

## ФІЗИКО-ХІМІЧНІ І ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ІНУЛІНУ З ТОПІНАМБУРУ

Криворук В.М., Калінік К.А., Шульц М.О.

Вінницький торговельно-економічний інститут  
Київського національного торговельно-економічного університету

В статті досліджено доцільність використання інуліну з топінambuру в борошняних кондитерських виробках на основі використання фізіологічно функціональних сировинних інгредієнтів. Досліджено можливість застосування інуліну при виробництві хлібобулочних виробів діабетичного та дієтично-функціонального призначення. Встановлено вплив інуліну на фізико-хімічні та структурні показники дріжджового тіста та готових виробів. Проаналізовано якість борошняних кулінарних виробів, а саме пироги з пряно-овочевими начинками, після додавання порошку інуліну з топінambuру. Визначено вплив дозування інуліну на показники альвеографа та фаринографа пшеничного борошна.

**Ключові слова:** борошняні кулінарні вироби, інулін, топінambuр, рецептура, якість, пиріг.

**Постановка проблеми.** Для України дуже важливою проблемою є розробка, розширення та покращення асортименту кондитерських виробів для хворих на цукровий діабет. Одним із шляхів розширення та покращення асортименту діабетичних кондитерських виробів може бути використання сировини, яка має властивість знижувати рівень цукру у крові. Таку властивість має інуліномістка сировина, це – топінambuр, цикорій, часник. Топінambuр є найбільш перспективною сировиною як для застосування у вигляді продуктів його переробки: пюре, сиропу, соку, порошку тощо, так і для виготовлення чистого інуліну.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Багато робіт як вітчизняних, так і закордонних вчених присвячено дослідженню хімічного складу та біохімії топінambuру, зокрема Вавілов В.І., Степанець Н.Ф., Гулій І., Бобрівик Л., Ремесло Н., Калан Б.Н., Калакура М.М., Дорохович В.В., Грінченко І.Г., Пересічний М.І., Баранова А.Г., Чистова І.В., Корячкина С.Я. Результатами всіх досліджень підтверджується високий вміст у ньому мінеральних речовин, органічних кислот, вітамінів.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Аналіз науково-технічної літератури показав, що головною проблемою при виробництві борошняних виробів є використання продукту переробки топінambuру в кількостях не співставлених з добовою нормою, що призводить до зменшення питомого об'єму борошняних виробів та погіршенню органолептичних показників.

**Мета статті.** Головною метою цієї роботи є дослідження способів поліпшення споживчих властивостей та надання борошняним виробам оздоровчого призначення за допомогою додавання інуліну з топінambuру.

**Виклад основного матеріалу.** Одним із етапів проведених досліджень є встановлення доцільності використання у борошняних кулінарних виробках тістового та фаршевого напівфабрикату інуліну з топінambuру, так як поєднання борошняної та пряно – овочевої сировини з інуліну може суттєво вплинути на якість готового продукту.

Найціннішим цінним компонентом топінambuру є інулін. Поряд з чистим інуліном у бульбах топінambuру міститься велика кількість інулідів (полімерів фруктози з меншим ступенем полі-

меризації). Бульби топінambuру багаті пектином, дієтичною клітковиною, органічними кислотами, вітамінами. Серед важливих макроелементів, які входять до складу топінambuру, потрібно відмітити калій та магній, з мікроелементів – залізо, цинк. Завдяки наявності калію продукти переробки топінambuру можуть виконувати роль радіопротекторів. Залізо у складі топінambuру міститься у двохвалентній формі, і це обумовлює чималу здатність топінambuру для лікування малокрів'я.

Інулін являє собою полідисперсний фруктановий полісахарид, що складається з  $\beta$ -2,1 які пов'язані між собою фруктозною ланкою з молекулою глюкози на кінці ланцюжка, з'єднаної  $\alpha$ -1,2 зв'язком з основним скелетом. Молекулярна формула ( $C_6H_{10}O_5$ )<sub>n</sub>, молекулярна маса 5000-6000 а.е.м. Будова молекули інуліну представлено на рисунку 1. Інулін, як і проміжні продукти його ферментативного розщеплення – інуліди, не володіє відновлюючими властивостями [1, с. 98].

