

**Дослідження процесу набухання полісахаридів для використання в технології
вершкових кремів**
**Исследование процесса набухания полисахаридов для использования в технологии
сливочных кремов**
Studying the process of polysaccharides swelling for using in whipped creams technology

Звягинцева-Семенець Ю.П.,

Аспірант*

E-mail: jliaua@bigmir.net

Камбулова Ю.В.,

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: kambulova.julya@yandex.ua

Соколовська І.О.,

Кандидат технічних наук, асистент*

E-mail: ia_sokolovskaya@mail.ru

Кобилінська О.В.,

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: olenakobylynska@gmail.com

Колесник М.

Студент*

E-mail: m_kolesnyk@mail.ru

*Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів,
Національний університет харчових технологій,
вул. Володимирська, 68, Київ, Україна, 01601

Звягинцева-Семенець Ю.П.,

Аспірант*

E-mail: jliaua@bigmir.net

Камбулова Ю.В.,

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: kambulova.julya@yandex.ua

Соколовская И.О.,

Кандидат технических наук, ассистент*

E-mail: ia_sokolovskaya@mail.ru

Кобылинская О.В.,

Кандидат технических наук, доцент*

E-mail: olenakobylynska@gmail.com

Колесник М.

Студент*

E-mail: m_kolesnyk@mail.ru

*Кафедра технологии хлебопекарных и кондитерских изделий,
Национальный университет пищевых технологий,
ул. Владимирская, 68, Киев, Украина, 01601

Zviagintseva-Semenets Iu.P.,

PhD student*

E-mail: jliaua@bigmir.net

Kambulova Ju.V.,

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor*

E-mail: kambulova.julya@yandex.ua

Sokolovska I.O.,

Candidate of Engineering Science, Assistant*

E-mail: ia_sokolovskaya@mail.ru

Kobylynska O.V.,

Candidate of Engineering Science, Assistant Professor*

E-mail: olenakobylynska@gmail.com

Kolesnyk M.

Student*

E-mail: m_kolesnyk@mail.ru

*Department of Bakery and Confectionery Goods Technology,
National University of Food Technologies,
Volodymyrska str., 68, Kyiv, Ukraine, 01601

Анотація

В статті наведені результати досліджень процесів набухання і розчинення альгінату натрію, йота-карагінану і агару у вершках з метою обґрунтування способу їх введення в емульсійно-пінну систему вершкового крему. Встановлено, що під час охолодження збитої маси полісахариди утворюють гелевий каркас, що запобігає її розшаруванню і надає системі стабільності в період часу існування.

Вивчення функціонально-технологічних властивостей дослідних гідроколоїдів дозволяє розширити спектр їх застосування, покращити технологічні показники якості вершкових кремів із зменшеною часткою жиру – збільшити температурний інтервал оздоблення, пластичність структури. Із урахуванням органолептичних і фізико-хімічних показників якості готової продукції визначені оптимальні умови введення альгінату натрію і карагінану, раціональні концентрації їх використання.

Ключові слова: альгінат натрію, йота-карагінан, агар, вершкові креми, набухання полісахаридів, емульсійно-пінні системи.

Аннотация

В статье приведены результаты исследований процессов набухания и растворения альгината натрия, йота-карагинана и агара в сливках с целью обоснования способа их введения в эмульсионно-пенную систему сливочного крема. Установлено, что во время охлаждения сбитой массы полисахариды образуют гелевый каркас, что предотвращает ее расслоение и придает системе стабильности в период времени существования.

Изучение функционально-технологических свойств исследуемых гидроколлоидов позволяет расширить спектр их применения, улучшить технологические показатели качества сливочных кремов с уменьшенной частью жира – увеличить температурный интервал отдели, пластичность структуры. С учетом показателей качества готовой продукции определены оптимальные условия введения альгината натрия и карагинана, рациональные концентрации их использования.

Ключевые слова: альгинат натрия, йота-карагинан, агар, сливочный крем, набухания полисахаридов, эмульсионно-пенные системы.

Annotation

In competitive conditions in the market of food goods the manufacturers are forced to increase the efficiency of production. These almost replace the traditional products from the market. The researches of this article preset the results of researches of sodium alginate, j-karragenan and agar swelling and solving processes in cream. These allow justifying the way of their introduction to the emulsion-foam system of whipped cream, which may improve the stability indicators of the system. It was defined that during the refrigeration of whipped mass the polysaccharides form the gel carcass, which prevents its bundle and stable it during storage terms.

