

**Мельник Оксана Юрїївна**, канд. техн. наук, доц., кафедра технології харчування, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Г. Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: 0964328072; e-mail: oxana7@i.ua.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9201-7955>.

**Melnyk Oksana**, PhD, Associate Professor, Department of Nutrition Technology, Sumy National Agrarian University. Address: G. Kondratieva str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: 096 4328072; e-mail: oxana7@i.ua.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-9201-7955>.

**Омельченко Світлана Борисівна**, канд. техн. наук, доц., кафедра технології харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 0662184230; e-mail: omelchenko.s.b@gmail.com.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3635-6626>.

**Omelchenko Svetlana**, PhD, Associate Professor, Department of Nutrition Technology, Kharkiv State University of Food and Trade. Address: Klochkivska, str. 333, Kharkiv, Ukraine, 61145. Tel.: 0662184230; e-mail: omelchenko.s.b@gmail.com.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3635-6626>.

DOI: 10.5281/zenodo.4386814

УДК 641.85:664.38:664.33

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ ТА ГЕЛІВ ЖЕЛАТИНУ**

**М.Ф. Перцевой, М.М. Самілик, Т.І. Маренкова, Д.О. Бідюк**

*Подано інформацію щодо перспектив використання желатину у складі структурованої харчової продукції, узагальнено характеристику властивостей желатину та процесу його geleутворення, наведено результати порівняльного дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних розчинів і гелів желатину ТМ «Gelita» та полісахаридів, методом диференціально-сканувальної калориметрії визначено стан вологи в модельних гелях желатину, його молекулярно-масовий поділ.*

---

© Перцевой М.Ф., Самілик М.М., Маренкова Т.І., Бідюк Д.О., 2020

**Ключові слова:** желатин, желеутворення, полісахариди, структурована харчова продукція, функціонально-технологічні властивості.

## **STUDY OF FUNCTIONAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF GELATIN SOLUTIONS AND GELS**

**M. Pertsevoi, M. Samilyk, T. Marenkova, D. Bidiuk**

*The issue of creating competitive technologies for safe food products is relevant for countries around the world. In recent years, in the modern food industry, there has been a tendency to increase the demand for new types of food products, in particular structured ones, which is the result of the introduction of highly efficient science-intensive technologies into production. The use of gelatin is promising in the technology of structured food products. This hydrocolloid has a significant potential for functional and technological properties (gelling, foaming, emulsifying, film-forming, etc.), compatibility with other structure-forming agents, the possibility of modifying properties, and commercial availability both in Ukraine and abroad.*

*Establishing the feasibility and scientific substantiation of the possibility of using gelatin as part of structured food products requires a deep and detailed study of gelatin as a raw material, the functional and technological properties of its solutions and gels as model systems.*

*The article presents scientific information on the prospects for the use of gelatin in structured food products, summarizes the characteristics of the properties of gelatin and the process of its gelation, presents the results of comparative studies of the functional and technological properties of model solutions and gelatin gels TM "Gelita" with a gel strength of 240 bloom and polysaccharides of red sea algae. The state of water in model gelatin gels was determined by differential scanning calorimetry, the types of bonds were studied by studying the IR spectra of gelatin films, and its molecular weight distribution was determined by electrophoresis. The results presented will form the scientific basis for the development of new technologies for food products using gelatin. These data can be used in the future for comparative analysis of the interactions of gelatin with other nutrients that will be present in structured food products.*

**Keywords:** *gelatin, gelation, polysaccharides, structured food products, functional and technological properties.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Питання створення конкурентоспроможних технологій нових безпечних харчових продуктів є актуальним для країн усього світу. Першорядним завданням у забезпеченні населення продовольством є розроблення технологій харчової продукції з новими споживчими властивостями, низькою ціною, високими органолептичними показниками, підвищеною харчовою та біологічною цінністю, що відповідає сучасним вимогам нутриціології.

Останнім часом у сучасній харчовій індустрії спостерігається тенденція до збільшення попиту на нові види харчової продукції, зокрема на структуровану, яка є результатом упровадження у виробництво високоєфективних наукоємних технологій. Серед сучасного асортименту структурованих харчових продуктів важливе місце посідає продукція закладів ресторанного господарства та індустріального виробництва, до складу якої входять регулятори структури та текстури тваринної та рослинної природи – полісахариди водоростеві (агар, карагенан, альгінати), мікробні (ксантанова камедь), наземних рослин (камеді – гуарова, ріжкового дерева, тари, конжакова тощо), білки тваринні (желатин і так звані функціональні тваринні білки, яєчні, молочні) та рослинні (ізольовані та концентровані). Ці добавки використовуються як окремо, так і у складі комплексних сумішей, що дозволяє оптимізувати функціонально-технологічні властивості компонентів під конкретне технологічне завдання.