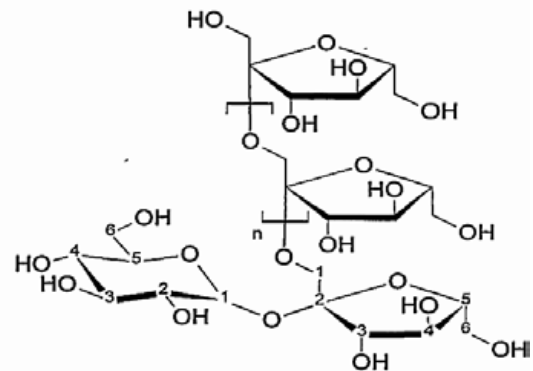


Рис. 1. Молекулярна будова інуліну

Головною характеристикою інуліну, що визначає його фізичні властивості, є ступінь полімеризації (англ. degree of polymerization, скор. DP) – число мономерних ланок у молекулі полімеру, або олігомеру. Ступінь полімеризації цикорієвих фруктанів варіюється від 2 до 60 (середня 12) і близько 10% фруктанових ланцюжків в нативному інуліні мають ступінь полімеризації від 2 до 5. Довголанцюговий інулін (ступінь полімеризації 10-60, середній 25) отримують, застосовуючи метод фізичного сепарування, відокремлюючи олігомери зі ступенем полімеризації менше 10.

Фруктани інулінового типу, що містять молекули зі ступенем полімеризації менше 10 відносяться до олігосахаридів [2, с. 486]. Залежно від ступеня полімеризації порошки інуліну володіють різним смаком, від солодкого для стандартного інуліну, що включає всі фракції, до нейтрального смаку, що є характерним для високомолекулярних видів, так званих high performance inulin (HP), а також різними реологічними властивостями. Нативний інулін являє собою напівкристалічну речовину, що знаходиться в склоподібному стані при 25°C і активності води менше 0,75.

Інулін відносять до розчинних харчових волокон. Розчинність інуліну у воді залежить від її температури: при 10°C розчинність близько 6%, при 90°C – близько 35% [1, с. 122]. До гідратаційних властивостей інуліну відносять: ступінь набухання, вологозв'язуюча і водоутримуюча здатність.

Ступінь набухання визначається відношенням об'єму (маси) набряклого полімеру до його початкового об'єму (маси) у воді. Згідно з дослідженнями ступінь набухання інуліну близько 11 мл/г. Водоутримуюча здатність характеризується ступенем адсорбції води і дорівнює масі води, що утримується 1г сухого волокна в певних умовах, і складає для інуліну близько 11 г води / 1 г волокна. Вологозв'язуюча здатність – ступінь адсорбції води що дорівнює масі води, яка утримується 1 г сухого волокна після центрифугування. Вологозв'язуюча здатність інуліну становить близько 2 г води / 1 г волокна [3, с. 256].

Здатність харчових волокон до зв'язування води обумовлена кількістю і розподілом гідрофільних груп уздовж молекули, розміром частинок, характером її поверхні і пористістю. Інтерес до даної властивості обумовлений тим, що харчові волокна з високою вологозв'язуючою здатністю здатні збільшувати масу стільця. Встановлено, що розчинні харчові волокна, наприклад, пектини і камеді характеризуються більш високою вологозв'язуючою здатністю, ніж нерозчинні, наприклад, целюлоза і харчові пшеничні висівки [1, с. 138].

Розчини інуліну здатні до гелеутворення, тобто до переходу з колоїдного розчину (золю) в дисперсний стан (гель), після досягнення мінімальної критичної концентрації в системі інулін-вода, при цьому утворюється гель з жироподібною текстурою. Дана властивість успішно застосовується для заміни жиру в столових спредах, при виробництві продуктів з пониженим вмістом жиру, молочних продуктах, заморожених десертах, соусах, майонезах.