The study of functional and technological properties of hydrocolloids allows expanding the range of their applications to improve process quality indicators whipped cream with a reduced portion of fat - to increase the temperature range of pastry products decorating, flexibility of structure. Taking into account the quality properties of finished goods, were defined the optimal conditions of sodium alginate and j-karragenan introduction, their optimal concentration.

Key words: sodium alginate, j-karragnan and agar, whipped cream, polysaccharides swelling, emulsion-foam system.

Вступ. В умовах жорсткої конкуренції на ринку виробники кондитерських виробів прагнуть максимально збільшити ефективність виробництва, розширюючи асортимент і знижуючи виробничі витрати. Для досягнення поставлених цілей в рецептурах такого оздоблювального напівфабрикату для тортів і тістечок, як вершковий крем, часто почали використовувати рослинні вершки або спеціалізовані рослинні суміші промислового призначення. До складу сумішей входять рослинні вершки, емульгатори, стабілізатори систем, нерідко склад суміші залишається невідомим. Така продукція практично витіснила традиційні, натуральні продукти. Тому актуальним завданням повинно бути удосконалення існуючих технологій виробництва вершкових кремів, розширення їх асортименту за рахунок використання натуральної сировини оздоровчого і функціонального спрямування. А варіювання цінової політики готового продукту можливе за рахунок використання вершків молочних із зниженою масовою часткою жиру.

Згідно традиційних рецептур [1] до вершків ставляться суворі вимоги за кількістю жирової фази, яка повинна складати не менше 35%. Під час охолодження молочний жир кристалізується й утворює навколо пухирців повітря твердий каркас, що запобігає розшаруванню дисперсної системи. Проте, внаслідок багатьох факторів, визначальним із яких буде температура, стійкість системи може зменшуватись, піна руйнується, відбувається коалесценція. Затримати процес руйнування системи і зменшити визначальну роль жиру можна внесенням гідроколоїдів, які у водному середовищі утворюють колоїдний розчин з високою поверхневою в'язкістю та міцністю адсорбованих шарів [2-4]. Під час охолодження розчин структуроутворювача утворює гелеподібну сітку, що сприяє стабілізації крему. Серед технологічних схем кондитерських оздоблювальних напівфабрикатів відомий спосіб виробництва вершкового крему з використанням вершків жирністю 20 % і желатину [1], але він має декілька недоліків. По-перше, в одержуваному вершковому кремі присутній специфічний присмак желатину, усунення якого викликає необхідність обов'язкового внесення ароматичних речовин, фруктово-ягідної сировини. По-друге, крем з желатином повинний бути негайно використаний для оздоблення, оскільки гідроколоїд швидко утворює фіксовану гелеподібну структуру. Відповідно, виникає

потреба у розширенні спектру гідроколоїдів і вивченні питань, пов'язаних з їх використанням у технологіях таких оздоблювальних напівфабрикатів як вершкові креми [4].

Серед різноманіття харчових загусників, стабілізаторів і гелеутворювачів, представлених на ринку [5,6], особливе місце займають водоростеві полісахариди – агар, альгірати, карагинани, які окрім означених функціонально-технологічних властивостей, мають оздоровчий вплив на організм людини. Вивчення їх поведінки в емульсійній системі з метою розширення технологічних властивостей крему (температурного інтервалу оздоблення, пластичності структури, стабільності в процесі оздоблення, транспортування й зберігання готової продукції) і асортименту випускаємих напівфабрикатів представляє інтерес як з наукового, так і з практичного підходу.

Постановка проблеми. Для досліджень запропоновані полісахариди, які набули практичний досвід застосування у виробництві молочної продукції: альгірат натрію (АН), агар, λ -карагинан. Так, альгірат використовують як стабілізатор молочних продуктів, морозива, для яких вагомим критерієм якості є стійкість структури в умовах заморожування – розморожування. λ -карагинан здатний до взаємодії з молочними білками, утворюючи свого роду стабілізаційну сітку в збивних молочних системах, в тому числі морозиві, десертах із збитими вершками, молочних коктейлях. Агар, навпаки, не взаємодіє з іншими складовими, і в невеликих кількостях здатний стабілізувати масляні креми, ароматизоване молоко, морозиво [7].