Перспективним напрямом у технології структурованої харчової продукції є використання желатину. Цей гідроколоїд має значний потенціал функціонально-технологічних властивостей (гелеутворююча, піноутворююча, емульгуюча, плівкоутворююча тощо), сумісність з іншими структуроутворювачами, можливість модифікації властивостей, комерційну доступність як в Україні, так і за її межами.

Доведення доцільності та наукове обґрунтування можливості використання желатину у складі структурованої харчової продукції потребує глибокого та детального вивчення функціонально-технологічних властивостей його розчинів і гелів як модельних систем. Це обумовлює актуальність обраного напрямку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Більшість структурованих продуктів, урахувавши великий спектр складових інгредієнтів, їх природу та хімічний склад, є складними гетерогенними системами з поліфазною структурою. Важливим аспектом використання структурованої продукції гетерогенного типу є стабілізація структури, яка здійснюється шляхом уведення речовин, що регулюють міцність, структурну в'язкість адсорбційних міжфазних шарів, температури структуроутворення, плавлення та ін. [1–4].

Слід виділити основні вимоги до гелеутворювачів як стабілізаторів структури:

- сумісність із дисперсною фазою і дисперсійним середовищем харчового продукту;
- здатність регулювати структурно-механічні властивості харчової системи за умови наявності інших рецептурних компонентів (жирів, цукрів, солей тощо);

- можливість регулювання швидкості структуроутворення;
- здатність забезпечувати задані показники якості продукту під час зберігання без синерезису;
- відсутність токсичної та алергенної дії;
- низька вартість і комерційна доступність.

З огляду на вищезазначене желатин є перспективним гелеутворювачем.

Желатин – це водорозчинний продукт деструкції нерозчинних у воді колагенових волокон, представлений сумішшю лінійних поліпептидів із різною молекулярною масою (50–70 кДа) та їхніх агрегатів із молекулярною масою до 300 кДа. Залежно від способу екстракції (кислотної та лужної) розрізняють два типи желатину: А та В [1; 3]. У водяних розчинах пептидні ланцюги желатину мають конфігурацію хаотично згорнутого клубка [5].

Кислотні й основні функціональні групи амінокислотних бічних ланцюгів надають желатину властивостей поліелектроліту. Ці електрично заряджені ділянки ланцюгів беруть участь у регулюванні взаємодії молекул желатину між собою і з молекулами розчинника. Вони впливають на в'язкість та інші гідродинамічні властивості системи.

Гідрофобні бічні ланцюги розміщуються переважно з одного боку площини поліпептидного ланцюга, а гідрофільні – з іншого. Після розчинення у воді макромолекула набуває форми спіралі. Відношення довжини такої спіралі до її ширини знаходиться в межах 1:15–1:20.

У холодній воді желатин не розчиняється, але набухає, поглинаючи 5–50-кратну кількість води. Під час нагрівання набухлий желатин легко переходить у розчин. Ступінь набухання желатину значною мірою залежить від рН. За даними Фішера, кислоти, які підвищують набухання желатину розташовані в такій послідовності:  $\text{HCl} > \text{HNO}_3 > \text{CH}_3\text{COOH} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{BO}_3$

У розведених лугах желатин набухає менше, ніж у кислотах. У разі додавання нейтральних солей до кислот і лугів набухання зменшується, інколи воно буває меншим, ніж у воді. Вплив солей пояснюється спільною дією аніонів і катіонів.

Ізоелектрична точка желатину, отриманого внаслідок лужної екстракції, знаходиться в межах рН 4,7–5,0, кислотної – у межах рН 8,0–9,0. В ізоелектричній точці деякі функціонально-технологічні показники желатину, наприклад в'язкість, набухання, температура плавлення драглів, прозорість, мають мінімальне значення, а здатність розчинів желатину до зсідання (коагуляції), осадження – максимальне [1].

За температури нижче 40 °С в розчинах желатину відбувається конформаційний перехід макромолекул желатину зі статичного клубка

