

За умови використання макролофуса та сумісного використання *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. та *Macrolophus nubilus* H.S. спостерігали найменший бал пошкодження огірків під час внесення суміші видів. На 49-у добу спостережень бал пошкодження становив 0,8 та 0,2, але ця різниця між показниками статистично не достовірна ($t_{ст.}=0,01 < t_{кр.}=2,14$), тобто не має статистично значущої різниці.

Порівнюючи ефективність використання фітосейулюса у співвідношенні 1:10 та сумісного використання *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. (30 особин на рослину) з *Macrolophus nubilus* H.S. (10 особин на рослину) на 49-у добу спостережень бал пошкодження рослин виявився однаковий.

Слід відмітити, що під час використання *Phytoseiulus persimilis* Ath.-H. та *Macrolophus nubilus* H.S. проти шкідливих фітофагів не виявлено резистентних та токсикогенних форм *Tetranychus urticae* Koch. Супутні дослідження показали, що на відміну від хімічного захисту, біологічний контроль шкідливих фітофагів на огірках та помідорах сприяв збереженню механізмів саморегуляції екосистеми в умовах закритого ґрунту.

Висновки

Визначено, що за умови сумісного використання зоофагів проти *Tetranychus urticae* Koch. найбільш ефективним є співвідношення фітосейулюса 20 особин на рослину та макролофуса 10 особин на рослину.

Використання зоофагів унеможливує появі резистентних і токсикогенних форм звичайного павутинного кліща, що сприяє збереженню механізмів саморегуляції екосистеми в умовах закритого ґрунту.

Література

1. Акимов И.А. Биологические основы вредоносности акароидных клещей. - Киев: Наукова думка, 1985. - 160 с.
2. Белякова Н.А. Особенности современных технологий массового разведения энтомофагов // Защита и карантин растений. М.: Колос - 2008, № 10. - С.18-20.
3. Вредители овощных культур в закрытом грунте // Настоящий хозяин. - 2007, № 6, С.3-9.
4. Заостровных В.И., Исакова М.С. Вредители огурца на светокультуре в защищенном грунте и меры борьбы с ними. КГСХИС.- 2004.- С.1-7
5. Ижевский С.С. Новое в защите тепличных культур // Защита и карантин растений. - М.: Колос, 1998. - № 8. - С. 45-46.
6. Надыкта В.Д., Исмаилов В.Я. Коваленков В.Г. Биологическая защита растений, ее современная концепция и перспективы развития в XXI веке. Conference Biological Methods in Integrated Plant Protection and Production. Institute of Plant Protection. Poznań, Poland 15-19 May, -2006.- С. 33-34.
7. Поспелов В. П. Энтомология. М.- Л., 1935.- 414с
8. Рудаков В.О., Гуменная Г.Н. Возможности биометода при производстве овощей в защищенном грунте // Агро XXI.- 2008. - № 1-3. - С. 20-22

УДК 664.002.35:573.6

ВИВЧЕННЯ ФЕРМЕНТАТИВНИХ СИСТЕМ ТОПІНАМБУРУ ДЛЯ ОТРИМАННЯ ІНУЛІНУ ТА ІНУЛІНОПОДІБНИХ РЕЧОВИН IN VITRO

Безусов А.Т., д-р техн. наук, проф., Пилипенко І.В., канд. техн. наук, ас.,

Средницька З.Ю., ст. наук. співр.

Одеська національна академія харчових технологій

Регуляція клітинного метаболізму шляхом зовнішнього впливу на бульби Helianthus tuberosus L. дозволяє індуктувати синтез специфічних поліфруктозанів з метою збільшення їх вмісту у сировині та розробки ефективного способу їх вилучення

The cells metabolism regulation of root Helianthus tuberosus L. by outer influence indicates the specific polyfructosans synthesis for their contents increasing, and searching ways for effective obtaining polyfructosans

Ключові слова: топінамбур, інулін, інуліноподібні речовини, інулаза, заморожування, поліфруктозани

Більшість сировини, що використовується для промислової переробки у харчовій галузі є глюкозовмісною. Проте в останні роки все більше виявляється цікавість до використання у харчуванні людини не тільки глюкозовмісної сировини, але й нетрадиційних рослин, що містять фруктозо-, манозо-, арабінозо- та ксилозовмісні полісахариди. Це пов'язано з тим, що одноплановий (глюкозний) підхід до вуглеводного харчування людини є згубним.

