

# RESEARCHING FUNCTIONAL PROPERTIES BY HYDROCOLLOIDS FOR PRODUCTION OF CANDY MASS

T. Kalinovska, O. Vaysero, O. Kokhan, V. Obolkina

National University of Food Technologies

| Key words:                                                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Viscosity<br>Hydrocolloid<br>Synergism<br>Solution<br>Candy mass                                             | Aim is to studying by the viscosity of model solutions of hydrocolloids and their complex mixtures for forecasting the impact of functional properties, depending on the production technology of candy mass.<br>Researching functional properties by hydrocolloids for production of candy mass The results of studies of the dynamic viscosity of solutions of gummiarabic, pectin, gelatin, gum gelan and their synergistic combinations depending on technological factors (duration of hydration, temperature, active acidity, adding syrups).<br>The results of these studies can be used in the confectionery industry and in the development of a new range of candy mass. |
| <b>Article history:</b><br>Received 17.12.2013<br>Received in revised form 11.03.2014<br>Accepted 18.03.2014 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Corresponding author:</b><br>tk_88@ukr.net                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ГІДРОКОЛОЇДІВ З МЕТОЮ ЗАСТОСУВАННЯ У ВИРОБНИЦТВІ ЦУКЕРКОВИХ МАС

Т.В. Каліновська, О.О. Вайсеро, О.О. Кохан, В.І. Оболкіна

Національний університет харчових технологій

*Наведено результати досліджень динамічної в'язкості розчинів гуміарабіку, пектинів, желатинів, геланової камеді та їх синергітичних комбінацій в залежності від технологічних факторів (тривалості гідратації, температури, активної кислотності, додавання сиропів). Результати даних досліджень можуть бути застосовані у кондитерській промисловості при розробленні нового асортименту цукеркових мас.*

**Ключові слова:** в'язкість, гідроколоїд, синергізм, розчин, цукеркові маси.

**Вступ.** На сьогоднішній день якість кондитерських виробів, які виробляються на Україні суттєво зросла, розширився асортимент продукції. Це, насамперед, пов'язано зі стрімким впровадженням інноваційних технологій та нового прогресивного обладнання, застосування нових інгредієнтів.

В останні роки розширився асортимент харчових добавок, які мають істотний вплив на органолептичні та структурно-механічні властивості продуктів. Зазвичай, технологічні та функціональні добавки використовуються для збільшення терміну зберігання, підвищення харчової цінності, забезпечення та поліпшення необхідних функціональних властивостей, а також отримання оригінальної структури продукту. Разом з тим, постійно зростає інтерес до властивостей добавок щодо здоров'я людини, а також задоволення економічної доцільності для застосування їх у виробничій практиці.

Поглибленим вивченням властивостей харчових добавок, їх безпекою для здоров'я, механізмах драглеутворення, досвіді практичного застосування займаються численні інститути харчових інгредієнтів Центральної та Східної Європи, Азії, Латинської Америки, Сполучених Штатів Америки. Однак, наявність величезної кількості добавок супроводжується виникненням труднощів, пов'язаних з вибором конкретної добавки з безлічі подібних для практичного застосування в певних технологіях на існуючому обладнанні підприємств. Тому, робота присвячена дослідженням властивостей певної добавки або їх комбінацій в залежності від технологічних параметрів і режимів є актуальною та своєчасною.

**Завдання та мета досліджень.** Під час розробки раціональних технологій цукерок було поставлено завдання створення нового конкурентоспроможного асортименту виробів, забезпечення ефективності технологічного процесу та умов для його максимальної механізації. Для цього потрібне удосконалення технологій цукеркових мас з збивною та помадною структурою стійкою до механічного впливу під час формування методом екструзії.

Метою роботи є дослідження в'язкості модельних розчинів гідроколоїдів та їх сумішей для прогнозування впливу функціональних властивостей залежно від технологічних факторів під час приготування цукеркових мас.

**Матеріали та методи досліджень.** Як об'єкт дослідження використовували високометоксильовані пектини («Андре пектин») типу APC 105, отриманий способом екстракції цитрусової шкірки і стандартизований сахарозою зі ступенем етерифікації 58 % і пектин типу APA 167B, отриманий способом екстракції яблучних вичавок з додаванням буферних солей і стандартизований сахарозою зі ступенем етерифікації 62 %; гуміарабік INSTANTGAM (INSTANTGUM) AB, BA; желатин, отриманий зі свинячих шкір «TROBAS GELATIN B.V.» (Нідерланди) типу А з міцністю драглю 220, 240 Bloom; геланову камідь.

