

## STUDY OF THE SWELLING PROCESS OF INULIN IN ORGANIC SOLVENTS

N. Zinchenko, N. Simurova, L. Mazur, N. Kucher

*National University of Food Technologies*

---

**Key words:**

*Inulin*  
*Fruktosan*  
*Biopolymer*  
*Degree of swelling*  
*Organic solvents*

---

**Article history:**

Received 12.01.2016  
Received in revised form  
28.01.2016  
Accepted 10.02.2016

---

**Corresponding author:**

N. Zinchenko  
**E-mail:**  
npnuht@ukr.net

---

---

**ABSTRACT**

This article relates to the research in the field of physical chemistry and technology of biopolymer inulin. It is devoted to the study of the ability of the polysaccharide to swell in many organic solvents and their mixtures with water in various ratios. As a result of these experiments, a number of laws were discovered that are common for most solvents. It is concluded that the degree of swelling of the inulin depends on concentration of water and organic compounds, as well as on two physical-chemical characteristics of the solvent, in particular, of its polarity. All data results are presented in graphic form and analyzed.

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАБУХАННЯ ІНУЛІНУ В ОРГАНІЧНИХ РОЗЧИННИКАХ

Н.Ю. Зінченко, Н.В. Сімурова, Л.М. Мазур, Н.С. Кучер

*Національний університет харчових технологій*

*У статті вивчено здатність інуліну набухати в ряді органічних розчинників та їх сумішей з водою в різних співвідношеннях. У результаті проведених дослідів виявлено ряд закономірностей, спільних для більшості розчинників. З'ясовано залежність ступеня набухання від природи органічного розчинника, зокрема від його полярності. Зроблено висновок про залежність ступеня набухання інуліну від концентрації водно-органічних сумішей і фізико-хімічних характеристик розчинника. Усі результати досліджень наведено у графічному вигляді, проведено їх аналіз.*

**Ключові слова:** *інулін, фруктозан, біополімер, ступінь набухання, органічні розчинники.*

**Постановка проблеми.** Полісахариди — лінійні або розгалужені високомолекулярні ланцюги, що складаються із залишків моносахаридів. Вони є біополімерами, що утворюють макромолекулярну основу живих систем. Ці органічні речовини найбільш розповсюджені в природі, тому зрозумілий інтерес до вивчення їхніх властивостей і можливостей застосування. Високомолекулярні сполуки широко застосовуються в різних галузях техніки,

побуті, медицині. Зокрема, їх використовують при виготовленні штучних судин, протезів, біологічних клеїв, діалізних мембран, перев'язувальних матеріалів, нових лікарських форм тощо [1]. Застосування полісахаридних біополімерів стало ще одним інноваційним напрямком у створенні нових полімерних матеріалів медико-біологічного призначення [2]. Серед природних полісахаридів останніми роками значну зацікавленість викликає інулін. Цей фруктозан має важливе значення в фармацевтичній і харчовій промисловості [3].

У практичній роботі важливою характеристикою біополімерів є здатність цих речовин до набухання в різноманітних рідких або газоподібних середовищах. Механізм набухання полягає у проникненні молекул розчинника в найближчі шари полімеру та сольватації відповідних ланок полімерного ланцюга. Результатом цього є те, що макромолекули розрихлюються, полегшуючи таким чином подальше проникнення молекул розчинника та збільшення маси й об'єму полімеру [4]. Ця здатність оцінюється ступенем набухання, який можна виразити через кількість поглиненої полімером рідини (або її пари), віднесеної до одиниці ваги чи об'єму полімера. Відповідно, ступінь набухання можна визначати ваговим або об'ємним методом. Застосовуючи об'ємний метод, проводять вимірювання об'єму полімеру до ( $V_0$ ) та після набухання ( $V$ ).

Ступінь набухання можна визначати лише для полімерів, що набухають обмежено (тому що при безмежному набуханні сам полімер починає з часом розчинятися). Іноді відбувається явище від'ємного набухання полімеру [4], яке спостерігається при набуханні полімерів лінійної та сітчастої будови в результаті вимивання з них розчинних домішок.