Більш ефективним є використання різноманітних комплексних полісахаридів у харчуванні, які не гідролізуються ферментами шлунково-кишкового тракту, а тільки мікроорганізмами товстого кішківника та мають низький глікемічний індекс. Введення у раціон людини комплексних полісахаридів має позитивний ефект у функціонуванні організму у цілому та у останні часи активно використовується для профілактичного харчування при багатьох захворюваннях. Саме комплексні полісахариди й визначають фізіологічну активність багатьох харчових добавок.

Поліфруктозани, збудовані на основі фруктози – мінорного моносахариду, відповідно, мають високу фізіологічну активність. Саме це й визначило пошук синтезу поліфруктозанів природним шляхом.

Оскільки фруктозани, як полісахариди неглюкозної природи, є термолабільними сполуками, тоді виникає ряд ускладнень при їх промисловому виробництві.

Різнорганітність процесів, які проходять у рослинній клітині пов'язано із діяльністю специфічних регуляторних механізмів. Кожен метаболічний шлях включає декілька ферментативних реакцій. Регуляція клітинного метаболізму проходить на двох рівнях – на рівні синтезу ферментів та на рівні зміни їх активності. Перший тип регуляції – забезпечення співвідношення між швидкістю синтезу клітинного білка, утворення ж катаболічних ферментів регулюється шляхом індукції.

Економічність клітинного метаболізму пов'язано з синтезом ферментів у разі виникнення необхідності, в той саме час як ферменти, що є необхідними для синтезу основних структурних компонентів, утворюються безперервно.

Метою роботи було вивчення впливу зовнішніх факторів на зміну активності ферментів класу трансфераз та гідролаз, що містять бульби топінамбуру. Встановити параметри найвищої активності ферментів, що синтезують фруктоолігосахариди та гідролізують інулін.

Вуглець, що фіксується рослинами у процесі фотосинтезу, може бути використаний у біохімічному синтезі різних сполук, в тому числі, структурних вуглеводнів, подібних до целюлози, ксилюглюкану, пектину та неструктурних вуглеводнів, таких як цукроза, крохмаль, фруктани.

З трьох типів неструктурних вуглеводнів у більшості рослин накопичується крохмаль. Але у деяких рослин продукти фотосинтетичних реакцій накопичуються у вигляді поліфруктозанів – полімерів фруктози. Вперше подібну речовину було знайдено у екстрактах бульб *Inula Helenium*. Систематичні вивчення фруктанів дозволили зробити висновки, що поліфруктозани утворюються шляхом подовження молекули цукрози за рахунок послідовного приєднання фруктозних залишків.

Екстракти, отримані з рослин, що накопичують фруктозани, мають у своєму складі не тільки власне поліфруктозани, але й структурно близькі до них олігосахариди з коротшим ланцюгом.

Молекули фруктанів та олігосахаридів зазвичай закінчуються залишками цукрози. Усі фруктани поділяють на групи:

- фруктани типу інуліну, у яких фруктозильні залишки приєднані один до одного β -2-1-зв'язками;
- фруктани типу левану (флеїну), у яких фруктозильні залишки приєднані один до одного β -2-6-зв'язками;
- фруктани змішаного типу, у яких присутні як β -2-1-зв'язки, так і β -2-6-зв'язки.

Ці сполуки відрізняються за хімічними властивостями та будовою. Найбільш повно вивчений інулін, що виділяють з бульб георгіну та земляної груші, у яких на його частку припадає до 50% сирової ваги. Інулін у цих рослин присутній також у колоїдному стані у тканинах стебла, тоді як у листі, що містять цукрозу та крохмаль, інулін відсутній.

Відомо, що у зернових злаків навпаки листя, як правило, не містить крохмалю, а цукроза та фруктани у них присутні. Саме ці факти дозволяють зробити висновки, що у рослин поряд одним з одним ефективно працює два ферментативні механізми накопичення запасних речовин, кінцевими продуктами яких є крохмаль та специфічні поліфруктозани. Таким чином, виникає питання можливості визначення ферментативного механізму синтезу інуліну та його активування.

Відомо, що механізм біосинтезу інуліну в рослинах проходить шляхом трансфруктозидазних реакцій, причому донором фруктозних залишків, що необхідні для будови інуліну, є уридиндифосфатфруктоза [1].

Слід також відмітити, що поряд з ферментативними механізмами накопичення запасних речовин у рослин відбуваються також процеси гідролітичного розпаду інуліну. Інулаза (β -1,2-фруктанфруктаногідролаза) гідролізує β -1,2-зв'язки в інуліні, відщеплення починається з D-фруктозного кінця полімеру із утворенням фруктози та продовжується до останнього зв'язку, у результаті цієї реакції утворюється єдина молекула глюкози на молекулу інуліну [2].

