і сушку, що відрізняється тим, що з подрібнених бульб топінамбура за допомогою фізико-механічного відділення водорозчинних речовин від нерозчинних у воді волокнистих речовин бульб отримують сік, з якого за допомогою нагрівання до 80-85° С протягом 1-3 хв і фільтрування видаляють білкові і пофарбовані речовини, після чого сік очищають за допомогою ультрафільтрації, діафільтрації і нанофільтрації, освітлюють за допомогою активованого вугілля, концентрують і з отриманого розчину кристалізують інулін, причому відділення водорозчинних речовин від нерозчинних в воді волокнистих речовин бульб здійснюють не пізніше, ніж через 5-10 хв після подрібнення 26 останніх. Пропоноване технічне рішення дозволяє підвищити продуктивність і економічність способу отримання інуліну з топінамбура.

Авторами Шаззо Р. І., Екутеч Р. І. [16] розроблено спосіб отримання інулінвмісного розчину з топінамбура, що включає мийку і подрібнення топінамбура, його екстрагування підкисленою водою, відділення екстракту від твердої фази, фотостерілізацію і розфасовку, що відрізняється тим, що екстрагування здійснюють протягом 15-20 хв при співвідношенні топінамбур - підкислена вода, у пропорції (1: 2) ÷ (1: 2,5), і з отриманого екстракту ультрафільтрацією виділяють фракцію, що містить високомолекулярні сполуки з молекулярною масою більше 1000. У вигляді цільового продукту.

Заявлений Артем'євим В. Д., Васильєвої Ю. П. [15] Спосіб отримання інуліну та інших фруктановмісних продуктів з топінамбура, що включає мийку бульб топінамбура, різання з подальшим подрібненням, отримання суспензії з наступним фільтруванням, знебарвлення інулінсодержащего розчину, поділ його на фракції, очищення від фарбувальних речовин з подальшим вакуум-упариванием розчину при температурі 50-60° С і залишковому тиску 120-150 мм рт. ст., що відрізняється тим, що мийка бульб топінамбура здійснюється періодичним перемішуванням з барботажем і витримкою в воді протягом 2,5-3 ч з подальшою передачею в мийну машину, різання бульб проводиться пластинками у вигляді чіпсів товщиною 1,0-1,5

мм, подрібнення висушеного продукту здійснюється до товщини помолу 20-30 мкм, суспензію отримують шляхом поміщення в реактор з мішалкою і паровою сорочкою подрібненого продукту з поступовою подачею при перемішуванні гарячої води з температурою 85-90 ° С, при цьому отримують гідромодуль 1: (5-6), в якому протягом 1,5-2 години йде екстракція фруктозанов, після закінчення процесу екстракції мезгу відокремлюють центрифугуванням на проточних центрифугах, знебарвлення інулінвмісного розчину здійснюють шляхом пропускання через барабанний фільтр з нанесеним шаром перліту, очищений і упарений розчин шляхом нанофільтрації через нанофільтри з порогом затримання 5000-6000 Так поділяють на розчин з низькомолекулярними фруктозанами і високомолекулярними інулін і на розчин з вмістом інуліну з молекулярною вагою 5000-6000 Та й довжиною ланцюга 1,48 нм.

Також запропонований спосіб отримання інуліну, згідно з яким очищений і упарений інулінвмісний розчин пропускають через нанофільтри з порогом затримання 5000 Дальтон, потім з порогом затримання 6000 Дальтон і відокремлюють розчин, що містить інулін з молекулярною вагою 5000-6000 Да. Отриманий розчин інуліну піддають кристалізації. Кристали інуліну перемішують з вихідним інулінвмісним розчином і піддають сушінню.

2.10. Висновки до розділу

Показано, що інулін використовують у комбінації з іншими активними компонентами вітчизняного виробництва, що містять такі класи сполук, як про- та пребіотики, а також ЛРС, вітаміни, амінокислоти, мінеральні добавки, джерела кальцію та масляної кислоти. Засоби з інуліном застосовуються для профілактики та комплексної фармакотерапії цукрового діабету (II типу), дисбактеріозу, атеросклерозу тощо.