Методики визначення набухання полімерів досить прості [5] і добре відтворюються для твердих полімерів. Проте методики визначення набухання аморфних порошків (до яких відноситься інулін) мають ряд суттєвих недоліків:

1) важко визначити об'єм осаду після струшування його з розчинником через те, що утворюється високодисперсна суспензія порошку в усьому об'ємі розчинника;

2) при застосуванні вагового методу осад, що набух, важко фільтрується і, зазвичай, при цьому втрачається розчинник, що призводить до системної помилки.

Питання набухання інуліну в органічних розчинниках до теперішнього часу вивчено недостатньо, тому дослідження в цій галузі та розроблення нових препаративних методик визначення ступеня набухання є актуальним як з теоретичної, так і практичної точки зору.

**Метою дослідження** є вивчення процесу набухання полісахариду інуліну в органічних розчинниках та їх сумішах з водою. Даний фізико-хімічний параметр високомолекулярних сполук, зокрема інуліну, є важливим для практичного застосування, проте для полімерів полісахаридної природи він вивчений вкрай мало. В літературі такі дані практично відсутні.

**Матеріали і методи.** *Реагенти.* Об'єктом дослідження слугував інулін харчовий з топінамбуру. Застосовувались органічні розчинники різних хімічних класів: спирти (метанол, етанол, бутанол), карбонільні сполуки, етери, естери (ацетон, діоксан, етилацетат), диметилформамід, піридин. Усі розчинники мали кваліфікацію «хімічно чистий» і застосовувались без додаткового

очищення. Водно-органічні суміші у відповідних співвідношеннях готували заздалегідь.

*Методика визначення ступеня набухання.* Для визначення ступеня набухання застосовували об'ємний метод. За основу взято методику визначення ступеня набухання крохмалю, наведену в [5], яку була модифікована нами. У мірні пробірки (на 15 мл) вносили наважки інуліну по 1г, рівномірно розподіляючи його, після чого вимірювали об'єм порошку. Потім додавали воду та розчинник у співвідношеннях 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 об'ємних відсотків. Водно-органічні суміші готували заздалегідь. Проби інуліну в розчинниках залишали в приміщенні ( $t = 20^{\circ}\text{C}$ ) на дві доби та на шість діб.

*Апаратура.* Для покращення міжфазового контакту проводили дослід за допомогою апарата для струшування рідин у пробірках і колбах (шутель-апарат) АВУ-6С в термостатованих умовах.

У перші дві доби струшування проводили по 4—5 разів протягом однієї години, а потім до шостої доби — по одному разу на добу також протягом години. Вимірювання об'єму інуліну проводили через 20 хв після закінчення струшування. В другій серії дослідів струшування проводили по 5 хв 4—5 разів на добу. Результати обох серій практично не відрізнялись між собою.

Визначення ступеня набухання визначали через три години, через одну добу та дві доби. Подальший процес збільшення об'єму інуліну був незначним, про що свідчать проведені нами вимірювання через шість діб для деяких розчинників.

**Результати та їх обговорення.** Ступінь набухання інуліну  $Q$  в розчинах визначали у відсотках за формулою:

$$Q = \frac{V_g - V_0}{V_0} \times 100\%,$$

де  $V_0$  — початковий об'єм інуліну;  $V_g$  — його кінцевий об'єм.

На основі цих результатів можна з'ясувати залежність зміни об'єму інуліну, досягнутого за певний час набухання, від відсоткового вмісту води в суміші з органічним розчинником. Для кожного розчинника або їх сумішей з водою аналізувались значення набухання, яке відбувалось для кількох фіксованих значень, протягом 3, 24, 48 годин. Одержані експериментальні дані наведені у вигляді графіків на рис. 1—4. При цьому виявився ряд цікавих закономірностей, які повторювались для більшості розчинників. Залежність величини набухання інуліну від вмісту води у розчиннику є нелінійною, на неї впливають певні співвідношення між кількістю води й органічного розчинника. Можна припустити, що піковим значенням величини набухання відповідають найбільш стійкі комплекси, що утворюються в суміші розчинників.

Криві на рис. 1 відповідають залежності ступеня набухання інуліну від концентрації суміші етанол-вода. З наведених даних видно, що в перші три години процес набухання — найбільш інтенсивний, після чого відбувається певне «насичення» біополімера (24 год). Через 48 год спостерігалось зниження ступеня набухання. Треба зазначити, що характер залежностей практично однаковий для всіх концентрацій і відрізняється тільки абсолютними значеннями.