Після проведення аналітичного пошуку в якості об'єкту дослідження було обрано топінамбур, як рослину, що накопичує специфічний поліфруктозан – інулін у найбільшій кількості серед рослин.

Топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.) є нетиповим представником рослинного світу, резервні речовини – продукти фотосинтезу якого накопичуються у вигляді крохмалю (листя, стебла) та запасуються шляхом синтезу поліфруктозанів (бульби).

Саме у бульбах топінамбуру міститься фруктозовмісний полісахарид інулін, що має низький глікемічний індекс, його широко використовують у лікувально-профілактичному харчуванні. Деякі дослідники відносять його до „рослинного інсуліну”, але це не зовсім правильно, оскільки інулін не відносять до гормонів та дія його на організм людини відбувається зовсім за іншим принципом.

У теперішні часи бульби топінамбуру використовують здебільшого у сухому подрібненому вигляді. У той самий час очищений полісахарид інулін, що має лікувально-профілактичні властивості, оцінюється на світовому рівні до 6-8 доларів за грам. Однак очищений інулін у країнах СНД практично не виробляється. Це пов'язано з його нестабільністю при виробництві та великими витратами при очищенні та хімічному виробництві.

Нами було досліджено хімічний склад складових рослин, що культивуються в Одеській області, результати досліджень наведено у таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад топінамбуру за складовими частинами

Об'єкт аналізу	Суха речовина, %	Протеїн, %	Жири, %	Клітковина, %	БЕР (Безазотисті екстрактивні речовини), %	Зола, %
Зелена маса	18,0	10,0	1,8	18,1	55,0	14,3
Бульби	19,2	11,4	1,0	4,2	78,0	5,8

Аналітичні дані [3,4] свідчать про високу морозостійкість топінамбуру з можливістю подальшого проростання, яку і забезпечує саме наявність поліфруктозанів (до $(-30)^{\circ}\text{C}$).

Специфічний вуглеводний комплекс топінамбуру забезпечує його різнопланову фізіологічну дію при споживанні та представлений не чистим інуліном, а його сумішшю з левулезанами, чи інулінами, до яких відносять таких представників, як псевдоінулін, інуленін, геліантин та синантрин [5].

Проведені дослідження сезонної динаміки вуглеводного складу топінамбуру вказує, що найбільш значний вміст інуліну ми спостерігали у бульбах осіннього врожаю, причому фізична обробка заморожуванням незначно, але збільшувала його вміст, кількість редуруючих речовин при заморожуванні практично не змінювалась (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив заморожування на накопичення інуліну у бульбах топінамбуру різних строків збору

Бульби топінамбуру	Вуглеводні, % від маси сухої речовини	
	Редууючі речовини	Інулін
Осінній збір	22,19	21,0
Осінній збір з заморожуванням до $(-14)^{\circ}\text{C}$	22,9	22,0
Весняний збір	10,13	7,5
Весняний збір з заморожуванням до $(-14)^{\circ}\text{C}$	14,5	12,9

Заморожування в обох випадках провокувало збільшення вмісту інуліну, причому у випадку топінамбуру весняного збору вміст інуліну підвищився більш, ніж у 1,5 рази.

Даний експериментальний результат свідчить про можливу фітоімунну відповідь на заморожування у бульбах із синтезом або активізацією ферментних систем – каталізаторів синтезу поліфруктану – інуліну.

Ферментами, що каталізують накопичення інуліну є сахароза-сахароза-фруктозилтрансфераза та фруктан-фруктан-фруктозилтрансфераза. В той саме час обробка заморожуванням пригнічує діяльність інулази.

Таким чином, для розробки ефективного способу отримання інуліну може існувати два шляхи:

— розробка параметрів попередньої обробки непошкоджених бульб топінамбуру з метою активування ферментних систем, що відповідають за синтез інуліну та інуліноподібних речовин, з подальшим їх вилученням;

— розробка способу отримання специфічних ферментів, що відповідають за синтез інуліну та інуліноподібних речовин, їх вилучення та подальше використання для отримання інуліну *in vitro* на відповідних субстратах.

Подальші дослідження у обох напрямках дозволять розробити ефективні способи отримання інуліну та інуліноподібних речовин шляхом керування їх синтезу у живих рослинах та на відповідних субстратах.