Інулін, що входить до складу наведених засобів, одержують із ЛРС цикорію, топінамбуру, оману, агави, жоржини, ехінацеї, кульбаби.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА ЧАСТИНА

3.1. Технологія виробництва інуліну з різних рослинних джерел

Високомолекулярний і низькомолекулярний оздоровчий ефект інуліну не викликає сумнівів, тому було виділено інулін із різних інуліноносних лікарських рослин, які культивуються. Головною метою було вивчення особливостей екстракції інуліну з вищенаведених рослин і дослідження фізико-хімічних властивостей виділених інулінів. Для проведення такого дослідження інуліномісткі рослини вирощували за однакових кліматичних умов і їх підземні органи (бульби, корені та кореневища) збирались одночасно. Щоб оцінити сировину і вивчити ступінь пошкодження мембрани цитоплазми а також підвищення клітинної проникності під час процесу було використано дифузійний метод клітинної проникності для неелектролітів. Розподіл молекулярної ваги фруктанів було досліджено за допомогою гель-хроматографії з використанням Сефадекса-50 на колонці з діаметром 20 мм і висотою 30 мм. Одержаний інулін в елюатах, гідролізували соляною кислотою до фруктози, потім була проведена спектрометрична оцінка з застосуванням резорцинового методу. Вміст вуглеводів в підземних органах фруктаномістких рослин залежить не лише від виду і умов вирощування, але також і від фази розвитку рослини. У всіх досліджуваних рослин в час нарощування листової маси і початку корене- і бульбоутворення було виявлено моносахариди і олігосахариди. Під час росту рослин середній ступінь полімеризації фруктанів збільшується і досягає максимуму восени. Більшість інуліноносних рослин є чутливими до стресових ситуацій і інулін легко деполімеризується за допомогою ензимів, які звільняються при низьких температурах, а в Україні заморозки розпочинаються в жовтні, то часом для всіх головних досліджень був обраний вересень. Виміри клітинної проникності для неелектролітів показали, що залежно від ступеня пошкодження клітин після механічної обробки із рослинної сировини

екстрагується 20–50% соку. Використання високого тиску не викликало суттєвого зростання виходу соку, але його якість знизилась за рахунок переходу мезги та пульпи внаслідок пошкодження клітинних тканин. Найбільш відомим методом є екстрагування з застосуванням високих температур. Проте змінення температури можуть впливати на якість соку, так як при дуже високих температурах інші небажані компоненти можуть звільнитися, в той час як денатурація білків може спричинити проблеми в пресуванні. Тому, метод екстрагування слід застосовувати тільки з досить твердою сировиною, коли сік неможливо отримати пресуванням при нормальних умовах. Тому для різної сировини були застосовані різні методи обробки. За результатом досліджень впливу різних видів обробки і визначення якісних і кількісних характеристик кінцевого продукту було прийнято рішення використовувати два різних процеси, що є оптимальними для різних видів сировини. Для лопуха і оману, в яких тверде і жорстке коріння виявився кращим метод екстрагування гарячою водою, а для цикорію, який має «м'які» підземні органи, кращим способом одержання соку виявилось пресування з наступним центрифугуванням. Технологічні схеми наведено на рис. 3.1 і 3.2.

