

### Література

1. Віннікова Л.Г. Функціонально-технологічні властивості нових видів м'ясних паштетів / Чамова Ю.Д., Агунова Л.В. // Науковий вісник Львівської державної академії ветеринарної медицини ім. С.З. Гжицького, Том 4 (№2), частина 2, 2002. – С. 150-154.
2. Дробот В.І. Хліб з додаванням воростей / Ситник І.П. Корзун В.Н. // Зерно і хліб. – 2000. – № 4. – С. 24-25.
3. Дейниченко Г.В. Вплив добавок морських водоростей на процес сушіння борошняних формованих виробів // Прогресивні рес. технол. та їх економ. обґрунтування. Зб. наук. праць. – Харків: ХДАТОХ, – 2002. – Ч. 1. – С. 113–116.
4. Кочеткова А.А. Функциональные пищевые продукты: некоторые технологические подробности в об щем вопросе / Тужилкин В.И. // Пищевая промышленность, 2003. – № 5. – С. 8-10.
5. Мазараки А.А. Технология продуктов функционального назначения. / Пересичный М.И. / – К., 2012. – 1116 с.
6. Онищенко Г.Г. Рациональное питание. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологичес ки активных веществ / Г.Г. Онищенко – Режим доступа: [http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow\\_DocumID\\_97295.html](http://www.businesspravo.ru/Docum/DocumShow_DocumID_97295.html).
7. Подкорытова А.В. Морские водоросли-макрофиты и травы. – М., 2005. – 180 с.
8. Пересічна С.М., Вітамінний склад фаршевих м'ясних виробів із використанням рослинної сировини / Михайловський В.С. // Ресторанне господарство і туристична індустрія: Зб. наук. праць. – К.: КНТЕУ, 2003. – С. 41–47.
9. Русанова Л.А. Функциональные продукты для здорового питания // Ваше питание. 2001. – № 2. – С. 24–25.

УДК 663.18

## ХАРЧОВІ ІНГРЕДІЄНТИ ТА БАД З ЕКСТРАКТУ ТОПІНАМБУРА

Бессараб О.С., канд. техн. наук, професор, Гаган І.О., аспірант  
Національний університет харчових технологій, м. Київ

*БАД – біологічно активні харчові добавки – комплекс біологічно активних речовин, які одержують із мінеральної, рослинної або тваринної сировини. БАДи призначені для вживання одночасно з їжею або введення до складу харчових продуктів. Біодобавки можуть випускатися в таблетках, капсулах і розчинах. Важливо враховувати, що БАДи не є ліками й вводяться в харчовий раціон тільки з метою регуляції функцій організму в рамках фізіологічних норм. Наш спосіб життя й харчування такий, що фізична активність стала набагато меншою, а обсяг і, особливо, поживність їжі значно зменшилися. При цьому ми недоодрержуємо з їжею багатьох необхідних нам речовин. Коли вперше вчені звернули на це увагу – з'явилися вітаміни. Згодом прийшло розуміння, що заповнити нестачу багатьох речовин, не збільшуючи при цьому поживність їжі, можна тільки використовуючи спеціальні препарати – біологічно активні добавки.*

*BAFS – biologically active food supplements – a complex of biologically active substances obtained from mineral, vegetable or animal materials. Supplements are designed for use in conjunction with diet or administration of the food. Supplements are produced in tablets, capsules and solutions. It is important to bear in mind that dietary supplements are not drugs and are introduced into the diet only to the regulation of body functions under physiological norms. Our lifestyle and diet so that physical activity has become much smaller, and the amount and especially nutritious food decreased significantly. Thus we receive less from food we need many substances. When scientists first drew attention to it - there were vitamins. Later came the understanding that fill the lack of many substances without increasing the nutritional value of food, you can only use special preparations - but biologically active additives.*

Ключові слова: топінамбур, екстракт, БАД, сушіння, інулін, цукровий діабет.

Потреба [1] у створенні дієтичних продуктів з високим вмістом інуліну і фруктанів, що засвоюються організмом людини без участі інсуліну, викликана зростаючим рівнем небезпечних ендокринообмінних захворювань (цукровий діабет, атеросклероз тощо) та вкрай обмеженим асортиментом таких оздоровчих продуктів на вітчизняному ринку.