Література

1. Плешков Б.А. Биохимия сельскохозяйственных растений. – М.: Агропромиздат, 1987. – 494 с.
2. Брухман Э.Э. Прикладная биохимия. – М.: Лёгкая и пищевая промышленность, 1981. – 296 с.
3. Л.Г. Антоян, А.М. Балаян Использование метанового брожения для переработки и утилизации отходов топинамбура. – Биогаз: Проблемы и решения. Биотехнология.// М., 1998, Т.21 – С. 132-136.
4. Бобровник Л.Г., Лезенко Г.А. Углеводы в пищевой промышленности. К.: Урожай, 1991. – 111 с.
5. Даффус К., Даффус Д. Углеводный обмен растений. – М.: Агропромиздат, 1987, – 175 с.

УДК 664.8.037.1-035.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІН ПРИРОДНИХ ПОЛІМЕРІВ ПРИ МЕХАНОДЕСТРУКЦІЇ ПРОДУКТІВ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Доценко Н. В., канд. техн. наук, доцент, Подорога В. І., аспірант
Одеська національна академія харчових технологій

Досліджено механодеструкцію природних полімерів рослинного походження при застосуванні попередньої низькотемпературної обробки. Зроблено спробу пояснити механізм дії деструкції на підставі фізичних та хімічних змін полімерів. Отримані позитивні результати деструкції деяких природних полімерів, що в подальшому може бути використано як новий спосіб переробки сировини.

Abstract. Mechanical destruction of natural polymers of phytogenous is investigational at the use of low temperatures. An attempt to explain the mechanism of action of destruction on the basis of physical and chemical changes of polymers is done. Got positive results of destruction of some natural polymers, that in future can be used as a new method of processing of raw material.

Ключові слова: криоліз, природний полімер, механодеструкція, механокрекінг, макромолекули.

Зміни у харчових продуктах, які піддаються заморожуванню, є результатом комплексного поєднання зовнішнього та внутрішнього тепло- і масопереносу.

Різна структурно-функціональна організація клітин як рослинного, так і тваринного походження вимагає диференційованого підходу до дослідження клітин і характеру їх криолізу та механічного пошкодження, хоча це й не виключає, а навпаки, передбачає наявність загальних закономірностей.

Механохімічні процеси при фазових переходах розчинів рідина – кристал – рідина внаслідок виникнення механічних сил у молекулах розчиненого полімеру вперше спостерігалися на прикладі заморожування водних розчинів. Це явище було названо криолізом [1]. Явище криолізу може бути поширено не тільки на розчини полімерів, а й на гетерогенні дисперсії, гелі.

Механізм криолізу вивчений дуже мало, але передбачається, що при заморожуванні водних розчинів полімерів внаслідок збільшення питомого об'єму твердої фази виникає натяг ланцюга, що призводить до його механокрекінгу, якщо напруги перевищують енергію активації обриву ковалентних зв'язків.

Перші дослідження криолізу виявили закономірності. Заморожування (при – 70 та – 20 °С) 2-5% розчинів крохмалю з наступним розморожуванням збільшує кількість розчинних фракцій у 10 разів, причому одночасно велика частина полімеру відшаровується у вигляді волокнистого осаду, нерозчинного у воді при кімнатній температурі, а частково і при кип'ятінні.

Розчинна частина продуктів криолізу відрізняється більш високими (у 5-10 разів) значеннями йодних і мідних чисел і появою бурого забарвлення при реакції з йодом. Все це свідчить про глибину деструктивних процесів. Продукти криолізу крохмалю тривалий час після розморожування зберігають активність.

Інтенсивні механічні дії на полімери здатні викликати механокрекінг – розрив молекулярних ланцюгів, що призводить до взаємного переміщення окремих елементів структури.

Механокрекінг можливий тільки тоді, коли виключено переміщення ланцюгів у цілому, а окремі ділянки ланцюга – сегменти – переміщуються в рамках, обмежених інтенсивністю міжмолекулярних і внутрішньомолекулярних взаємодій. Таке переміщення відбувається незворотно, тому що протікає під дією зовнішніх (механічних) сил. При подібному, незворотному в даних умовах, переміщенні структурних елементів ланцюгів полімеру в першу чергу повинна порушуватися вихідна структура ланцюгів і втрата упорядкованості або перехід вихідної кристалічної структури в аморфну. Можливе і неминуче переміщення структурних елементів з порушенням структури всередині молекулярних утворень [2].

На прикладі натуральних полімерів, наприклад целюлози, крохмалю, бавовни і ряду інших, було виявлено, що при подрібненні у вібраційному млині вже через дуже короткий час на рентгенограмі