На гелеутворення та реологічні властивості гелів впливають такі чинники: ступінь полімеризації молекул, температура і рН середовища, присутність речовин різної хімічної природи [4, с. 156].

Процес гелеутворення відбувається в нейтральному, або близькому до нейтрального значення рН середовищі, тому в кислому середовищі інулін піддається гідролізу. Причиною створення подібної гелеутворюючої структури, є утворення невеликих кристалізаційних центрів, що складаються з нерозчинних частинок інуліну. Дані кристалізаційні центри можуть бути отримані через управління режимами нагрівання та охолодження розчинів інуліну. При цьому розчинні частинки інуліну утворюють нерозчинні

кристали, що формують тривимірну просторову структуру за рахунок асоціації молекул у воді.

Інулін – цінний сировинний інгредієнт, який володіє лікувально-профілактичними властивостями. Медиками доведено, що він знижує рівень цукру у крові хворих на цукровий діабет, підвищує імунологічний статус організму.

Аналіз науково-технічної літератури показав, що в даний час продукти переробки цикорію і топінамбура, містять інулін, який застосовують його при виробництві борошняно-кулінарних виробів в кількостях неспівставлених з добовою нормою. Введення інуліну в рецептуру виробів у кількості 4% до маси борошна і більше призводить до зменшення питомого об'єму борошняно-кулінарним виробам та погіршення показників їхньої текстури.

Для встановлення причини погіршення якості хлібобулочних виробів досліджували вплив дозування інуліну в кількості від 1 до 9% на зміну властивостей тіста, контрольованих за параметрами фарінограмми і альвеограмми, а також на зміну властивостей відмивання клейковини. Контролем служила проба тіста без інуліну. Отримані результати наведені в таблиці 1.

Встановлено, що зі збільшенням дозування інуліну у всіх пробах досліджуваних зразків в тісті, знижувалася кількість сирової клейковини на 1-20% з її зміцненням, що оцінюється за загальною деформацією, яка зменшувалася на 1-36% в порівнянні з контролем (таблиця 1). Зміна властивостей відмивання клейковини, пояснюється тим, що інулін, зв'язуючи воду, перешкоджає набухання і структуруванню білків, призводячи до вимивання їх із пшеничного борошна разом з крохмалем та іншими компонентами.

Таблиця 1

**Вплив дозування інуліну на властивості клейковини пшеничного борошна**

Дозування, % до маси борошна	Кількість сирової клейковини, %	Загальна деформація клейковини, од. пр. ІДК	Гідратаційна здатність, %
Властивості клейковини борошна			
-	31,4	78,5	158
Властивості клейковини борошна з порошком топінамбура			
1	30,8	75,9	172
3	30,4	67,5	163
5	28,4	65,1	163
7	28,0	64,5	156
9	27,3	60,9	152

Додавання інуліну з кристалічною структурою порошку топінамбура призвело до збільшення на 1-67% (таблиця 2). Це говорить про те, що кристалічний інулін забезпечує формування більш міцної структури. Це відобразилося на зміні водопоглинальної здатності пшеничного борошна. При додаванні рецептурних компонентів з кристалічним інуліном водопоглинальна здатність пшеничного борошна збільшилася на 1-5% (таблиця 3).

Таким чином, отримані результати показали, що внесення рецептурних компонентів, що містять інулін з кристалічною молекулярною струк-

туру, призвели до покращення «сили» хлібопекарських властивостей пшеничного борошна.