Подібний характер залежності спостерігався для всіх досліджуваних сумішей розчинників. Збільшення відсотка води в суміші приводило до підвищення абсолютних значень ступеня набухання. В чистих розчинниках і для суміші (10 % води + 90 % розчинника) набухання інуліну є несуттєвим. Максимальні значення величини набухання відповідають сумішам, де вміст води в розчиннику знаходиться в межах близько 30 %, 50 %, 70 % і 90 %, що дозволяє припустити для них наявність молярних співвідношень компонентів комплексу.

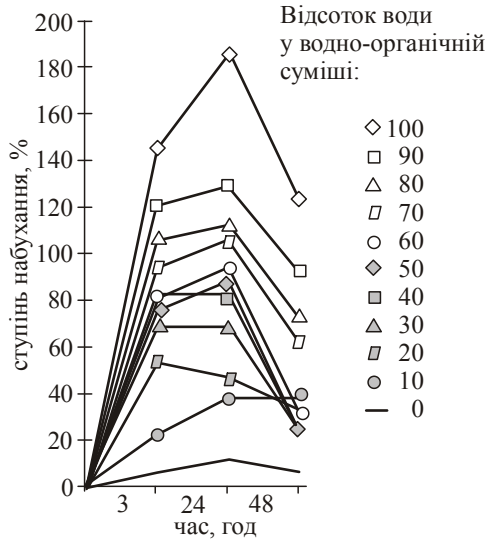


Рис. 1. Залежність ступеня набухання інуліну від співвідношення вода-етиловий спирт

Для того, щоб проаналізувати залежність процесу набухання від природи розчинника, визначили як змінюється ступінь набухання протягом певного часу при однаковій для всіх розчинників концентрації. Найбільш типовою виявилась залежність при співвідношенні вода-розчинник 1:1, що показано на рис. 2, 3.

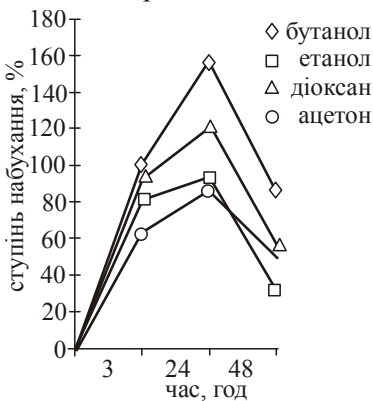


Рис. 2. Залежність ступеня набухання інуліну від природи розчинника для бутанолу, етанолу, діоксану, ацетону при співвідношенні вода-розчинник 1:1

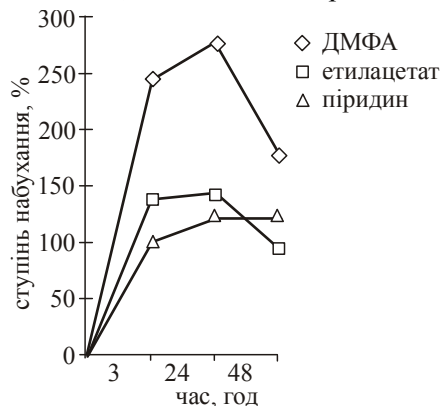
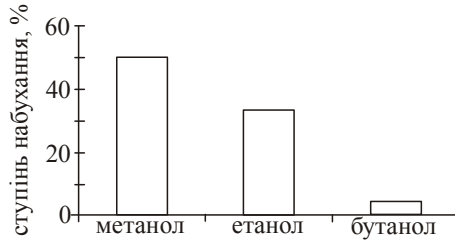


Рис. 3. Залежність ступеня набухання інуліну від природи розчинника для диметилформаміду, етилацетату, піридину при співвідношенні вода-розчинник 1:1

Результати поділялися на дві групи залежно від абсолютних значень ступеня набухання. На рис. 2 наведена залежність для тих розчинників, де через 24 год був досягнутий ступінь набухання близький до 160 %, а на рис 3 — 260 %.