Для створення оптимальних поєднань та співвідношень гідроколоїдів проводили дослідження в'язкості модельних розчинів гідроколоїдів та їх сумішей з концентрацією 1 % за допомогою капілярного віскозиметра ВПЖ-4 при різних технологічних умовах.

**Результати досліджень.** На властивості полісахаридних та білкових гелів та процес драглеутворення впливають різні чинники, в тому числі молекулярна структура, молярна маса, концентрація розчинів, температура, тривалість гідратації, значення рН.

Відомо, що в'язкість залежить від ступеня полімеризації (молекулярної маси) і форми та гнучкості розчиненого полімерного ланцюга. Лінійні полісахариди утворюють високов'язкі розчини при низьких концентраціях, коли високорозгалужені молекули стикаються значно рідше і утворюють менш в'язкий розчин за того ж ступеня полімеризації [1].

За хімічною природою гідроколоїди представлені двома видами біополімерів — полісахаридами і білками, особливості будови яких визначають індивідуальну специфіку поведінки кожного з них у гідрофільному середовищі при різних умовах. Саме завдяки цій специфіці можна говорити про можливості управління реологічними властивостями харчових систем з метою формування заданої консистенції або текстури харчового продукту.

Гуміарабік являє собою сильно розгалужений високомолекулярний полісахарид арабіногалактан, який утворює малов'язкі водні розчини. Арабіногалактан, з'єднаний з білковим каркасом утворює арабіногалактопротеїнову фракцію (AGP). Полісахаридна фракція є лінійним ланцюгом, що складається з  $\beta$ -1,3-зв'язаних залишків галактози. У позиції 1,6 ланцюг розгалужується, причому бічні ланцюги складаються з галактози і арабінози. Рамноза, глюкуронова кислота і метилглюкуронова кислота присутні на кінцевих ділянках арабіногалактанової (AG) фракції [2].

Найважливішою властивістю пектинів є лінійна структура їх молекул, що складається із залишків  $\alpha$ -D-полігалактуронової кислоти, зв'язаних по 1,4 — зв'язках [3].

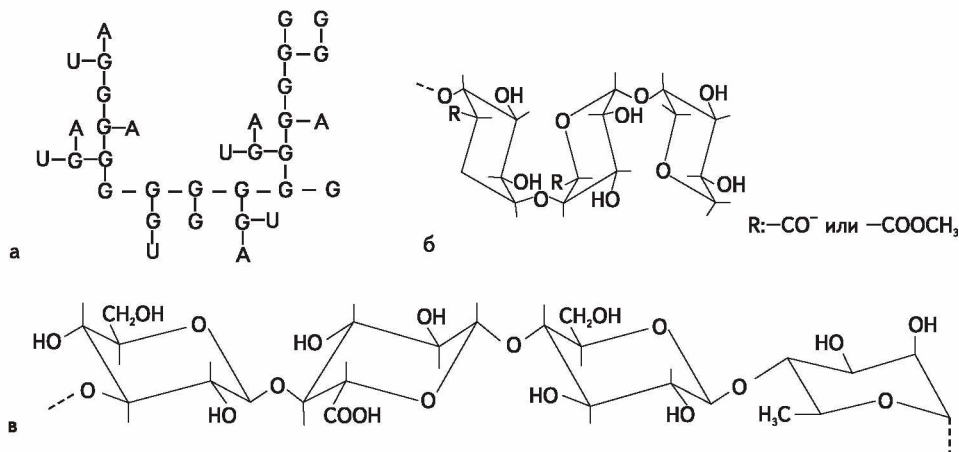


Рис. 1. Первинна структура полімерних ланцюгів полісахаридів:  
а — гуміарабік, б — пектин, в — геланова камедь

Геланова камедь є аніонним полісахаридом, який продукується бактеріями *Sphingomonas elodea* при аеробній ферментації. Молекула гелана лінійна і складається з мономерів  $\beta$ -D-глюкопіраноз,  $\beta$ -D-глюкуронопіранозіла і  $\alpha$ -L-рамнопіранозіла в молярному відношенні 2:1:1 [4].