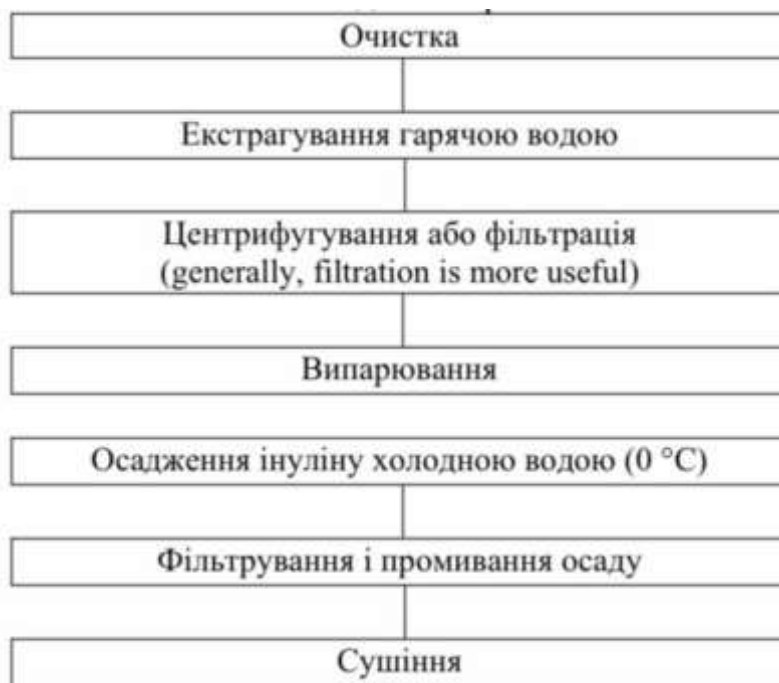


Рис. 3.1. Схема процесу виділення інуліну із лопуха та оману

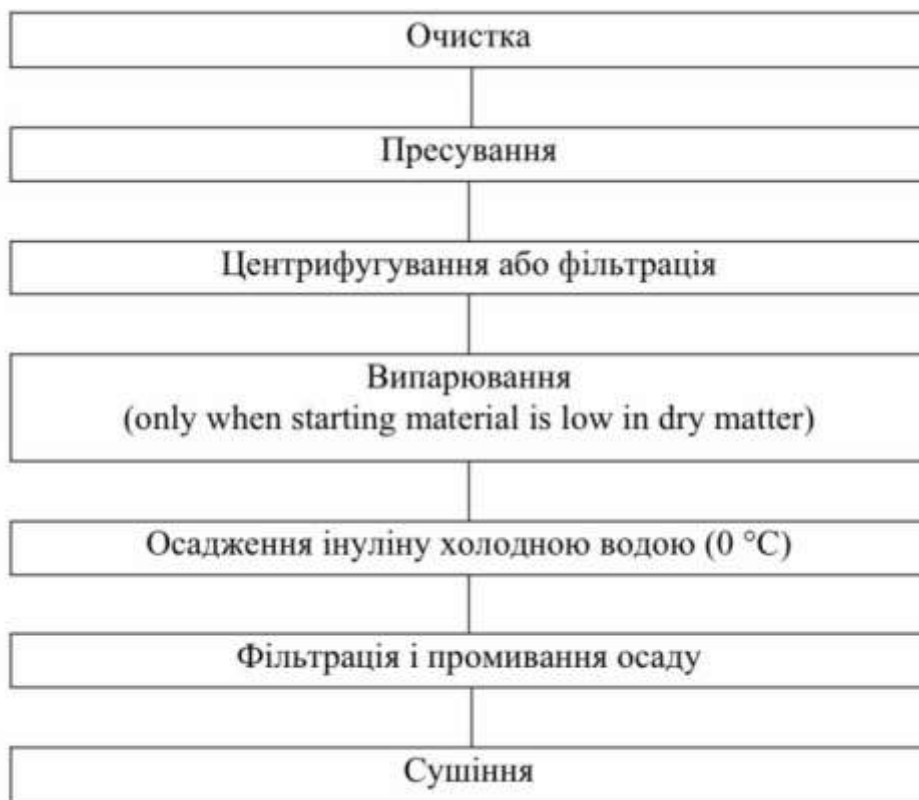


Рис. 3.2 Схема процесу виділення інуліну із цикорію, кульбаби та скорцонери

Проаналізувавши проведені дослідження видно, що найбільший вихід інуліну, виражений в % від сирової ваги сировини (близько 10%) саме в цикорію, а в лопуха та омані досягнуто лише 6%.

3.2. Розчинний натуральний цикорій як сухий харчовий продукт

Інулін одержують з подрібнених обсмажених коренів цикорію *Cichorium intybus L.* шляхом екстракції з використанням в якості екстрагента води і висушування екстракту різними способами і пред'являє до нього ряд вимог, в тому числі за органолептичними показниками і змістом інуліну. Всі доступні джерела інформації повідомляють, що в натуральному цикорії не може бути менше 30% інуліну. Тільки при достатньому вмісті інуліну напій може забезпечити людину адекватною дозою цієї корисної речовини. Для позитивного ефекту дорослій людині

необхідно одержувати близько 2,5 г інуліну на добу. Якщо в сухому цикорії містяться покладені 30% інуліну, це близько двох чашок готового напою в день.