Зрозуміло, що застосування гідроколоїдів пов'язано із процесами їх розчинення. Поведінка гідроколоїдів під час взаємодії із полярним розчинником повинна обґрунтувати спосіб його підготовки перед введенням в систему. Існуючі способи застосування передбачають попередню гідратацію полісахаридів у воді, іноді – із застосуванням попереднього змішування гідроколоїду з іншими харчовими інгредієнтами, наприклад цукром, для запобігання агломерації і грудкування [8]. Іноді в системі, в тому числі й молочні системи, вводять секвестрант - для запобігання передчасного гелеутворення. Для виробництва вершкових кремів внесення додаткової кількості води призведе до підвищення вологості, і, як наслідок, мікробіологічного псування, може викликати нестабільність утвореної системи і розшарування крему. Тобто, попереднє розчинення полісахаридів у воді в даній технології небажане. Тому, основною метою проведення досліджень є вивчення питань розчинення і набухання обраних полісахаридів у вершках, їх поведінка в такій дисперсійній системі, як пряма емульсія. Для пояснення отриманих закономірностей і порівняння процесів, що вивчаються, досліджена кінетика набухання альгірату натрію, λ -карагинану і агару в воді [8].

3. Літературний огляд.

Першою стадією розчинення високомолекулярних сполук, якими є обрані полісахариди, є набухання. Процес носить складний характер, є специфічним для кожного окремого полімеру і визначається насамперед його складом і будовою, полярністю розчинника. Так, набухання лінійних гідроколоїдів, які енергетично взаємодіють з молекулами полярного розчинника, пов'язано із дифузією молекул ВМС у розчинник і, сольватацією макромолекул. Ця стадія характеризується виділенням тепла і впорядкованим розташуванням молекул розчинника близько макромолекул. В результаті впорядкованого розташування молекул розчинника спостерігається руйнування зв'язків між окремими макромолекулами, внаслідок чого ланцюги стають вільними і здатними здійснювати тепловий рух у цілому. Завдяки цьому відбувається дифузія молекул розчинника у високополімер, збільшуючи об'єм останнього і масу. В подальшому послаблюються зв'язки між макромолекулами, вони також починають дифундувати в середовище з утворенням однорідного розчину. Чим більше молекулярна маса гідроколоїду, тим повільніше йде процес набухання та розчинення [12, 13].

Друга стадія набухання обумовлена ентропійними причинами. Набухання не завжди завершується розчиненням. У багатьох випадках після досягнення відомої ступеня набухання процес припиняється. Причина такого явища полягає в тому, що ВМС і розчинник здатні змішуватися обмежено. В результаті після встановлення рівноваги система буде складатися з двох фаз: насиченого розчину високополімеру в розчиннику (власне розчин) і насиченого розчину розчинника (гель).

Альгінова кислота – це блочний сополімер β -D-мануронової кислоти (М) і α -L-гулууронової кислоти (G), з'єднаних в лінійний полісахарид (1,4)- глікозидними зв'язками. Для отримання розчину альгірату необхідно диспергувати його частинки в середовищі і розчинити. Це можна здійснити перемішуванням суспензії з високим зусиллям здвигу або попередньо перемішав альгірат із частинами цукру або гідрофобним розчинником, наприклад рослинною олією. Швидкість розчинення альгірату залежить від розміру його частинок – чим вони дрібніші, тим швидше здійсниться розчинення.

Альгірат використовують як стабілізатор молочних продуктів, але перед введенням у молочну систему його обов'язково гідратують і вводять при високих температурах, що пов'язано із взаємодією альгірату з іонами кальцію і передчасним гелеутворенням. Навіть незначна кількість солей кальцію призводить до часткового і нерегулярного зшивання макромолекул альгірату і утворення на поверхні негідратованих частинок полісахариду гелевого шару. При підвищених температурах збільшується тепловий рух молекул і перешкоджає з'єднанню альгірату з іонами кальцію. За температур молока, вищих 70 °С, кальцій більш міцно утримується міцелами молока, і альгірат гідратується, не взаємодіючи з іонами Ca^{2+} [9].