Желатин — білковий продукт тваринного походження, що представляє собою суміш лінійних поліпептидів з різною молекулярною масою (50 000—70 000) та їх агрегатів з молекулярною масою до 300000.

У таблиці 1 наведено дані досліджень впливу тривалості гідратації при температурі 20 °C на зміну динамічної в'язкості 1 %-х розчинів пектину, гуміарабіку, геланової камеді та желатину. Встановлено, що найбільша в'язкість та її підвищення з часом відбувається у розчинах геланової камеді, що, ймовірно, пов'язано з більшою лабільністю структури його макромолекул.

Також було встановлено, що найменшу початкову динамічну в'язкість при 20 °C має гуміарабік, що можна пояснити його розгалуженою полісахаридною структурою, що призводить до утворення розчинів з низькою в'язкістю та желатин, який завдяки особливостям хімічної будови може розчинятися тільки при підвищенні температури.

Протягом 3 годин вистоявання в'язкість розчинів гуміарабіку збільшилась в 3,7–4,15 рази, розчинів пектину — в 1,2–1,4 рази, розчинів желатину — в 1,25–1,65 рази, розчину геланової камеді — в 2 рази. Збільшення динамічної в'язкості впродовж гідратації пояснюється процесом набухання гідроколоїдів за рахунок їх пористої структури.

Таблиця 1. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів під час їх гідратації

| Назва гідроколоїдів | Динамічна в'язкість, $\eta$ , мПа·с               |       |      |       |       |       |
|---------------------|---------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|-------|
|                     | Тривалість гідратації при температурі 20 °C, с-60 |       |      |       |       |       |
|                     | 0                                                 | 15    | 30   | 60    | 120   | 180   |
| Гуміарабік АВ       | 1,16                                              | 1,21  | 3,20 | 3,49  | 4,07  | 4,82  |
| Гуміарабік ВА       | 1,12                                              | 1,14  | 3,24 | 3,54  | 3,83  | 4,13  |
| Пектин яблучний     | 5,53                                              | 6,40  | 6,69 | 6,72  | 6,89  | 7,82  |
| Пектин цитрусовий   | 5,59                                              | 5,89  | 6,18 | 6,47  | 6,62  | 6,77  |
| Желатин 220 Bloom   | 4,09                                              | 4,19  | 4,24 | 4,38  | 4,53  | 4,68  |
| Желатин 240 Bloom   | 3,76                                              | 3,86  | 3,91 | 4,05  | 4,34  | 4,63  |
| Геланова камедь     | 10,11                                             | 10,22 | 11,3 | 12,11 | 13,32 | 20,31 |

Одним з важливіших технологічних процесів приготування збивних та помадних цукеркових мас є приготування цукрово-патокового сиропу, який передбачає його уварювання при високих температурах. Тому були проведені дослідження зміни динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів та їх сумішей залежно від температури у разі нагрівання та охолодження. Результати досліджень представлені на рисунку 2.

Аналіз отриманих даних показав, що у разі нагрівання розчину гуміарабіку до 30–40 °C в'язкість збільшувалась, при подальшому нагріванні до 90 °C — зменшувалась. Це ймовірно зумовлено процесом набухання гуміарабіку при 30–40 °C, а під час подальшого нагрівання в'язкість зменшувалась внаслідок його поступового розчинення полісахариду.

Під час охолодження в інтервалі температур 70–30 °C в'язкість розчину практично не змінювалась.

В'язкість розчину пектину при температурі 20–30 °C підвищувалась, що теж пояснюється набуханням пектину, під час подальшого нагрівання в'язкість зменшувалась. При охолодженні розчину в'язкість поступово зростає, починається процес драглеутворення, тобто між молекулами утворюються поперечні міжмолекулярні зв'язки.

Желатиновий драгль являє собою сітку з поліпептидних ланцюгів з зонами зчеплення. У нагрітому розчині желатину потрійні спіралі знаходяться в дезорганізованому стані, при охолодженні такого розчину спіральні області відновлюються. Драглеутворення є наслідком часткового формування потрійних спіралей. Загально визнано, що зони зчеплення (потрійні спіралі) стабілізуються ланцюговими водневими зв'язками [4].

У розчині желатину в'язкість при нагріванні незначно зростає, а при охолодженні до 40 °C в'язкість розчину максимальна. Відомо, що драглеутворення желатину відбувається при охолодженні внаслідок переходу клубків молекул до спіралей з подальшою їх агрегацією.