Було показано, що крім пребіотичного ефекту (стимуляції росту корисних бактерій), інулін підвищує всмоктування кальцію в товстій кишці, тобто знижує ризик остеопорозу, впливає на метаболізм ліпідів, зменшуючи ризик розвитку атеросклерозу і, можливо, запобігаючи цукровому діабету II типу, є попередні дані про його антиканцерогенною ефекті [32].

Інулін застосовують при профілактиці та лікуванні функціональних запорів. Інулін забезпечує нормальну мікробіоту кишечника речовинами, що сприяють її розмноженню і, таким чином, сприяє підтриманню нормального складу мікробіоти [33].

Інулін має легкий проносний ефект. Інулін застосовують з метою профілактики кишкового дисбіозу при різних функціональних розладах біліарного тракту [34]

Інулін підвищує всмоктування кальцію і магнію в товстій кишці, знижує рівень тригліцеридів в крові, модулює секрецію інсуліну. Пребіотическій ефект інуліну пов'язаний з тим, що β -зв'язок молекул фруктанов не розщеплюється α -глюкозидази (ферментами) тонкої кишки, в результаті чого вони досягають товстої кишки, де утилізуються мікроорганізмами.

В результаті метаболізму інуліну мікрофлорою в товстій кишці утворюється ендогенна масляна кислота (бутират), і стимулюється ріст бутират-продукуючих бактерій, зокрема, *Faecalibacterium prausnitzii*.

Бутират - це коротколанцюгова жирна кислота (КЦЖК), яка володіє багатьма корисними властивостями, в т.ч. протизапальний ефект. Сукупна дія інуліну і КЦЖК призводить до нормалізації кишкової мікрофлори і стану слизової оболонки товстого кишечника [35].

Переваги екстракту цикорія

1. Знижкє всмоктування глюкози в кишечнику.

Цукор (глюкоза) всмоктується в тонкому кишечнику. Дослідження показали, що коли глюкоза споживається з екстрактом кореня цикорію, всмоктування глюкози

в тонкому кишечнику знижується. Зниження всмоктування глюкози пояснюється підвищеною в'язкістю в кишечнику екстракту кореня цикорію [34]. Отже, при прийомі їжі, що містить глюкозу, на кетогенній дієті, може бути корисно поєднувати її з екстрактом кореня цикорію, щоб зменшити всмоктування глюкози і, отже, реакцію інсуліну.

2. Збільшує кількість корисних бактерій та зменшує кількість патогенних бактерій.

Інулін в корені цикорію стимулює зростання корисних бактерій в товстому кишечнику, званих біфідобактеріями [35,36]. Крім багатьох переваг для здоров'я, біфідобактерії діють як антигенотоксичні представники в товстій кишці, що допомагає зменшити там пухлинні процеси [37]. Також корінь цикорію пригнічує ріст бактерій, які можуть бути патогенними, наприклад *Clostridium histolyticum* / *C. groupu lituseburense* [36].

3. Зменшує гемоглобін глікованого А1С [38].

Гемоглобін А1С - це маркер, який використовується для визначення концентрації глюкози в крові протягом 3-місячного періоду. Більш низькі рівні А1С вказують на більш низький рівень цукру в крові за останні 3 місяці. Це може бути особливо важливо для тих, хто намагається контролювати високий рівень цукру в крові, наприклад для діабетиків 2 типу.

4. Підвищує рівень адипонектину [38].

Адипонектин - це гормон, який виділяється з жирової тканини і допомагає регулювати рівень глюкози. Було показано, що він покращує чутливість до інсуліну, можливо, за рахунок збільшення розщеплення / утилізації жирів і придушення вироблення глюкози в печінці.

5. Підвищує рівень холестерину ліпопротеїдів високої щільності (ЛПВЩ) у сироватці. [39].