Каррагинан – високомолекулярний лінійний полісахарид, який складається із галактозо-3,6-ангідрогалактозних фрагментів (сульфітованих і нессульфатованих), які з'єднані α -(1,3) і β -(1,4) глікозидними зв'язками. Молекулярна маса – 2000-8000 кДа. Йота-карагинан відноситься до основних типів каррагинанів, які отримують у чистому вигляді селективною екстракцією. Вміст сульфату і 3,6-ангідрогалактози складає приблизно 32 і 26 %. Він розчинний у гарячій воді, в холодній воді розчинні лише його натрієві солі. Йота-карагинан також розчинний у гарячому молоці, причому розчин має низьку в'язкість. Для диспергування каррагинан перед гідратацією змішують з сахарозою або декстрозою, або суспендують в олії для створення

гідрофобного бар'єра навколо кожної частинки або диспергування в розчині солі, цукровому сиропі або спирті. Запобігти грудкуванню можливо також перемішуванням з високою швидкістю зсуву. До температур 40...60 °С гідратація йота-карагінану відбувається досить повільно, проте в'язкість розчину підвищується. Подальше збільшення температури, – до 75...80 °С, супроводжується зменшенням в'язкості, але охолодження такого розчину призведе до гелеутворення. У молочних напоях, в яких карагінан міститься в невеликих концентраціях, гелева сітка не утворюється до температур нижчих за 20 °С. Проте, в присутності великого вмісту сухих речовин (в кондитерських виробках), карагінан концентрується у водному середовищі і наявність в них катіонів може призводити до гелеутворення, навіть при температурах 80...85 °С [10].

Полісахаридний ланцюг агару складається з двох основних фракцій. Основною фракцією є нейтральний полісахарид агароза, що здатна утворювати міцні гелі. Другою фракцією є полімер агаропектин, який має заряд, але утворює досить слабкі гелі. Агароза – це лінійний полімер агаробіози – дисахариду, до складу якого входить β-D-галактопіраноза і 3,6-ангідро-α-L-галактопіраноза, з'єднані 1,4-зв'язком. У агарі міститься 1,5...2,5 % сульфату.

Агар є нейтральним полімером, він має низьку реакційну здатність по відношенню до інших речовин. На відміну від карагінану, агар не виявляє синергізму з білками, оскільки в його полімерному ланцюгу достатньо мало сульфатних груп, які виявляють значну реакційну здатність до білків. Як і у агарози, структурною одиницею агаропектину є агаробіоза, але бокові групи включають до 8 % залишків сульфатних фрагментів, метильні фрагменти, глюкуронову і піровиноградну кислоту. Присутність цих бокових груп робить молекулу агаропектину нерегулярною, і він практично не приймає участь у процесі гелеутворення.

Агар нерозчинний в холодній воді, але гідратується у гарячій, формуючи випадкові різні структури. Гелеутворення визначається виключно водневими зв'язками, внаслідок яких утворюються одинарні або подвійні спіралі [11].

Основна частина. Кількісну і якісну характеристику набухання полісахаридів у вершках і воді оцінювали за ступенем набухання вимірюванням маси набухлих у вершках з жирністю 20 % і водних розчинах пластинок полісахаридів. Ступінь набухання, α , %, обчислювали за різницею маси між плівками полісахаридів, витриманими у дисперсійному середовищі, за формулою:

$$\alpha = \frac{m_x - m_0}{m_0} \cdot 100\% \quad (1)$$

де: m_0 - маса пластинки до набухання, мг; m_x – маса пластинки після занурювання у середовище, мг.

За результатами обчислювань будували криві кінетики набухання досліджуваних зразків полісахаридів $\alpha=f(\tau)$ і визначали граничну ступінь набухання α_{∞} .

Для досліджень процесу набухання висушені плівки гідроколоїдів сталої маси занурювали у вершки жирністю 20 % і воду за температур 25...100 °С і через кожні 30 секунд вимірювали масу полімеру. Процес відбувався до повного розчинення плівки. За результатами зважувань розраховували ступінь набухання гідроколоїдів в певний час витримування. Кінетика набухання альгінату натрію, j-карагінану і агару у воді і вершках представлені на рис. 1-6.