в колагеноподібні спіралі. У результаті великої кількості міжмолекулярних зв'язків із пересичених розчинів желатину утворюються агрегати макромолекул, тобто частинки нової ліофільної фази. Їх накопичення спричиняє надалі виникнення міцних дисперсних структур. З'єднання частинок нової полімерної фази з утворенням контактів приводить до появи об'ємної структури гелю, який характеризується твердоподібними механічними властивостями [1]. Природа зв'язків, які беруть участь в утворенні тривимірної сітки драглів у розчинах желатину, до цього часу достатньо не вивчена. Існують різні, інколи суперечливі погляди. Більшість дослідників вважають, що основна роль належить взаємодії між полярними групами (солеподібним зв'язкам) [1], інші віддають перевагу гідрофобним зв'язкам [6], деякі стверджують про можливість існування водневих зв'язків [5]. Вважають також, що в драглеутворенні беруть участь усі перераховані типи зв'язків [7]. Для підтвердження останнього припущення як найбільш вірогідного В.Н. Ізмайловою, В.А. Пчеліним, Самір Абу Алі було проведено низку досліджень [6]. Автори вивчали вплив концентрації, рН, іонної солі й сечовини на температуру плавлення драглів желатину. У результаті дослідів встановлено, що за низьких концентрацій желатину (до 2,0%) у процесі драглеутворення значну роль відіграють зв'язки між функціональними групами. У драглях середньої концентрації (від 2,0% до 20,0%) значну роль відіграють також водневі зв'язки, а в драглях із концентрацією вище 20,0% контакти забезпечуються ще й гідрофобними зв'язками.

У роботах [1; 6] автори досліджували структуру драглів під час переходу спіраль – клубок. У результаті дослідження встановлено, що за температури 36 °С і вище існують лише молекули желатину в стані статичного клубка. У разі охолодження до 20 °С швидкість утворення спіралей збільшується, що пов'язано з виникненням водневих зв'язків, які скріплюють спіраль за цієї температури. За температури 17...20 °С зменшується рухомість молекул і сегментів, що ускладнює утворення спіральних конформацій, також за цих температур більша частина молекул желатину із форми статичного клубка переходить у спіральну конформацію. Крім того, авторами виявлено, що перехід від конформації спіралей до конформації статичного клубка для молекул желатину не залежить від того, знаходяться молекули в розчині чи беруть участь в утворенні структури драглів.

На цей час існують два пояснення механізму асоціації ланцюгів, що приводять до утворення желатинових гелів: кристалізація (модель біхромчатих міцел), або локальна асоціація ланцюгів унаслідок

конформаційного переходу глобула – спіраль, і відновлення колагенової структури без подальшої агрегації й утворення мікрокристалів. Це підтверджується в роботах [1; 6]. У процесі гелеутворення формуються метастабільні колагеноподібні структури. Бредбері й Мартін [6] виділяють три основні процеси серед тих, що відбуваються в системі під час гелеутворення: утворення асиметричних ланцюгових елементів, установа міжланцюгових контактів, збільшення упорядкованості желатинових систем.

Таким чином, у результаті охолодження розчину желатину спочатку відбувається внутрішньомолекулярна перебудова частини пептидних ланцюгів у колагенову складчастість. Утворення складок, подібних до полігліцинових, стабілізованих водневими міжамідними і карбонільними групами, відбувається і в разі утворення колагенової складчастості.

Желатинові гелі утворюються зворотно під час охолодження желатинового розчину. За температур нижче 40 °C в розчинах желатину відбувається конформаційний перехід макромолекули желатину зі статичної глобули в колагеноподібні спіралі. У результаті великі кількості міжмолекулярних зв'язків із пересичених розчинів желатину утворюються агрегати макромолекул, тобто частинки нової ліофільної фази. Їх накопичення спричиняє надалі виникнення міцних дисперсних структур. Зрощення частинок нової полімерної фази з утворенням контактів приводить до появи об'ємної твердоподібної структури гелю, що характеризується механічними властивостями [1; 3; 5; 6].

Автори [6] показали, що в сильно розведених желатинових гелях перехідні зони повністю міжмолекулярні, щонайменше – на початкових стадіях. Результати дослідження кінетики гелеутворення підтверджують цей висновок [6; 8; 9]. Реакція наближається до залежності третього порядку: від концентрації на ранніх стадіях гелеутворення, знижуючись до другого порядку в міру перебігу реакції.

Гелеутворення – процес кінетичний, і швидкість наростання міцності гелів тим більша, чим вища концентрація білка в системі. Швидкість гелеутворення желатину найбільша в ізоелектричному стані й зменшується під час переходу в кислу або лужну область. Швидкість структуроутворення і величина граничної міцності гелів желатину збільшуються зі зниженням температури. Міцність структури гелів желатину зі збільшенням концентрації зростає.

Головна функціональна особливість желатину – утворення високоеластичного термозворотного гелю з точкою плавлення, яка знаходиться на рівні температури людського тіла (менше за 37 °C) – нижче, ніж у пектину, карагенану, агару, що дають менш еластичні та більш ламкі гелі.

Стійкість гелів до термічного руйнування збільшується, якщо гелі формуються повільно або загартований гель прогрівався перед плавленням, а також якщо температура охолодженого гелю підвищується з меншою швидкістю, ніж 12 °С за 1 год.