Холестерин ЛПВЩ вважається «хорошим» холестерином, тому що він збирає холестерин, який циркулює в кровотоці, і переносить його назад в печінку для можливого видалення.

6. Знижує рівень холестерину ліпопротеїнів низької щільності (ЛПНЩ) у сироватці [39].

Холестерин ЛПНЩ зазвичай вважається «поганим» холестерином, оскільки він може накопичуватися в артеріях і, можливо, перетворюватися в бляшки. Бляшка призводить до закупорки артерій, і якщо його занадто багато, можуть виникнути такі ускладнення, як інсульт або серцевий напад.

7. Знижує співвідношення Аполіпопротеїн В / Аполіпопротеїн А-1 в сироватці [39].

Екстракт кореня цикорію значно знижує рівень аполіпопротеїну В (АроВ), який є основним білком холестерину ЛПНЩ. Аполіпопротеїн А-1 (АроА-1) є основним білком холестерину ЛПВЩ. Ставлення АроВ до АроА1 вказує на ризик ішемічної хвороби серця - чим нижче співвідношення, тим менше ризик.

8. Має протизапальні властивості [40].

Екстракт кореня цикорію зменшує запалення в запалених клітинах товстої кишки людини.

9. Антикancerогенні властивості [37].

Екстракт кореню цикорію знижує ризик раку товстої кишки. Це зниження ризику раку було пов'язано зі збільшенням росту корисних бактерій, біфідобактерій, що зменшують частоту абераційних вогнищ крипт і пухлин в товстій кишці.

3.3. Методика кількісного визначення інуліну у порошці цикорію

Наважку 0,1 г порошку цикорію поміщають в конічну колбу на 250 мл, додають 100мл дистильованої води і розчиняють на водяній бані. (Розчин А).

У круглодонну колбу з шліфом поміщають 1.0 мл розчину, додають 25 мп 5% розчину соляної кислоти, приєднують до зворотного холодильника, нагрівають на киплячій водяній бані 2,5 години.

Після охолодження до кімнатної температури вміст колби кількісно переносять в мірну колбу на 25 мл і об'єм розчину доводять до мітки 5% розчином соляної кислоти (розчин Б).

Визначають оптичну щільність розчину Б при довжині хвилі 285 нм в кюветі товщиною шару 10 мм. Як розчин порівняння використовують розчин, що складається з 1,0 мл розчину А, доведеного в мірній колбі місткістю 25 мл 5% розчином соляної кислоти до мітки.

Вміст інуліну (X) в перерахунку на фруктозу у % обчислюють за формулою

$$X = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{E_{1\text{см}}^{1\%} \cdot m \cdot 1} = \frac{D \cdot 100 \cdot 25}{298 \cdot m \cdot 1},$$

Де X - вміст інуліну, %;

D - оптична щільність досліджуваного розчину (при довжині хвилі 285 нм);

298 - питомий показник поглинання продукту трансформації фруктози після кислотного гідролізу;

m - наважка, мг

Отримані результати укладаються в норму допустимих відхилень для спектрофотометричного методу. Відносна помилка визначення при довірчій ймовірності 0,95 не перевищує 5%. Досліджуваний порошок містить 35,72% інуліну в перерахунку на фруктозу. Результати кількісного визначення інуліну представлені в таблиці 3.1

Таблиця 3.1

Кількісне визначення інсуліну в порошку цикорію

Показник	Значення
Вміст інуліну, %	34,09
	35,24
	35,65
	36,23
	36,39
	36,72
Кількість значень	6
Середнє значення	35,72

3.4. Висновки до розділу

Порошок та екстракт кореня цикорію знижує ризик раку товстої кишки. Це зниження ризику раку було пов'язано зі збільшенням росту корисних бактерій, біфідобактерій, що зменшують частоту абераційних вогнищ крипт і пухлин в товстій кишці.

В кінцевому рахунку, екстракт кореня цикорію є відмінним пребіотиком при дотриманні кетогенної дієти. Було показано, що екстракт кореня цикорію покращує мікробіом кишечника, а також інші показники здоров'я. Мікробіом кишечника і здоров'я взаємопов'язані, тому зазвичай поліпшення мікробіома також демонструє великі переваги для здоров'я.