Таблиця 2

#### Вплив дозування інуліну на показники альвеографа пшеничного борошна

Дозування, % до маси борошна	Показники альвеографа			
	Пружна деформація тіста (P), мм	Загальна деформація (розтяжність) тіста (L), мм	Коефіцієнт конфігурації кривої (P / L)	Питома робота пружної деформації (We, в.)
Показники альвеографа пшеничного борошна.				
0	80,0	128,0	0,62	346,6
Показники альвеографа пшеничного борошна з порошком топінамбура				
1	83,0	123,0	0,67	336,8
3	103,0	76,0	1,36	294,3
5	115,0	65,0	1,77	277,9
7	131,0	55,0	2,38	261,6
9	134,0	50,0	2,68	238,7

**Висновки і пропозиції.** Підводячи підсумки доцільності використання інуліну з топінамбуру в борошняних кондитерських виробках на основі використання фізіологічно функціональних сировинних інгредієнтів необхідно зазначити, що аналіз отриманих результатів змін реологічних властивостей пшеничного тіста і властивостей сирової клейковини показав їх хорошу кореля-

ційну залежність: зменшення кількості відмитої клейковини, зміцнення каркаса клейковини, зниження розтяжності тіста, збільшення водопоглинальної здатності борошна і часу утворення тіста.

Таблиця 3

#### Вплив дозування інуліну на показники фаринографа пшеничного борошна

Дозування, % до маси борошна	ВПС, %	Час утворення тіста, хв	Стабільність, хв	Еластичність, мм	Розрідження, е.ф.
0	65,4	8,3	11,9	70,0	64,0
Показники фаринографа пшеничного борошна з порошком топінамбура					
1	62,8	4,0	12,1	70,0	68,0
3	62,9	5,0	10,6	70,0	85,0
5	62,8	7,0	10,0	80,0	90,0
7	62,9	7,4	10,3	80,0	98,0
8	63,2	8,5	11,0	80,0	92,0

Проведені дослідження показали, що внесення інуліну з кристалічною молекулярною структурою, призвело до збільшення водопоглинальної здатності борошна та пружної деформації дріжджового тіста, при яких спостерігалось зменшення кількості відмивання клейковини з одночасним збільшенням її «сили» для приготування пирога з дріжджового тіста з пряно-овочевими начинками.

#### Список літератури:

1. Козьміна Н. П. Биохимия хлебопечения – М.: Изд. «Пищевая промышленность». – 2010 г. – 438 с.
2. Корячкина С. Я., Байбашева Д. К. Исследование влияния инулина на качество ржано-пшеничного хлеба // «Формирование инновационной системы экономики и образования в условиях глобализации»: тезисы докл. Междунар. научно-практической конференции (Воронеж, 04 апреля – 5 мая 2008). – 2008 – С. 484-488.
3. Нечаев А. П., Траубенберг С. Е., Кочеткова А. А и др. Пищевая химия / Под ред. А. П. Нечаева / СПб.: ГИОРД. – 2011. – 592 с. – ISBN 5-901065-16-6.
4. Нечаев А. П., Кочеткова А. А., Зайцев А. Н. Пищевые добавки. – М.: Колос. – 2011. – 256 с.

**Криворук В.Н., Калинин К.А., Шульц М.О.**

Винницкий торгово-экономический институт

Киевского национального торгово-экономического университета

#### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИНУЛИНА С ТОПИНАМБУРА

##### Аннотация

В статье исследованы целесообразность использования инулина с топинамбура в мучных кондитерских изделиях на основе использования физиологически функциональных сырьевых ингредиентов. Исследована возможность применения инулина при производстве хлебобулочных изделий диабетического и диетического функционального назначения. Установлено влияние инулина на физико-химические и структурные показатели дрожжевого теста и готовых изделий. Проанализированы качество мучных кулинарных изделий, а именно пирогов с пряно-овощными начинками, после добавления порошка инулина с топинамбура. Определено влияние дозировки инулина на показатели альвеографом и фаринографом пшеничной муки.

**Ключевые слова:** мучные кулинарные изделия, инулин, топинамбур, рецептура, качество, пирог.

Krivoruk V.M., Kalinnik K.A., Shults M.O.