Ці дані вказують на те, що не всі поперечні зв'язки є однаково стійкими і що витримування за підвищеної температури повільного утворення гелю сприяє виникненню стійкіших поперечних зв'язків за рахунок слабкіших. Швидке охолодження спричиняє більш хаотичне утворення слабких та менш організованих розгалужених областей. Це підтверджує важливість термічної передісторії агрегатів або гелю желатину для їх стійкості.

Зниження температури приводить до швидшого збільшення кількості спіралей; основна кількість спіралей (80%) з'являється на ранній стадії дозрівання гелю, приблизно через годину, а подальше збільшення кількості спіралей є значно повільнішим.

Гелеутворення водних драглів желатину за 20 °С майже закінчується через 7 діб. При цьому на 75–85% цей процес є завершальним вже через 24 год. [1].

Отже, огляд джерел дозволив визначити вимоги до гелеутворювачів структурованої харчової продукції, детально розглянути існуючі дані щодо будови желатину, властивостей його розчинів та гелів. На підставі проведених аналітичних досліджень можна зробити висновок, що необхідним є проведення додаткових досліджень, які дозволять довести доцільність і науково обґрунтувати можливість використання желатину у структурованій харчовій продукції.

**Метою статті** є дослідження функціонально-технологічних властивостей розчинів та гелів желатину для доведення доцільності та наукового обґрунтування можливості використання желатину у структурованій харчовій продукції.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У дослідженнях використано желатин ТМ «Gelita» (Німеччина) із міцністю гелю 240 bloom типу А, каппа-карагенан (Фінляндія), агар та фурцеларан (Російська Федерація). Предметами дослідження були розчини та гелі з концентрацією желатину 3,0%, каппа-карагенану 1,0%, агару 1,0% та фурцеларану 2,0%. Зазначену концентрацію гелеутворювачів у модельних системах було взято з урахуванням середніх рекомендованих значень, що прийнято за основу під час виробництва харчових продуктів [3, 5].

Міцність гелів визначали приладом Валента [10]. Температуру гелеутворення розчинів визначали на роторному віскозиметрі

«Реотест-2» методом, заснованим на фіксації стрибкоподібного збільшення в'язкості розчинів під час гелеутворення. Температуру плавлення гелів визначали методом із застосуванням U-подібних скляних трубок. Тривалість структуроутворення визначали, заснованим на встановленні максимальної міцності структури в кінці структуроутворення за допомогою приладу Валента. Ефективну в'язкість модельних розчинів досліджували на віскозиметрі сталих напруг ВПН-0,2 [10]. Структурно-механічні властивості (відносні: деформацію, пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою модифікованих ваг Каргіна–Сооголової [10]. Стан води досліджували методом диференціально-сканувальної калориметрії на низькотемпературному мікрокалориметрі ДСК-2М.

На першому етапі дослідження проведено порівняльну характеристику деяких функціонально-технологічних властивостей модельних систем желатину та полісахаридів: каппа-карагенану, агару, фурцеларану. У табл. 1 наведено результати визначення міцності, температури структуроутворення та плавлення зазначених модельних систем. Аналіз даних свідчить, що міцність гелів-структуроутворювачів залежить від їх хімічного складу, концентрації, джерел отримання та природи.

Таблиця 1

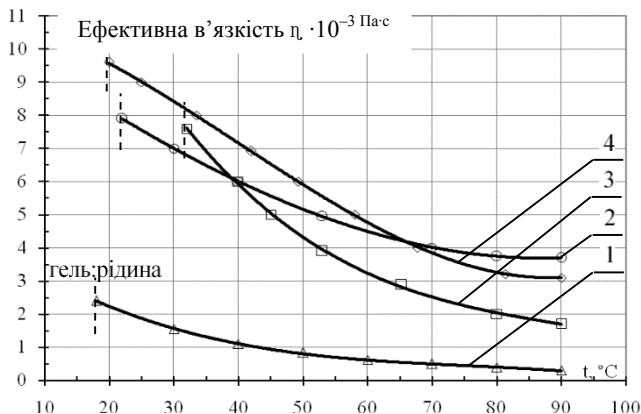
**Порівняльна характеристика функціонально-технологічних властивостей модельних систем гелеутворювачів**

| Гелеутворювач   | Концентрація в модельній системі, % | Міцність гелю, г | Температура структуроутворення розчину, $t_{стр.}$ , °С | Температура плавлення гелю, $t_{пл.}$ , °С | $t_{пл.} - t_{стр.}$ , °С |
|-----------------|-------------------------------------|------------------|---|--|---------------------------|
| Желатин         | 3,0                                 | 345±16           | 18,0±0,2  | 33,0±0,3                                   | 14,0±0,5                  |
| Каппа-карагенан | 1,0                                 | 450±18           | 20,0±0,4  | 59,0±0,9                                   | 38,0±1,5                  |
| Агар            | 1,0                                 | 375±17           | 33,0±0,5  | 76,0±0,9                                   | 43,0±1,4                  |
| Фурцеларан      | 2,0                                 | 115±6            | 22,0±0,4  | 58,0±0,8                                   | 36,0±1,2                  |