Топінамбур (*Helianthus tuberosus* L.) – одне з небагатьох природних джерел інуліну, [1] продукти з якого відіграють важливу роль у нормалізації обмінних процесів. Тому розроблення технологій дієтичних продуктів на основі топінамбура для життєзабезпечення хворих з порушеннями обміну речовин і профілактичного харчування є актуальним і соціально важливим завданням.

Одним із напрямів промислової переробки топінамбура для тривалого зберігання може стати виробництво порошку із висушеної стружки з максимальним збереженням вуглеводного комплексу і природної біологічної активності вихідної сировини.

Дослідження хімічних, фізико-хімічних і структурних перетворень, що відбуваються в процесі конвективного сушіння топінамбура з урахуванням специфіки складу і структури досліджуваної сировини дали змогу обґрунтувати [2] вибір конвективного способу сушіння стружки топінамбура як найбільш поширеного способу, що відкриває перспективу широкого впровадження технології в масове виробництво. Вивчено характер хімічних, фізико-хімічних і структурних перетворень біоорганічного комплексу топінамбура в процесі теплового конвективного сушіння. Зокрема досліджено кількісні і якісні зміни в комплексі вуглеводів, азотистих і пектинових речовин топінамбура залежно від температурного режиму сушіння стружки.

На підставі досліджень впливу температури сушіння на азотисті речовини і амінокислотний склад топінамбура встановлено, що кількість загального азоту в процесі сушіння майже не змінюється, але співвідношення окремих його форм змінюється істотно в напрямку переходу з білкової в небілкову форму внаслідок теплової денатурації і гідролітичного розщеплення білків і пептидів (рис. 2). Зростання кількості небілкового азоту спостерігається в температурному інтервалі від (35 до 95) °С. Збільшення температури сушіння понад 95 °С призводить до одночасного зменшення кількості білкових і небілкових азотистих сполук, що може бути пов'язано з витрачанням низькомолекулярних продуктів гідролізу білків у реакціях Майяра, утворенням летких азотовмісних продуктів або новоутворенням речовин колоїдного характеру.

Дослідженнями залежності вмісту пектинових речовин і співвідношення їх окремих фракцій від температури сушіння стружки топінамбура було встановлено, що під час сушіння відбувається поступовий гідроліз протопектину топінамбура і його перехід у водорозчинну форму. Деструктивна дія тепла на протопектин особливо посилюється з підвищенням температури сушіння понад 95 °С. При цьому можливі не лише структурні, але й істотні якісні зміни пектинових молекул (деметоксилювання, руйнування внутрішньо та міжмолекулярних водневих зв'язків тощо).

Дослідження кінетики набухання і визначення констант швидкості набухання показали, що найвища регідратаційна здатність була властива порошку із стружки топінамбура, висушеної при температурі 85 °С. Збільшення температури сушіння стружки до 100 і, тим більше, до 115 °С погіршувало регідратаційну здатність порошку та призводило до істотного зменшення констант швидкості набухання, що може свідчити про ущільнення та деформацію структури рослинної тканини та незворотні зміни в комплексі біополімерів топінамбура.

Досліджено гігроскопічні властивості порошку із стружки топінамбура за ізотермами сорбції-десорбції водяної пари і розраховано деякі параметри цього процесу (табл. 1). На підставі отриманих даних було зроблено ряд практичних висновків. Встановлено, що сушіння стружки топінамбура при температурі 100...115 °С веде до значного зниження гідрофільності одержаного з неї порошку внаслідок деформації капілярно-пористої структури та зменшення об'єму мікропор рослинної тканини. Визначено, що порошок із топінамбура має високу гігроскопічність, тому процеси його одержання слід проводити в умовах відносної вологості повітря не вище 80 %, а зберігання можливе лише в герметичній тарі.

**Таблиця 1 – Параметри процесу сорбції-десорбції вологи порошком із стружки топінамбура**

Температура сушіння стружки, °С	Параметри сорбції-десорбції		
	Максимальна вологість порошку, %	Об'єм мікропор, см <sup>3</sup> /г	Характеристична енергія адсорбції, кДж/моль
35	35,0	0,068	7,58
55	35,0	0,072	7,73
75	35,0	0,072	7,67
95	32,0	0,070	7,59
115	20,0	0,066	7,51

Аналіз характеру поглинання і видалення вологи показав, що перший період сушіння стружки топінамбура, коли з матеріалу видалається переважно вільна слабо зв'язана волога, можна проводити в більш жорстких температурних умовах. По закінченні цього періоду, коли починає видалятися волога

гігроскопічного стану, температура вища за 95 °С неприпустима, бо призводить до глибоких змін як у хімічному складі, так і в капілярно-пористій структурі рослинної тканини.