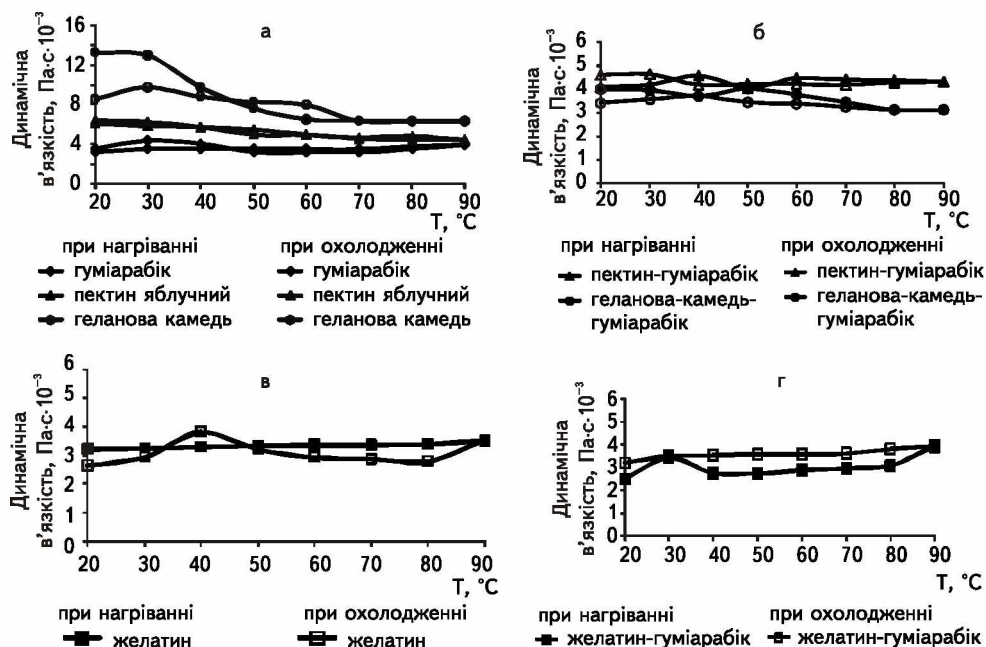


Рис. 2. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів та їх сумішей залежно від температури при нагріванні та охолодженні

Розчин геланової камеді має найбільшу в'язкість з усіх досліджуваних гідроколоїдів. При нагріванні розчину в'язкість зменшується майже у 2 рази, при охолодженні — зростає. Пік максимальної в'язкості при охолодженні спостерігається при 30 °C.

Молекули геланової камеді, як і желатину, мають форму спіралі, і при охолодженні утворюють гелі. При високих температурах молекули утворюють довільні конформації, які при охолодженні знову переходять у впорядковані спіралі та агрегуються з утворенням гелю.

При дослідженні комбінованих 1 % розчинів гідроколоїдів (при дозуванні компонентів 1:1) спостерігали наступні результати. В'язкість розчину пектин-гуміарабік при нагріванні збільшувалась, а при охолодженні зменшувалась, при чому вона була меншою, порівняно з розчином пектину.

У розчинах геланова камедь-гуміарабік динамічна в'язкість при нагріванні зменшувалась, при охолодженні підвищувалась, але вона була істотно меншою, при порівнянні з розчином геланової камеді. Також слід відмітити, що з додаванням гуміарабіка до геланової камеді підвищувалась розчинність останньої.

Що стосується розчину желатин-гуміарабік, його в'язкість збільшувалась при нагріванні, а при охолодженні зменшувалась, але порівняно з розчином желатину в'язкість при охолодженні дещо зростає (рис. 2 г).

Для аналізу зміни в'язкості розчинів залежно від активної кислотності проводили відповідні дослідження 1%-х розчинів гідроколоїдів, результати яких представлені в таблиці 2.