Збільшення концентрації гелеутворювачів сприяє зростанню кількості міжмолекулярних зв'язків, найбільш імовірно, водневих. Незважаючи на велику енергію водневого зв'язку (20 кДж/моль), збільшення концентрації структуроутворювачів сприяє суттєвому зростанню міцності, температури структуроутворення, плавлення та ефективної в'язкості, що виявляється як ущільнення сітки гелю. Зрозуміло, що функціонально-технологічні показники мають виражений концентраційний характер, а це впливає на структурно-механічні та органолептичні показники.



Як видно з рис. 1, ефективна в'язкість желатину менше порівняно з аналогічними показниками сульфітованих полісахаридів. Фазовий перехід рідина–гель відбувається за максимальної температури: 33 °С – в агару, 22 °С – у фуцеларану, 20 °С – у каппа-карагенану, 18 °С – у желатину.



**Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості розчинів гелеутворювачів від температури: 1 – желатину (3,0%); 2 – фуцеларану (2,0%); 3 – агару (1,0%); 4 – каппа-карагенану (1,0%)**

Установлено (рис. 1), що за температури вище 80 °С в'язкість розчинів гелеутворювачів складає: для каппа-карагенану  $(3,1 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для агару  $(1,7 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для фуцеларану  $(3,7 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для желатину  $(0,9 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$  Па·с. У температурному інтервалі фазового переходу рідини до гелю в'язкість розчинів складає: для каппа-карагенану  $(9,6 \pm 0,4) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для агару  $(7,6 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для фуцеларану  $(7,9 \pm 0,3) \cdot 10^{-3}$  Па·с, для желатину  $(2,4 \pm 0,1) \cdot 10^{-3}$  Па·с.

За результатами дослідження реологічних показників гелів желатин має найбільшу пружність і пластичність (табл. 2).

Таблиця 2

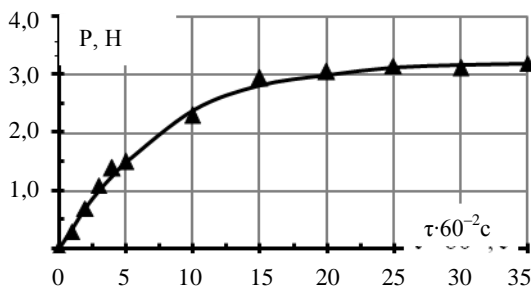
**Характеристика реологічних показників гелів**

| Гелеутворювач   | Концентрація в модельній системі, % | Деформація, $10^{-4}$ м |       |            | Відносні        |              |                 |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------|-------|------------|-----------------|--------------|-----------------|
|                 |                                     | $E_0$                   | $E_m$ | $E_{зал.}$ | пластичність, % | пружність, % | еластичність, % |
| Желатин         | 3,0                                 | 3,40                    | 4,00  | 1,60       | 40,0            | 85,0         | 15,0            |
| Каппа-карагенан | 1,0                                 | 2,74                    | 4,29  | 0,75       | 17,5            | 63,9         | 36,1            |
| Агар            | 1,0                                 | 3,78                    | 4,75  | 1,63       | 35,5            | 79,9         | 20,1            |
| Фуцеларан       | 2,0                                 | 8,81                    | 14,21 | 4,59       | 32,3            | 69,0         | 31,0            |

Гелі каппа-караганану й агару мають у своїй структурі значну кількість агрегатів молекулярних спіралей, вони більшою мірою виявляють пружно-пластичні та меншою мірою пружно-еластичні властивості. Гелям желатину більшою мірою притаманні пружно-еластичні властивості.

Очевидно, що залежно від хімічного складу, природи речовин, що входять до складу гелю, сила їхньої взаємодії надає їм певних механічних властивостей: пластичності, пружності, еластичності, в'язкості, міцності, які об'єктивно характеризують їх структуру.

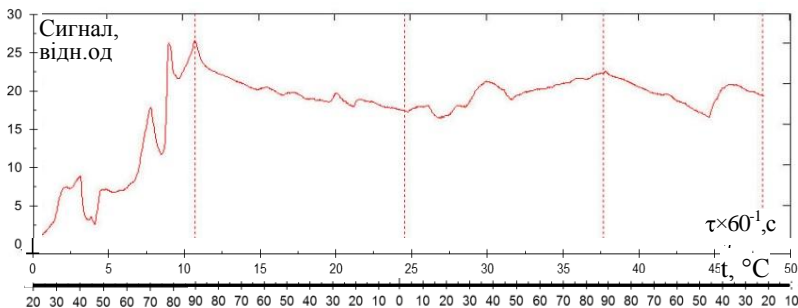
Дослідження кінетики структуроутворення гелів із концентрацією желатину 3,0% (рис. 2) за температури  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  показало, що формування структури зразків майже закінчується після  $(25 \dots 30) \cdot 60^2 \text{ с}$ . При цьому міцність гелів становить 345–365 г.