Vinnitsia Institute of Trade and Economics  
Kyiv National University of Trade and Economics

## PHYSICO-CHEMICAL AND FUNCTIONAL-TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF INULIN FROM ARTICHOKE

### Summary

In the article was researched the usefulness of inulin from artichokes in bakery products through the use of physiologically functional raw ingredients. It was researched the applicability of inulin in the manufacture of bakery products, dietetic and diabetic functionality. It was found the influence of inulin on the physical, chemical and structural indicators dough and finished products. It was analyzed the quality confections such as cakes with spicy vegetable toppings, after the addition of inulin from artichoke powder. It was defined the influence of inulin on dosing parameters of alveohraf and farynohraf wheat flour.

**Keywords:** flour culinary products, inulin, artichoke, formulation, quality, pie.

УДК 504.054(045)

## НЕТРАДИЦІЙНИЙ ГАЗ ЮЗІВСЬКОГО РОДОВИЩА: АСПЕКТ ОВНС (НА ПРИКЛАДІ СВЕРДЛОВИНИ «БІЛЯЇВСЬКА-400»)

Куценко В.О., Мовчан Я.І., Науменко К.О., Савченко С.А.

Національний авіаційний університет

Дана стаття присвячена порівнянню проектної документації свердловини «Біляївська-400» з вимогами ДБН А 2.2-1-2003 «Склад і зміст матеріалів оцінки впливів на навколишнє середовище (ОВНС) при проектуванні і будівництві підприємств, будинків і споруд. За результатами дослідження встановлено, що частина ОВНС не відображає всіх негативних впливів проекту будівництва свердловини «Біляївська-400» на навколишнє середовище.

**Ключові слова:** сланцевий газ, свердловина «Біляївська-400», ОВНС (Оцінка впливів на навколишнє середовище).

**Постановка проблеми.** Складний енергетичний стан країни став підґрунтям для формування нового для України напрямку – видобування нетрадиційного газу. В Україні найбільша увага приділена сланцевому газу, потенційні ресурси якого складають 4–8 трлн. м<sup>3</sup> [1]. Як результат, у 2013 році була підписана резонансна угода між Україною та газовидобувною компанією Shell про виконання геологорозвідувальних робіт на Юзівській площі (Донецька та Харківська області) [2].

Сланцевий газ є однією з форм «нетрадиційного газу», який видобувається зі сланцевих порід, як правило, розташованих на глибинах 1000–4000 метрів. Сланці – гірські породи, з паралельним розташуванням низькотемпературних матеріалів, що входять до їх складу. Сланці характеризуються сланцюватістю – здатністю легко розщеплюватися на окремі пластини. За хімічним складом сланцевий газ є ідентичним до природного газу і складається переважно з метану. Потенційні ресурси сланцевого газу в Україні – 5–8 трлн. м<sup>3</sup>.

Технологія видобування сланцевого газу включає декілька етапів:

1) Проведення горизонтального та вертикального буріння. Від однієї вертикальної свердловини відходять декілька горизонтальних свердловин, що дає можливість підвищення ефективності процесу.

2) Закачування у свердловину суміші (20000 м<sup>3</sup> води, піску та близько 400 т хімічних реагентів) під великим тиском. Для створення тиску використовується водяна суміш з піском та хімічними речовинами (близько 2000) [4]. Цей вибух створює у породах тріщини, через які виходить газ. Для підтримання тріщини відкритою, застосовуються спеціальні хімічні речовини – пропанти, кислоти.

3) Відкачування сланцевого газу.

Звичайно, з першого погляду можна стверджувати, що видобуток сланцевого газу є кроком до енергонезалежності України, але потрібно брати до уваги ризики. Більш перспективним та екологічно безпечним є шлях впровадження енергоефективних технологій та розвиток альтернативних джерел електроенергії. Заходи з енергоефективності включають технічне переоснащення усіх галузей промисловості, комунальної сфери. Принциповою умовою підвищення енергоефективності є створення такої законодавчої та нормативної бази, яка б унеможливила експлуатацію в країні енергетично неефективних технологій, машин та устаткування. Однак, розробляючи таку правову базу, необхідно враховувати існуючий стан економіки країни та велику інерційність оновлення основних фондів. Перш за все необхідно заборонити розвиток окремих підприємств за рахунок упровадження енергетично неефективних, застарілих технологій та устаткування, а та-