**Таблиця 2. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів в залежності від pH**

| Назва гідроколоїду           | pH розчину | pI   | Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с |      |      |      |        |        |       |       |
|------------------------------|------------|------|--------------------------------------------------|------|------|------|--------|--------|-------|-------|
|                              |            |      | при pH                                           |      |      |      |        |        |       |       |
|                              |            |      | 1                                                | 2    | 3    | 4    | 5      | 6      | 7     | 8     |
| Гуміарабік АВ                | 7,35       | —    | 2,91                                             | 3,49 | 3,23 | 2,94 | 3,20   | 3,20   | 3,20  | 3,20  |
| Пектин яблучний              | 3,80       | —    | 4,94                                             | 4,94 | 5,23 | 5,23 | 6,11   | 6,25   | 6,14  | 6,09  |
| Желатин 220 Bloom            | 6,32       | 4,09 | 3,51                                             | 4,38 | 4,09 | 3,51 | 3,22   | 3,51   | 3,22  | 3,80  |
| Желатин — гуміарабік         | 6,88       | 3,52 | 2,42                                             | 2,78 | 2,93 | 3,52 | 3,64   | 3,93   | 4,11  | 4,42  |
| Пектин — гуміарабік          | 4,12       | —    | 3,79                                             | 4,08 | 4,23 | 4,38 | 5,54   | 4,67   | 4,38  | 4,67  |
| Геланова камедь              | 8,30       | —    | драгль                                           |      |      |      | 446,75 | 133,17 | 47,54 | 29,82 |
| Геланова камедь — гуміарабік | 7,63       | —    | 5,99                                             | 4,28 | 3,99 | 4,85 | 4,28   | 3,42   | 4,56  | 4,56  |

Аніонні полімерні молекули гідроколоїдів мають більшу в'язкість, порівняно з неіонними полімерами однакової молекулярної маси. Це є наслідком того, що їх молекулярні клубки розширюються завдяки внутрішньомолекулярним електростатичним відштовхуванням. Додавання електроліту або зміна pH з метою зменшення ступеня дисоціації заряджених груп призводить до ущільнення клубків і значного падіння в'язкості.

Однак, необхідно відзначити, що геланова камедь проявляє нетипову поведінку, що проявляється в підвищенні в'язкості розчину при зниженні активної кислотності.

Що стосується желатину, він проявляє амфотерні властивості, оскільки в амінокислотах присутні групи різної природи. У кислому середовищі желатин несе позитивний заряд, а в лужному — негативний [4].

Ізоелектрична точка (pI) відповідає значенню pH, при якому молекула желатину нейтральна і тому в електричному полі не переміщається. При цьому значенні pH кількість позитивних зарядів на групах  $\text{NH}^{3+}$  дорівнює числу негативних зарядів на групах  $\text{COO}^-$ .

В ізоелектричній точці показники, що характеризують технологічні властивості желатину мають або мінімальні (здатність до набухання, в'язкість, здатність до драглеутворення), або максимальні (мутність, міцність гелю, здатність до піноутворення, синерезис) значення, що необхідно враховувати при дослідженні взаємодії желатину з аніонними полімерами, такими як гуміарабік.

Електростатичні взаємодії між гідроколоїдами можуть призвести до комплексної коацервації, яка включає взаємодію двох полімерів — аніонного і катіонного. Молекули

гуміарабіка мають у своєму складі фрагменти уронових кислот, заряджені негативно (дзета—потенціал дорівнює приблизно 20 мВ). Знак заряду желатину залежить від ізоелектричної точки, при значеннях рН нижче 4,09 желатин заряджений позитивно, тобто при даному рН між желатином і гуміарабіком утворюється коацерват, тоді як вище цього значення рН розчин залишається прозорим.

Утворення коацервату простежується за зміною в'язкості розчину, де видно, що в'язкість утвореного коацервата менше відповідної в'язкості, де не утворюється коацерват. Зниження в'язкості при утворенні коацервата пояснюється втратою гідрофільними колоїдами притаманної їм гідратації.

Одним з основних методів варіювання структури цукристих кондитерських виробів є використання комбінації різних цукрів: сахарози, глюкози, фруктози і різних кукурудзяних сиропів. Як вже зазначалося, технологічний процес приготування збивних і помадних цукеркових мас передбачає виготовлення цукрово-патокового сиропу, тому проводилися дослідження впливу цукрового, глюкозного і глюкозо-фруктозного сиропів на в'язкість гідроколоїдів. При проведенні модельних дослідів додавали 10 % сиропу до 1 % розчину гідроколоїдів, тому що додавання більшої кількості сиропу сильно підвищує в'язкість розчинів, що ускладнює проведення досліджень. Результати досліджень наведені у таблиці 3.