**Рис. 2. Залежність міцності гелю з концентрацією желатину 3,0% від тривалості структуроутворення**

Ураховуючи те, що структурована харчова продукція, як зазначено раніше, належить до складних гетерогенних систем, що можуть мати підвищений вміст вологи, дослідження зв'язування вологи в модельних гелях желатину було проведено методом диференціально-сканувальної калориметрії (ДСК).

Характер зміни сигналу ДСК гелю желатину (рис. 3) вказує на необоротність процесу, що відбувається, при термоциклуванні. Під час першого нагрівання спостерігається характерний екзотермічний процес за температур  $30 \dots 45^\circ\text{C}$ , що свідчить про утворення первинної гідратної структури й зв'язування вологи. При цьому молекули води розташовуються між елементами надмолекулярних структур, збільшуючи об'єм полімеру (набрякання). Однак під час подальшого підвищення температури до  $45 \dots 50^\circ\text{C}$  відбувається ендотермічний перехід, пов'язаний із розгортанням макромолекул. При цьому швидкість набрякання різко зменшується, про що свідчить відсутність теплових ефектів при  $t=55 \dots 65^\circ\text{C}$ .



**Рис. 3. ДСК-криві нагрівання-охолодження гелю модельного розчину з вмістом желатину 3,0%**

Під час подальшого нагрівання за температури 70...90 °С знову спостерігався екзотермічний перехід. Це явище, очевидно, спричиняє другим внутрішньо-структурним етапом набрякання системи, під час якого зі збільшенням коефіцієнта дифузії молекули води починали проникати всередину макромолекул, утворюючи нові внутрішньо-структурні зв'язки.

Набрякання системи триває протягом наступних трьох етапів термоцикування. Це підтверджується оцінкою теплового ефекту, проведеного нижче. При цьому утворювалася стійка дисперсна структура, у якій зі зниженням температури починали утворюватися міжмолекулярні комплекси внаслідок зменшення рухливості молекул розчинника, про що свідчать екзотермічні процеси в діапазоні температур 30...40 °С  $\tau=(20, 30, 43)\times 60$  с.

Для всіх експериментів розраховувалася кількість теплоти в діапазоні 20...90 °С (однаковий для всіх циклів) у відносних одиницях (кількість теплоти, переданої в першому циклі, приймалася за 100%). Для дослідного зразка  $Q_{\text{сф}} = -133\%$  означає, що кількість теплоти, відведеної від зразка під час охолодження, більша на 133%, ніж кількість підведеної теплоти під час нагрівання. Це вказує на необоротність процесу, протягом якого виділяється теплота набрякання (структурування) системи.

На рис. 4 наведено ІЧ-спектр висушеної плівки желатину. На спектрі спостерігається характерна для всіх білків широка смуга при  $3300 \text{ см}^{-1}$ , обумовлена валентними коливаннями зв'язку N–H у групах  $-\text{NH}_2$ , що беруть участь в утворенні водневих зв'язків, і валентними коливаннями зв'язків у групах O–H при  $3400\text{--}3200 \text{ см}^{-1}$ . Смуги поглинання  $3100\text{--}3050 \text{ см}^{-1}$  і  $1650\text{--}1600 \text{ см}^{-1}$  відповідають валентним і деформаційним коливанням зв'язку N–H у групах  $\text{NH}_3^+$ . Із валентними

коливаннями зв'язку С–N пов'язані піки поглинання 1350–1300  $\text{cm}^{-1}$ . Смуги у межах 1480–1430  $\text{cm}^{-1}$  обумовлені деформаційними коливаннями симетричних зв'язків  $\text{CH}_2$ . Поглинання в діапазоні 1250–1220  $\text{cm}^{-1}$  може бути пов'язане з деформаційними коливаннями зв'язків С–Н. Смуги поглинання, що лежать у межах 1150–1075  $\text{cm}^{-1}$  і 1210–1100  $\text{cm}^{-1}$  обумовлені валентними коливаннями зв'язків С–О у групах  $\text{CH-OH}$  і  $\text{C-OH}$ , що належать до вторинних і третинних спиртів.