У ході експерименту було встановлено, що полярні, високо основні розчинники, такі як диметилформід, піридин викликають найбільше набухання інуліну. Добре узгоджуються з полярністю й значення ступеня для розчинників, що повністю змішуються з водою (етанол, діоксан, ацетон тощо). Дещо відрізняються значення для розчинників, що повністю не змішуються з водою — етилацетату та бутилового спирту. Це можна пояснити процесами міжфазової взаємодії в системі інулін-вода-органічний розчинник. Для таких систем дійсна концентрація розчинника в місці його контакту з біополімером може суттєво відрізнятись від концентрації суміші, що була приготовлена.



**Рис. 4. Залежність ступеня набухання інуліну від природи спиртів при спостереженні протягом шести діб**

Наведена на рис. 4 залежність свідчить, що полярність розчинника, зокрема спирту, впливає на ступінь набухання інуліну. Зменшення полярності спиртів відповідає зменшенню ступеня набухання при довготривалому контакті (шість діб). Зазначимо, що можливим фактором впливу на процес набухання для цих речовин є утворення міжмолекулярних водневих зв'язків у системі розчинник-інулін.

У процесі дослідження знайдені такі закономірності:

1. Експериментальні дані свідчать, що в чистих органічних розчинниках, таких як метиловий, етиловий, бутиловий спирти, діоксан, піридин та ацетон, набухання інуліну є несуттєвим. Винятком з цього ряду є диметилформамід, в якому спостерігається значне набухання полімеру, що пояснюється високою полярністю та основністю цього розчинника. Слід зазначити, що в чистому диметилформаміді при довготривалому контакті починається процес розчинення інуліну.

2. Збільшення відсотка води в сумішах приводить до підвищення абсолютних значень ступеня набухання.

3. Природа розчинників впливає на процес набухання інуліну. Найбільші значення ступеня набухання відповідають розчинникам з високою полярністю та основністю.

4. У розчинниках, що обмежено змішуються з водою (етилацетат, бутиловий спирт) водно-органічні суміші утворюють густі суспензії, що важко розділяються та досить складні для аналізу.

### **Висновки**

Досліджено процес набухання інуліну в чистих органічних розчинниках та у їх сумішах з водою з різним співвідношенням компонентів. Вдосконалено

методику об'ємного визначення ступеня набухання для біополімерів полісахаридної природи. В результаті проведених дослідів та опрацювання їх результатів виявлено ряд закономірностей, спільних для більшості розчинників, з'ясовано залежність ступеня набухання від природи органічного розчинника.

### Література

1. Митрофанова И.Ю. Перспективы применения инулина в медицинской и фармацевтической практике / И.Ю. Митрофанова, А.В. Яницкая, Ю.С. Шуленина // Вестник новых медицинских технологий. — 2012. — Т. XIX, Вып. № 2. — С. 45—46.
2. Бонарцев А.П. Новые полимерные системы для контролируемого высвобождения дипиридамола и индометацина / А.П. Бонарцев, Г.А. Бонарцева, Т.К. Махина и др. // Прикладная биохимия и микробиология. — 2006. — Т. 42, № 6. — С. 710—715.
3. Андриевский Р.А. Наноструктурные материалы / Р.А. Андриевский, А.В. Рагуля. — Москва: Академия, 2005. — 192 с.
4. Аскадский А.А. Введение в физико-химию полимеров / А.А. Аскадский, А.Р. Хохлов. — Москва: Научный мир, 2009. — 380 с.
5. Рихтер М. Избранные методы исследования крахмала / М. Рихтер, З. Аугустат, Ф. Ширбаум. — Москва: «Пищевая промышленность», 1975. — 183 с.

## ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА НАБУХАНИЯ ИНУЛИНА В ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Н.Ю. Зинченко, Н.В. Симурова, Л.М. Мазур, Н.С. Кучер

*Национальный университет пищевых технологий*

*В статье исследована способность инулина набухать в ряде органических растворителей и их смесей с водой в различных соотношениях. В результате проведенных опытов был выявлен ряд закономерностей, общих для большинства растворителей. Проанализирована зависимость степени набухания инулина от концентрации водно-органических смесей, а также от физико-химических характеристик растворителя, в частности, от его полярности. Все данные результатов исследований приведены в графическом виде, проведен их анализ.*

**Ключевые слова:** *инулин, фруктозан, биополимер, степень набухания, органические растворители.*