**Таблиця 3. Зміна динамічної в'язкості 1 %-х розчинів гідроколоїдів в залежності від додавання сиропів**

| Назва гідроколоїду           | Розчин гідроколоїдів без цукру |                                                  | З додаванням 10 % цукрового сиропу |                                                  | З додаванням 10 % сиропу ІГ-42 |                                                  | З додаванням 10 % сиропу ГФС-10 |                                                  |
|------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|
|                              | рН                             | Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с | рН                                 | Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с | рН                             | Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с | рН                              | Динамічна в'язкість, $\eta \cdot 10^{-3}$ , Па·с |
| Гуміарабік АВ                | 7,35                           | 3,49                                             | 7,15                               | 3,84                                             | 7,30                           | 3,49                                             | 7,20                            | 3,67                                             |
| Желатин 220 Bloom            | 6,32                           | 4,09                                             | 6,86                               | 4,68                                             | 6,51                           | 4,24                                             | 6,62                            | 3,92                                             |
| Желатин — гуміарабік         | 6,88                           | 2,52                                             | 6,86                               | 3,22                                             | 6,96                           | 4,13                                             | 6,84                            | 4,07                                             |
| Геланова камідь              | 8,3                            | 10,22                                            | 7,72                               | 12,33                                            | 7,66                           | 11,68                                            | 7,55                            | 11,36                                            |
| Геланова камідь — гуміарабік | 7,63                           | 3,51                                             | 7,27                               | 3,99                                             | 7,29                           | 3,65                                             | 7,21                            | 3,51                                             |

Дослідженнями встановлено, що найбільше збільшує в'язкість в розчинів гуміарабіку, желатину, геланової камеді та комбінації геланова камідь — гуміарабік сироп цукрози, а розчину желатину — гуміарабік-сироп ІГ-42, що буде враховано в подальших дослідженнях.

**Висновки.** Отже, за результатами досліджень зроблено висновок, що при створенні збивної структури цукеркових мас, що формуються методом екструзії, найбільш раціональними є поєднаннями гідроколоїдів желатин — гуміарабік. На нашу думку, при комбінації гідроколоїдів желатин — гуміарабік збільшується в'язкість та створюється можливість утворення агрегативної стійкості системи збивних цукеркових мас, що дає можливість формувати цукерки методом екструзії.

При виробництві неглазурованих помадних цукерок, які формуються відливанням перспективним є комбінація гідроколоїдів геланова камедь — гуміарабік. Такий висновок зроблений завдяки тому, що при поєднанні цих гідроколоїдів несуттєво збільшується в'язкість у процесі гідратації та під впливом температури, що є важливим на стадії отримання помади та формування виробів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Филлипс Г.О. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, П.А. Вильямс; пер. с англ. А.А. Кочетковой, Л.А. Сарафановой. — СПб.: ГИОРД, 2006. — 536 с.

2. Аймесон А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон; пер. с англ. С.В. Макарова. — СПб.: Профессия, 2012. — 408 с.
3. *Silvia, Coelho* Nanostructure of polysaccharide complexes / Silvia Coelho, Susana Moreno-Flores, Jose L. Toca-Herrera, Manuel A.N. Coelho, M. Carmo Pereira, Sandra Rocha / *Journal of Colloid and Interface Science*, 2011, 363, p. 450–455.
4. Нечаев А.П. Пищевые добавки / А.П. Нечаев, А.А. Кочеткова, А.Н. Зайцева. — М.: Колос, 2001. — 256 с.
5. Феннема О.Р. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К.Л. Паркин, О.Р. Феннема; пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.
6. Мак Кенна Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б.М. Мак Кенна; — пер. с англ. Ю.Г. Базарновой. — СПб.: Профессия, 2008. — 480 с.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СВОЙСТВ ГИДРОКОЛОИДОВ С ЦЕЛЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ КОНФЕТНЫХ МАСС

Т.В. Калиновская, О.А. Вайсери, Е.А. Кохан, В.І. Оболкіна  
Национальный университет пищевых технологий

*Приведены результаты исследований динамической вязкости растворов гуммиарабика, пектинов, желатина, гелановой камеди и их синергических комбинаций в зависимости от технологических факторов (длительности гидратации, температуры, активной кислотности, добавления сиропов). Результаты данных исследований могут быть применены в кондитерской промышленности при разработке нового ассортимента конфетных масс.*

**Ключевые слова:** вязкость, гидроколлоид, синергизм, раствор, конфетные массы.