Було досліджено, що в 100г коренів цикорію міститься близько 35 г інуліну.

ВИСНОВКИ

1. Інулін, що входить до складу наведених засобів, одержують із цикорію, топінамбуру, оману, агави, жоржини, ехінацеї, кульбаби, лопуху.

2. Визначено, що рослинний матеріал характеризується різним відсотком інуліну, найбільше його знаходиться в топінамбурі та цикорії, досліджено, що в 100г коренів цикорію міститься близько 35 г інуліну

3. Було показано, що екстракт кореня цикорію покращує мікробіом кишечника, а також інші показники здоров'я.

4. Проведені дослідження показали, що найвищий вихід інуліну, виражений в % від сирої ваги сировини (близько 10%) отримують із культур з «м'якими» корінням, в той час як з "жорсткої" сировини (лопух і оман) було досягнуто лише 6%.

СПИСК БІБЛОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ

ДЖЕРЕЛ:

1. Литвиненко В.І. Стандартизація рослинної сировини, що містить глюкофруктани / Литвиненко В.І., Трубніков О.О., Попова Н.В. // Фармац. жур. — 2001. — № 3. — С. 37 — 41.
2. Топінамбур - сонячний корінь / Л. Д. Бобрівник [та ін.] // К. : Урожай. — 1995. — 69 с.
3. Химическая энциклопедия: В 5 т.: т.1: А-Дарзана/Редкол.: Кнунянц И. Л. (гл. ред.) и др. — М.: Сов. энцикл. , 1988. — 623 с.
4. The Merck Index 20-ed. — Merck and Co, USA, 1996. — Vol. — 2. —P. 234.
5. The United State Pharmacopoeia, 22 ed. — US Pharm. Conv Inc. 1990. Vol. — 3. — P. 237.
6. Нові хімічні технології. Ринок інуліну чекає виробників [Електронний ресурс] // аналітичний портал хімічної промисловості, URL http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=6590 (дата Звернення: 10.04.2016). Науковий журнал КубГАУ, №118 (04), 2016. року <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/88.pdf> 11
7. Пат. CN101628949, КНР, МПК C08B 37/18, Спосіб виготовлення високоякісного інуліну [Текст] / Yi Yuetao, Feng Dawei, Qin Song і ін. Заявник і власник патенту Yantai Institute of Coastal Zone Research for Sustainable Development- № 200910017835.7; заявл. 07.08.2009. опубл. 20.01.2010.
8. Пат. CN101081874, КНР, МПК C08B 37/00, Підготовка до екстракції інуліну з цикорію [Текст] / Wang Qingjun, Jiang Dunhua, заявник і власник патенту Anshan Zhongxing Medicine Group Co., Ltd- № 200710012062.4; заявл. 12.07.2007; опубл. 05.12.2007.
9. Пат. MX2009008643, Мексика, МПК A23L 1/00, Екстракції агави механічними методами, при кімнатній температурі. [Текст] / Juan Manuel Noriega Gutierrez, заявник і власник патенту Vision Integral Del Sur de Sinaloa, S.A. de

C.V.Vision Integral Del Sur De Sinaloa, S.A. DE C.V- № 2009008643; заявл. 13.08.2009; опубл. 16.02.2011.

10. Пат. CN101731509, КНР, МПК A23L 1/30, A23L 1/09, A23L 1/28, A23L1 / 29, A23L1 / 216, Спосіб вилучення інуліну з топінамбура. [Текст] / Hao Linlin, заявник і власник патенту Hao Linlin- № +200810234876,7; заявл. 20.11.2008; опубл. 16.06.2010.

11. Пат. 2010011965, США, МПК A23L 1/03, Спосіб екстракції інуліну за допомогою біо-ензимів. [Текст] /, Fan Shufeng Liu Juan, Wang Zhuo заявник і власник патенту FAN SHUFENG - № +200810234876,7; заявл. 20.11.2008; опубл. 16.06.2010
Науковий журнал КубГАУ, №118 (04), 2016. <http://ej.kubagro.ru/2016/04/pdf/88.pdf> 12

12. Пат. 1919855, КНР, МПК C08B 37/00, C07H 1/08, C07H 3/06, Метод екстракції інуліну допомогою мікрохвильової техніки [Текст] / Qiu Shuyi, Hu Xiuyi, Wang Guangli і ін., Заявник і власник патенту Guizhou University- № 200610200889.3 ; заявл. 21.09.2006; опубл. 28.02.2007.