Методом диференційно-термічного [3] аналізу досліджено термостійкість і характер зв'язку вологи в тканині бульб і порошках із стружки топінамбура. Встановлено, що температурний інтервал внутрішньомолекулярної дегідратації в моносахаридних кільцях порошку знаходиться в межах 150...198 °С. Подальше нагрівання викликає екзотермічне руйнування порошку: тління з відщепленням і спалахуванням летких продуктів термолізу. В цілому порошок із топінамбура характеризується значною термостійкістю і може використовуватись як добавка в складі харчових продуктів, що підлягають термообробці.

Методом електронної мікроскопії досліджено структурні зміни тканини топінамбура під час сушіння. Порівняння клітинної структури тканини топінамбура в залежності від температурного режиму сушіння стружки показало, що найбільш сприятливим для збереження структури цього виду сировини виявилось сушіння при помірній температурі 85 °С. Це дозволило одержати продукт із задовільною розпушеною рівномірною пористою структурою. В результаті висушена стружка і порошок із неї мали високу регідратаційну здатність і відновлюваність при оводненні.

Для характеристики впливу температурного режиму сушіння на хімічний склад і перетворення біокомпонентів топінамбура був використаний метод лазерної спектроскопії комбінаційного розсіювання. З його допомогою було встановлено, що із збільшенням температури сушіння стружки до 95 °С і вище в хімічному складі топінамбура відбуваються принципові зміни в напрямку деполімеризації високомолекулярних вуглеводів, термічної дегідратації та інтенсивного окиснення складників біоорганічного комплексу. Подальше підвищення температури сушіння призводило до поглиблення цих негативних процесів.

Таким чином, на підставі зіставлення і узагальнення результатів проведених досліджень зроблено висновок, що температура сушіння стружки топінамбура в умовах постійного температурного режиму для одержання якісного продукту не повинна перевищувати величини 80...90 °С, яку для даного виду сировини можна вважати максимально допустимою критичною температурою.

Дослідженнями кінетичних [4] закономірностей конвективного сушіння стружки топінамбура обґрунтовано величину кінцевої вологості стружки топінамбура 6,5 %, яка повинна забезпечувати її високу мікробіологічну стабільність, стійкість до ферментативних і неферментативних хімічних змін, оптимальні для здійснення наступного подрібнення в порошок структурно-механічні властивості.

Досліджено вплив параметрів сушильного агента і характеристик вологого матеріалу на кінетику сушіння стружки топінамбура.

Визначення впливу температури і швидкості руху сушильного агента в діапазоні 35...115 °С і 1,0...2,0 м/с на кінетику видалення вологи показало, що період постійної швидкості сушіння становить 13...22 % від загальної тривалості сушіння і закінчується при досягненні матеріалом першого критичного вологовмісту, який знаходиться в межах 130...180 %. Застосування теплоносія з температурою 40...60 °С не дозволяє або ускладнює висушування стружки до низької (6,5 %) кінцевої вологості. Підвищення температури сушильного агента значно інтенсифікує процес, що позначається в зростанні максимальної швидкості і скороченні тривалості сушіння, але збільшення температури сушильного агента до 100...115 °С призводить до побуріння і підгоряння сировини внаслідок глибоких змін в її хімічному складі.

Збільшення швидкості повітряного потоку прискорювало сушіння переважно в першому періоді розвинутої зовнішньої дифузії вологи. Тому на початковій ділянці сушіння слід забезпечити швидкість руху теплоносія в межах 2,0...2,5 м/с, а на ділянці низького вологовмісту з метою економії енерговитрат доцільно зменшувати її до 1,0...1,5 м/с. На якісні показники матеріалу зростання швидкості руху сушильного агента практично не впливало.