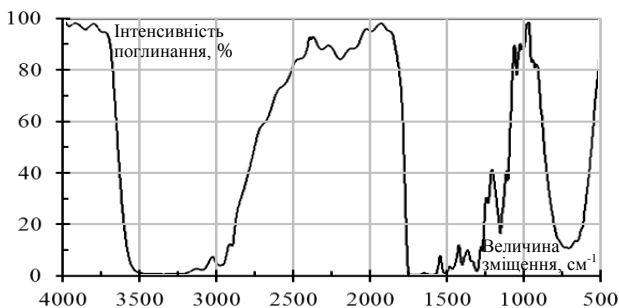


Рис. 4. ІЧ-спектр висушеної плівки желатину

На рис. 5 наведено результати електрофоретичного поділу желатину за молекулярними масами.

Аналіз основних фракцій білків, одержаних у результаті електрофоретичного поділу, показав, що для желатину, який являє собою  $\alpha$ -частинки колагену, основні фракції мають  $M_m=80,41$  (23,96%),  $M_m=55,68$  (6,59%),  $M_m=43,08$  (24,45%),  $M_m=35,96$  (41,81%).

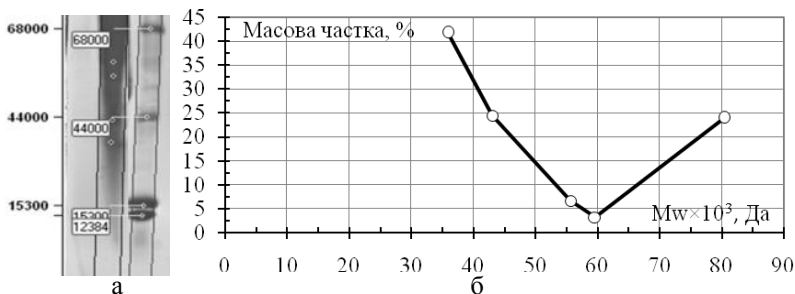


Рис. 5. Електрофоретичний поділ желатину за молекулярними масами в SDS-ПААГ 12,5% (а) та його молекулярно-масовий поділ (б)

**Висновки.** За результатами проведеного аналітичного огляду наявної наукової інформації визначено перспективи використання желатину в структурованих харчових продуктах, узагальнено характеристики властивостей желатину та процесу його гелеутворення. Доведено, що цей гідроколоїд має значний потенціал функціонально-технологічних властивостей та є комерційно доступним на ринку України і за кордоном.

У статті наведено результати порівняльного дослідження функціональних і технологічних властивостей модельних розчинів та гелів желатину ТМ «Gelita» з міцністю гелю 240 bloom та полісахаридами червономорських водоростей. Стан води в модельних желатинових гелях – методом диференціальної сканувальної калориметрії, типи зв'язків вивчено шляхом вивчення ІЧ-спектрів желатинових плівок; його молекулярно-масовий поділ досліджено за допомогою електрофорезу.

Подані результати формують наукову основу для розробки нових технологій харчових продуктів із використанням желатину. Ці дані можуть бути використані в майбутньому для порівняльного аналізу взаємодії желатину з іншими поживними речовинами, які містять в структурованих харчових продуктах.

#### **Список джерел інформації / References**

1. Измайлова В. Н. Структурообразование в белковых системах / В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.

Yzmailova, V.N., Rebynder, P.A. (1974), [*Strukturoobrazovanye v belkovykh sistemakh*], Nauka, Moscow, 268 p.

2. МакКена Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б. М. МакКена ; пер. с англ. под. науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базарновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.

МакКена, В.М. (2008), [*Struktura y tekstura pyshchevykh produktov. Produkty emulsiyonnoi pryrody*], Professyia, SPb, 480 p.

3. Реологічні методи дослідження сировини і харчових продуктів та автоматизація розрахунків реологічних характеристик : навч. посібник / А. Б. Горальчук [та ін.]. – Х. : ХДУХТ, 2006. – 63 с.

Horalchuk, A.B. et al. (2006), [*Reolohichni metody doslidzhennia syrovyny i kharchovykh produktiv ta avtomatyzatsiia rozrakhunkiv reolohichnykh kharakterystyk: navch. posibnyk*], KhDUKhT, Kharkiv, 63 p.

4. Системные исследования технологий переработки продуктов питания / Сафонова О. Н., Перцевой Ф. В., Гринченко О. А. и др. – Х. : ХГУПТ, 2000. – 200 с.

Safonova O. N., Pertsevoi F.V., Hrynchenko O. A. et al. (2000), [*Systemn yeysledovanya tekhnolohiyi pererabotky produktov pytanyia*], KhHUPT, Kharkov, 200 p.

5. Тимофеевская С. А. Гелеобразование в сырных продуктах на основе сухого молока и растительных жиров / С. А. Тимофеевская // Пищевая и перерабатывающая промышленность. Реферативный журнал. – 2008. – № 3. – С. 942.