13. Пат. CN103435721, КНР, МПК C08B 37/18, Спосіб екстракції інуліну високої чистоти з топінамбура за допомогою ультразвукового методу і комплексного ферменту [Текст] / Qiu Shuyi, Hu Xiuyi, Wang Guangli і ін., Заявник і власник патенту Guizhou University- № 201310413180.1; заявл. 12.09.2013; опубл. 11.12.2013.

14. Пат. 104672352, КНР, МПК C08B, Технологія виробництва очищеного інуліну з топінамбура [Текст] / Zhang Li, Zhao Tongqiang, Du Jianfei, Li Wendong, заявник і власник патенту Zhang Li, Zhao Tongqiang, Du Jianfei, Li Wendong, - № 201410697365.4; заявл. 26.11.2014; опубл. 03.06.2015.

15. Пат. 101012284, КНР, МПК C08B 37/00, Процес підготовки до екстракції інуліну з кореня цикорію [Текст] / Wang Qingjun, Jiang Dunhua заявник і власник патенту Anshan Zhongxing Medicine Group Co., Ltd, - № 200710010017.5; заявл. 09.01.2007; опубл. 08.08.2007.

16. Вавилов П. П. Продуктивность разных сортов топинамбура и топинамбурника в условиях Киевской области / П. П. Вавилов, А. И. Доценко // Известия ТСХА. – 1975. - № 4 — С. 20 — 23.

17. Голубев В. Н. Топинамбур: Состав, свойства, способы переработки, область применения / В. Н. Голубев, Н. В. Волкова, Х. М. Кушалаков. – Киев : Б.и.,1995. – 82 с.
18. Гончарова В. Н. Товароведение пищевых продуктов / В. Н. Гончарова, Е. Я. Голощапова // Киев : Экономика. — 1990. – 270 с.
19. ГОСТ У 52462-2005 Изделия хлебобулочные из пшеничной муки. Общие технические условия. - Введ. 01.01.2008. – Киев : Изд-во стандартов, 2008. – 15 с.
20. Данилова Е. И. Пищевая ценность хлебобулочных изделий / Е. И. Данилова. – Киев : Пищевая промышленность, 1973. - 80 с.
21. Лапшина В. Т. Сборник рецептур на торты, пирожные, кексы, рулеты, печенье, пряники, коврижки и сдобные булочные изделия / В. Т. Лапшина, Г. С. Фонарева. – Киев : Хлебпродинформ, 2000. – 720 с.
22. Люшанский В. В. Возделывание топинамбура / В. В. Люшанский // Сельское хозяйство за рубежом. – 1983. - №12. – С .16.
- 23.Момонова. Г. В. Разработка мембранной технологии хранения топинамбура
: автореф. дис.- кан. техн. наук / Г.В. Момонова. – К.,1995.-21с.
24. Новый метод хранения топинамбура – криосушка / Л. Д. Бобровник [и др.] // Топинамбур и топинсолнечник – проблемы возделывания и использования : тез. Докл. 3-й Всесоюз. Научнопроизводств. Конф.», Одесса, 7-11 окт. 1991. – Одесса, 1991. – С. 118.
25. Пасько Н. М. *Helianthus tuberosus* L. (Морфология, классификация, биология, исходный материал для селекции) : дис. док. с-х. наук / Пасько Н. М. – Київ ,1989.
26. Евтифеева О. А. Оценка метрологических характеристик методики спектрофотометрического определения инулина./ О. А. Евтифеева. Н. Н. Смелова, У. М. Датхаев. К. И. Проскурина // Вестник КазНМУ. – 2014. – № 5. – С. 54–58.

27. Євтіфєєва О. А. Аналітичний огляд методів контролю якості інуліну. Збірник наукових праць співробітників НМАПО ім. П.Л. Шупика. / О. А. Євтіфєєва , К. В. Динник, Н. М. Смєлова Київ, – 2015. – №24 (5). – С. 311–317.