Досліджено вплив геометричних розмірів та висоти шару подрібненого матеріалу на кінетику сушіння стружки топінамбура. Встановлено, що подрібнення топінамбура на стружку з поперечним перерізом від 3 до 6 мм і сушіння її в шарі висотою 30...60 мм забезпечує видалення вологи з інтенсивністю, достатньою для досягнення необхідної величини кінцевої вологості 6,5 % з мінімальними втратами від соковиділення та утворення відходів під час різання.

З метою інтенсифікації сушильного процесу [5] і збереження якості сухого продукту досліджено можливість застосування ступінчатих температурних режимів для сушіння стружки топінамбура. Аналіз кривих сушіння та показників якості висушеної стружки топінамбура (табл. 2) показав, що ефективним і доцільним можна вважати двоступінчатий температурний режим сушіння, який передбачає застосування сушильного агента з підвищеною до 100 °С температурою в першому періоді сушіння з наступним зниженням її до максимально допустимого критичного значення 85 °С після досягнення матеріалом першого критичного вологовмісту.

Таблиця 2 – Вплив ступінчатих температурних режимів сушіння на органолептичні та фізико-хімічні показники якості висушеної стружки топінамбура

Показники якості	Температурні режими сушіння, °C			
	одноступінчатий, 85	двоступінчаті		
		95...85	100...85	115...85
<b>Органолептичні:</b> колір	світло-кремовий	світло-кремовий	світло-кремовий	кремовий, наявні окремі підгорілі часточки
смак і запах	солодкуватий, властивий топінамбуру	солодкуватий, властивий топінамбуру	солодкуватий, властивий топінамбуру	солодкуватий з відтінком підсмаженого
<b>Фізико-хімічні:</b> – вміст ВМФ, % до маси СР	53,0	53,0	51,6	50,6
– кольоровість екстракту стружки, од. опт. густини ( $\lambda$ 365 нм)	1,05	1,06	1,09	1,17
– коефіцієнт набухання у воді (20 °C, 1:20, 4 год)	4,63	4,65	4,68	4,59

З метою математичного описання кінетики сушіння стружки топінамбура експериментальні кінетичні криві, отримані в різних температурних режимах, були узагальнені за методом Краснікова В.В., на підставі чого після відповідної обробки були визначені відносні коефіцієнти сушіння стружки топінамбура для періоду спадаючої швидкості й одержані експоненційні залежності для визначення величини узагальної швидкості сушіння для різних діапазонів вологовмісту (табл. 3). Їх практична цінність полягає в тому, що вони входять до основних рівнянь кінетики і дозволяють розраховувати тривалість і швидкість сушіння стружки топінамбура в будь-який час при будь-якій зміні режиму.

Таблиця 3 – Відносні коефіцієнти та узагальнена швидкість сушіння стружки топінамбура

Діапазон зміни вологовмісту, %	Відносні коефіцієнти сушіння			Значення узагальної швидкості сушіння
	$\chi_2$	$\chi_3$	$\chi_4$	
409...182	0,0018	0,0013	0,0008	$N^*=1,00$
182...57				$N^*=0,0891 e^{0,013 w}$
57...18				$N^*=0,0319 e^{0,031 w}$
18...4,5				$N^*=0,0056 e^{0,129 w}$

Для визначення оптимальних параметрів сушіння стружки топінамбура в умовах стаціонарного температурного режиму був використаний узагальнений критерій оптимізації, що об'єднав такі локальні критерії: вміст ВМФ у сухому продукті; кольоровість екстракту висушеної стружки; енерговитрати на процес сушіння. Була побудована математична модель у вигляді сукупності поліноміальних рівнянь залежності локальних критеріїв оптимальності від двох факторів: температури сушильного агента та тривалості сушіння. Для розрахунку [6] цільової функції здійснювали переведення натуральних значень локальних критеріїв у безрозмірну форму методом Харрінгтона за допомогою функції бажаності, для чого були розроблені блок-схеми алгоритму і програма оптимізації мовою Basic. Визначені за допомогою узагального критерію значення режимних параметрів – температура сушильного агента 82 °C, тривалість сушіння 105 хв – забезпечують одержання продукту з найкращими показниками якості при мінімальних енерговитратах.

Порошок із топінамбура, одержаний у виробничих умовах, був досліджений за органолептичними, фізико-хімічними і фізико-механічними показниками якості. Вміст основних харчових речовин порошку в порівнянні зі складом вихідної сировини наведено в (табл. 4).