Тумофеевскаіа, S.A. (2008), [“Heleobrazovanye v syrnykh produktakh na osnove sukhoho moloka y rastytelnykh zhyrov”, *Pyshchevaia y pererabatyvaiushchaia promyshlennost. Referatyvnyzhurnal*’], No. 3, p. 942.

6. Ребиндер П. А. Структурообразование в белковых системах / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1974. – 268 с.

Rebynder, P.A. (1974), [*Strukturoobrazovanye v belkovykh systemakh*], Nauka, Moscow, 268 p.

7. Doxastakis, G., Kiosseoglou, V. (2000), *Nove lmacromolecules in food systems*, Elsevier, 448 p.

8. Урьев Н. Б. Пищевые дисперсные системы / Н. Б. Урьев, М. А. Талейсник. – М. : Агропромиздат, 1985. – 296 с.

Urev, N.B., Taleisnyk, M.A. (1985), [*Pyshchevye dyspersnye systemy*] Ahropromyzdat, Moscow, 296 p.

9. Фридрихсберг Д. А. Курс коллоидной химии / Фридрихсберг Д. А. – Л. : Химия, 1984. – 368 с.

Frydrykhsberh, D.A. (1984), [*Kurs kolloidnoi khymyy*], Khymyia, 368 p.

10. Реометрия пищевого сырья и продуктов : справочник / под ред. Ю. А. Мачихина. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.

Machykhyna, Yu.A. (1990), [*Reometryia pyshchevoho syria y produktov: Spravochnyk*], Ahropromyzdat, Moscow, 271 p.

**Перцевої Микола Федорович**, канд. техн. наук. Адреса: просп. Гагаріна, 46, кв. 108, м. Харків, Україна, 61140. Тел.: 0931495748; e-mail: percevoinikolai@ukr.net.

**Pertsevoy Nikolay**, PhD in Technical Sciencet. Address: Gagarin Avenue, 46, apt. 108, Kharkiv, Ukraine, 61140. Tel: 0931495748; e-mail: percevoinikolai@ukr.net.

**Самілик Марина Михайлівна**, канд. техн. наук, доц., кафедра технології молока та м'яса, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: (0542)70-11-02; e-mail: m.samilyk@ukr.net.

**Samilyk Maryna**, PhD in Technical Sciencet, Associate Prof., Department of Food Technology, Sumy National Agrarian University. Address: Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: (0542) 70-11-02; e-mail: m.samilyk@ukr.net.

**Маренкова Тетяна Іванівна**, ст. викл., кафедра технології харчування, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: (0542)70-11-02; e-mail: tanya\_201@ukr.net.

**Marenkova Tetyana**, Senior Lecturer, Department of Food Technology, Sumy National Agrarian University. Address: Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: (0542)70-11-02; e-mail: tanya\_201@ukr.net.

**Бідюк Дмитро Олегович**, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра технології харчування, Сумський національний аграрний університет. Адреса: вул. Герасима Кондратьєва, 160, м. Суми, Україна, 40021. Тел.: (0542)70-11-02; e-mail: xbach@ukr.net.

**Bidyuk Dmytro**, PhD in Technical Sciencet, Senior Lecturer, Department of Food Technology, Sumy National Agrarian University. Address: Gerasim Kondratiev str., 160, Sumy, Ukraine, 40021. Tel.: (0542)70-11-02; e-mail: xbach@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.4386782

УДК 663.26:664.143/.149

## **ВПЛИВ ВИНОГРАДНИХ ПОРОШКІВ НА ЯКІСТЬ І ВЛАСТИВОСТІ КОНДИТЕРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ**

**Н.В. Гревцева, Т.М. Брикова, О.В. Городиська**

*Проаналізовано вплив порошків із виноградних кісточок та виноградних шкірочок на властивості тіста для здобного печива, порошку з кісточок – на в'язкість глазури кондитерської. Надано рекомендації щодо корегування в'язкості глазури шляхом використання додаткової кількості лецитину. Визначено харчову цінність кондитерських виробів із додаванням виноградних порошків.*

**Ключові слова:** *печиво здобне, глазур кондитерська, виноград, кісточки, шкірочки, порошок, показники якості.*

## **INFLUENCE OF GRAPE POWDERS ON THE QUALITY AND PROPERTIES OF CONFECTIONERY PRODUCTS**

**N. Hrevtseva, T. Brykova, O. Gorodyska**

*The influence of grape seeds and grape skins powders on the properties of dough for butter biscuits, grape seeds powder on the viscosity of confectionery glazewas analyzed.*

*Grape seeds powder was added in the butter dough in the amount of 20.0% by the weight of flour, grape skins powder – 16.0%. It has been found that their addition increases the effective viscosity of the dough by 5.4 and 3.9 times*

---

© Гревцева Н.В., Брикова Т.М., Городиська О.В., 2020