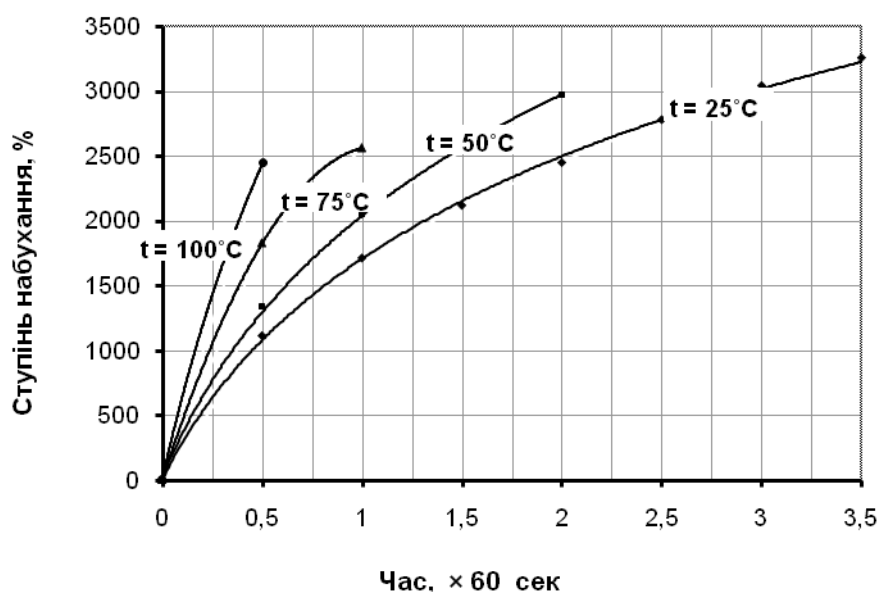


Рис. 1. Ступінь набухання альгінату натрію у воді

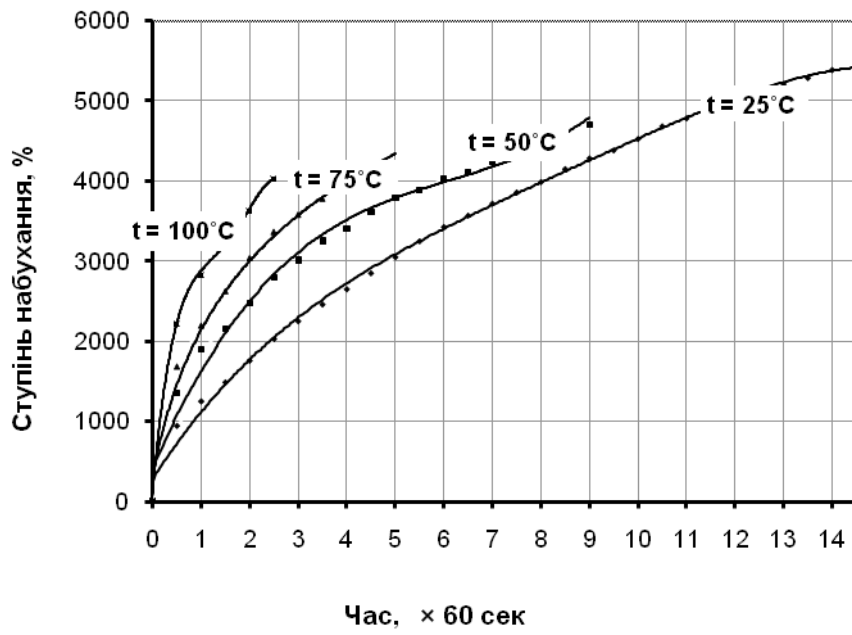


Рис. 2. Ступінь набухання альгінату натрію у вершках

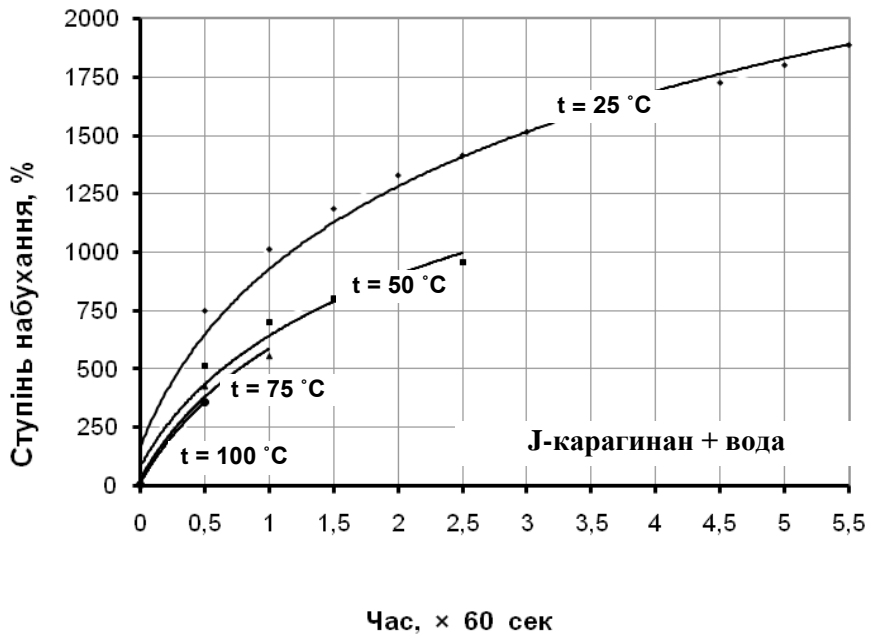


Рис. 3. Ступінь набухання j-карагинану у воді

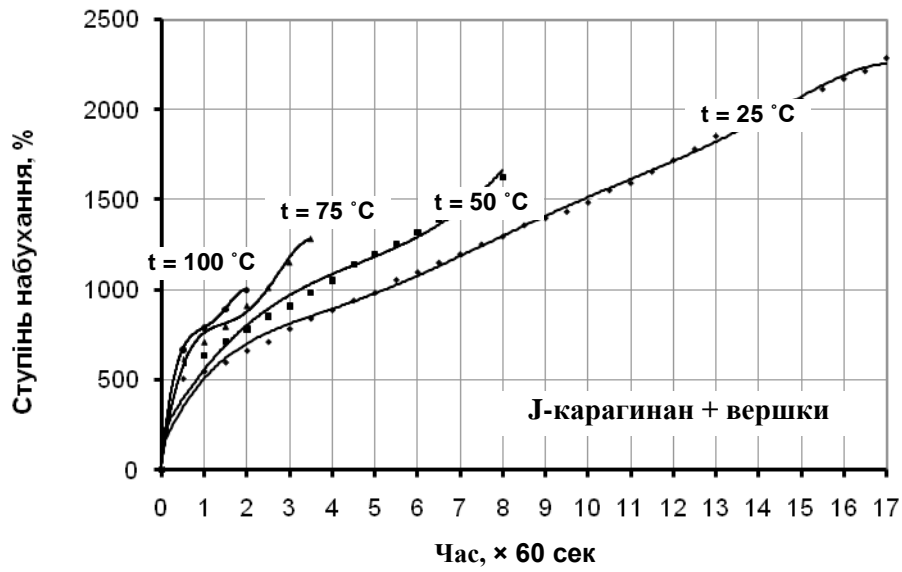


Рис. 4. Ступінь набухання κ -карагінану у вершках жирністю 20%

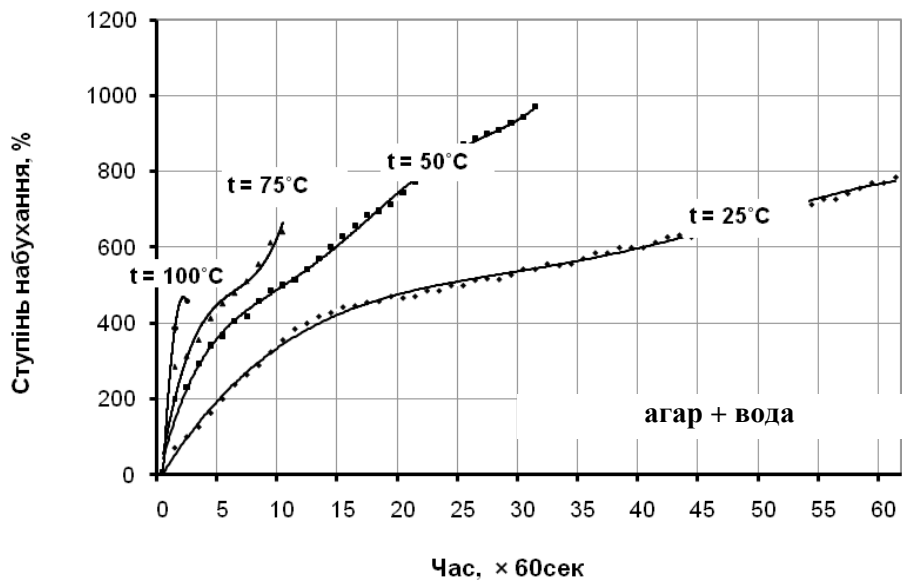


Рис. 5. Ступінь набухання агару у воді

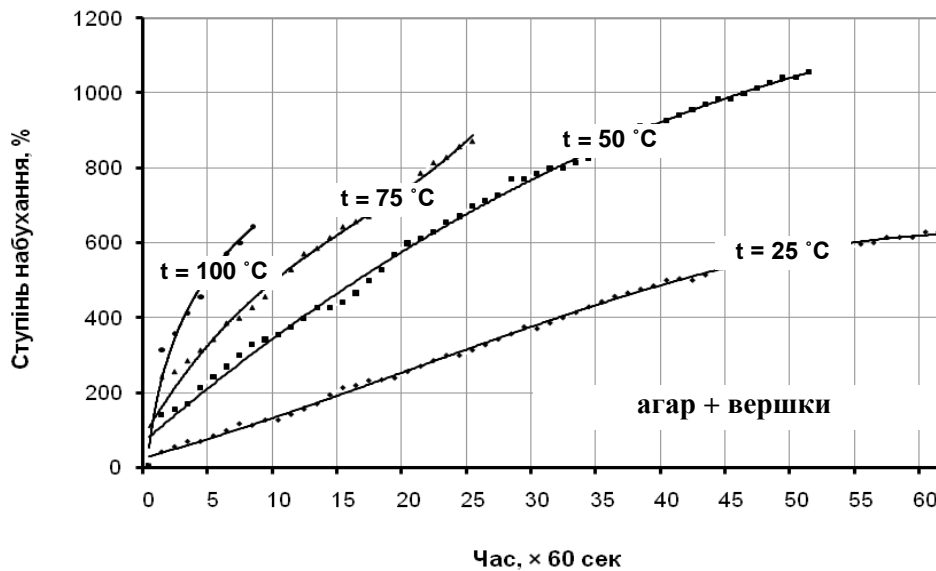


Рис. 6. Ступінь набухання агару у вершках жирністю 20%

Аналіз дозволяє зробити декілька загальних висновків.

По-перше, збільшення часу набухання пропорційно збільшує ступінь набухання полісахаридів. Так АН при температурі 25 °C через 2 хв має ступінь набухання у вершках – 1957, через 8 хв – 3928 %, через 12 хв – 4871 %, через 14 хв – 5371 %. Каррагинан при температурі 