Як свідчать результати досліджень, запропонована технологія забезпечує добре збереження вуглеводного, амінокислотного і мінерального складу топінамбура (зокрема високий вміст інуліну та ВМФ, цинку, міді, заліза), які в комплексній взаємодії зумовлюють високу харчову цінність та біологічну активність порошку в нормалізації обмінних процесів.

Таблиця 4 – Хімічний склад бульби і порошку із топінамбура

Показники	Масова частка, % до маси СР	
	бульби (очишені)	порошок
Волога (% до маси продукту)	81,75	5,88
Вуглеводи	64,20	64,00
в тому числі:		
<i>високомолекулярні</i>	39,80	36,10
<i>низькомолекулярні</i>	24,40	27,90
Білкові речовини	10,12	9,47
Загальні ліпіди	1,72	1,70
Харчові волокна	15,00	14,89
у тому числі:		
<i>пектини</i>	3,56	3,35
Мінеральні речовини	5,87	5,85
Неідентифіковані речовини*	3,09	4,09

### Висновки

Таким чином, враховуючи вищесказане на основі теоретичних, експериментальних і виробничих досліджень, здійснених для вирішення поставленої в роботі наукової мети, розроблено технологію нового дієтичного продукту харчування – високовуглеводного порошку біологічно активної дії із стружки топінамбура, призначеного для безпосереднього споживання, а також використання як добавки в складі інших харчових продуктів з метою надання їм дієтичних властивостей.

Проведено комплексне дослідження характеру хімічних, фізико-хімічних і структурних змін біоорганічного комплексу топінамбура в залежності від температурного режиму конвективного сушіння. Встановлено умови процесу, що призводять до принципових незворотних змін хімічного складу топінамбура в напрямку термічної дегідратації та інтенсивного окиснення його складників, на підставі чого визначено межі максимально допустимої критичної температури сушіння, яка для даного виду сировини становить 80...90 °С.

Досліджено вплив параметрів сушильного агента і характеристик вологого матеріалу на кінетичні закономірності конвективного сушіння стружки топінамбура. Доведено доцільність застосування ступінчатого температурного режиму із застосуванням підвищеної до 115 °С температури на ділянці постійної швидкості сушіння з наступним зниженням її до максимально допустимого значення 85 °С в періоді спадаючої швидкості сушіння для інтенсифікації сушильного процесу і збереження якості продукту.

Визначено відносні коефіцієнти сушіння стружки топінамбура для періоду спадаючої швидкості й одержано математичні залежності для розрахунку тривалості та швидкості сушильного процесу.

### Література

1. Проданчук М.Г., Подрушняк А.Є., Данік Л.М. Проблеми безпеки біологічно активних добавок // Проблеми харчування. – 2004. – № 2. – С. 2; 4–9.
2. Тутельян В.А. Стратегия разработки, применения и оценки эффективности БАД // Вопросы питания, 1996. – № 6.
3. Сипало Л.О., Бобрівник Л.Д., Бодров В.С., Ремесло Н.В., Сидорченко О.І. Кінетичні та технологічні характеристики процесу конвективного сушіння інуліновмісної сировини – топінамбура // Харчова промисловість / Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – К.: УДУХТ, – 1998. – Вип. 43-44. – С. 82–88.
4. Горбатюк Л.О., Бобрівник Л.Д., Бодров В.С., Ремесло Н.В., Сидорченко О.І. Гігроскопічні властивості порошку з топінамбура // Харчова промисловість / Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – К.: УДУХТ, – 2000. – Вип. 45. – С. 169–172.
5. Горбатюк Л.О., Бобрівник Л.Д., Ремесло Н.В., Сидорченко О.І. Зміна комплексу речовин колоїдної дисперсності топінамбура в процесі конвективного сушіння // Харчова промисловість / Міжвідомчий тематичний науковий журнал. – К.: УДУХТ. – 2001. – № 1 (46). – С. 36–38.
6. Горбатюк Л.О., Ремесло Н.В., Грушецький Р.І., Клімович В.М. Дослідження впливу процесу сушіння на хімічний склад топінамбура спектроскопічними методами // Наукові праці НУХТ. – К.: НУХТ. – 2002, – № 13, – С. 43–45.