28. Смєлова Н. Н., Кизим Е. Г., Петухова И. Ю., Евтифеева О. А. Разработка методики йодхлорметрического определения глюкозы в БАД с инулином. Мир науки и инноваций. – 2015. – Т. 13. – № 2(2). – С. 58–63.

29. Yevtifieieva O. A. Development and validation of UV-Spectrophotometric method for quantitative determination of inulin by specific absorbance. / O. A. Yevtifieieva , N. N. Smelova, K. I. Proskurina, I. Yu. Petukhova // Der Pharma Chemica. – 2016. – Vol. 8(1). – С. 213–222.

30. Smielova N. M. The assessment of the quality parameters of inulin active pharmaceutical ingredients according to physicochemical characteristics. / N. M. Smielova, O. A. Yevtifieieva, S. M. Gubar //Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2018. – № 2 (54). – С. 6–13.

31. Смєлова Н. М. Контроль якості активних фармацевтичних інгредієнтів інуліну рослинного походження за питомим оптичним обертанням. / Н. М. Смєлова, О. А. Євтіфєєва, Л. В. Вепрецька, С. М. Губарь //Управління, економіка та забезпечення якості в фармації. – 2018. – № 4 (56). – С. 17–21.

32. Juśkiewicz J. Effect of the dietary polyphenolic fraction of chicory root, peel, seed and leaf extracts on caecal fermentation and blood parameters in rats fed diets containing prebiotic fructans / J. Juśkiewicz , Z. Zduńczyk , E. Żary-Sikorska, B.Król, J. Milala, & A. Jurgoński // British journal of nutrition, – 2011.– № 105(5), – P. 710-720.

33. Pazola Z. The chemistry of chicory and chicory-product beverages. Coffee. Related beverages, – 1987.– № 5. – P. 19-57.

34. Kim M., & Shin H. K . The water-soluble extract of chicory reduces glucose uptake from the perfused jejunum in rats. The Journal of nutrition, – 1996 – № 126(9). – P. 2236- 2242.

35. B. Kleessen Effects of the extract from roasted chicory / B.Kleessen, S. Schwarz, H.Boehm, H.Fuhrmann //British journal of nutrition, – 2007. – № 12. – P. 23-41.

36. Richter A. Jerusalem artichoke and chicory inulin in bakery products affect faecal microbiota of healthy volunteers / A.Richter, T.Henle & M.Krueger // *British Journal of Nutrition*, – 2011. – № 8(3), – P.540-549.

37. Menne E. Fn-type chicory inulin hydrolysate has a prebiotic effect in humans / E. Menne, N. Guggenbuhl , & M. Roberfroid // *The Journal of nutrition*, – 2000. – № 130(5). – P.1197-1199.

38. Pool-Zobel B. Experimental evidences on the potential of prebiotic fructans to reduce the risk of colon cancer / B.Pool-Zobel, Van Loo , I. Rowland & M. B.Roberfroid // *British Journal of Nutrition*, – 2012. – № 87(2). – P.273-S281.

39. Nishimura M. Effects of the extract from roasted chicory (*Cichorium intybus* L.) root containing inulin-type fructans on blood glucose, lipid metabolism, and fecal properties / M. Nishimura, T.Ohkawara, T. Kanayama, K. Kitagawa, H. Nishimura, & J. Nishihiram// *Journal of traditional and complementary medicine*, – 2015. – № 5(3). – P.161-167.

40. Kim M., & Shin, H. K. The water-soluble extract of chicory influences serum and liver lipid concentrations, cecal short-chain fatty acid concentrations and fecal lipid excretion in rats. *The Journal of nutrition*, – 1998. – № 128(10). – P.1731-1736.

41. Cavin C. Inhibition of the expression and activity of cyclooxygenase-2 by chicory extract / C.Cavin, M. Delannoy, A. Malnoe, E. Debeffe, A. Touché, D. Courtois, & B.Schilter // *Biochemical and Biophysical Research Communications*, – 2005. – № 327(3). – P. 742- 749.