25 °C через 2 хв має ступінь набухання у вершках – 671 %, через 8 хв – 1286 %, через 12 хв – 1671 %, через 14 хв – 1986 %. Агар при температурі 25 °C через 2 хв має ступінь набухання у вершках – 71, через 8 хв – 128 %, через 12 хв – 171 %, через 14 хв – 214 %. Аналогічні тенденції спостерігаються при набуханні полісахаридів у воді. Тобто, чим більше полісахарид контактує з розчинником, тим більше змінюється його структура, більше молекул розчинника проникають у будову ВМС, приєднуються, порушуючи компактне укладання його молекул, він стає більш доступним, збільшується його маса і об'єм. Тобто, час набухання відіграє значущу роль і призводить в кінцевому до повного розчинення полісахариду.

Поряд з цим, час, що необхідний для повного розчинення різновидів обраних полімерів також різний. Встановлено, що за температур 25; 50; 75; 100 °C альгілату натрію до повного розчинення у вершках потрібно 15,5 хв; 9,5; 5,5; 3 хв; каррагинану – 17,5; 8; 3,5; 2 хв; агару – >60; 52; 25; 8 хв. Тобто, найменша швидкість до набухання характерна для молекули агару. Такі різні значення часу набухання пов'язані, насамперед, з різною будовою і способом укладання полісахаридних ланцюгів. Молекула агару має компактне щільне укладання агаробіози з високою молекулярною масою. Вода, яка приєднується до гідроколоїду за температур 25...50 °C, формує гідратну оболонку і досить обмежено проникає у внутрішню структуру полісахариду. Для повного набухання полісахариду в указаному інтервалі температур і переходу його у стан необмеженого набухання потребується більш тривалий час їх контакту. Йота-каррагинан і альгінат натрію мають приблизно однакову швидкість набухання, оскільки мають приблизно однакову молекулярну масу, неразголуджену структуру і лінійне укладання молекул.

По-друге, суттєвим фактором для розчинення полісахаридів є підвищення температури дисперсійного середовища. Як свідчать представлені дані, нагрівання як вершків, так і води прискорює процес розчинення полісахаридів і показник граничного ступеню набухання зменшується. Це пов'язано зі збільшенням дифузії молекул розчинника у високополімер, що призводить до послаблення зв'язків між окремими макромолекулами, внаслідок чого вони стають доступнішими до взаємодії з розчинником і з часом також починають дифундувати в середовище. Порівняльний аналіз граничного ступеню набухання гідроколоїдів у воді і вершках залежно від температури представлений на рис. 7-8. Наприклад, граничний ступінь набухання АН у вершках за t 25; 50; 75; 100 °C: 5443; 4700; 4228; 4028 %; каррагинану – 2286; 1628; 1286; 1000%; агару 628; 1057; 871; 643 %.

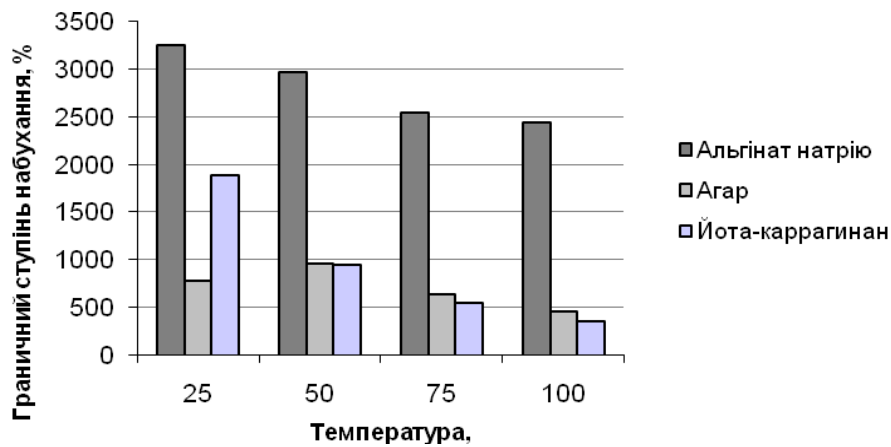


Рис. 7. Граничний ступінь набухання полісахаридів у воді

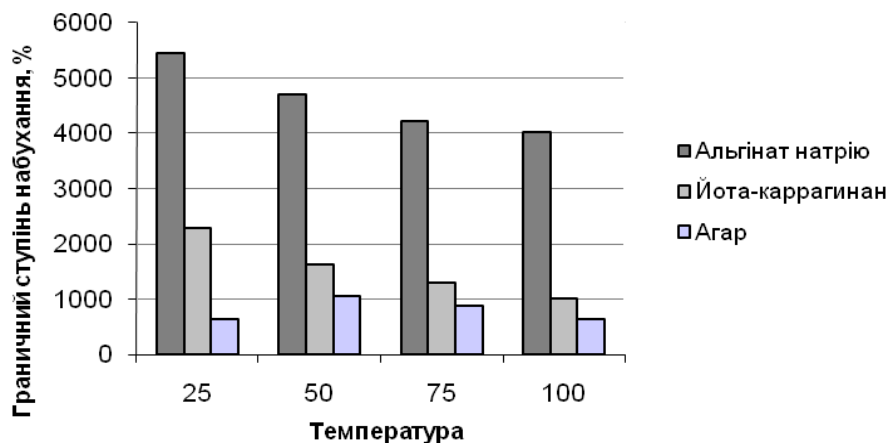


Рис. 8. Граничний ступінь абуханн полісахаридів у вершках жирністю 20%

В третій, емульсійні системи на відміну від води, сповільнюють розчинення полісахаридів. Наявність водорозчинних білків, мікро- і мікроелементів, вітамінів, вміст жирової фракції зменшує кількість доступної для гідратації води і тим самим обмежує набухання. Відповідно, такі показники, як час набухання, ступінь набухання і граничний ступінь набухання будуть вищими. Наприклад, час набухання у вершках для альгінату натрію збільшується у 5 разів, для каррагинану – у 3...4 рази, для агару (залежно від температури) – 1,6...8 разів. Але закономірності набухання полісахаридів у вершках ідентичні закономірностям їх набухання у воді.

Отримані результати набухання полісахаридів у вершках слугують обґрунтуванням режимів підготовки альгінату натрію, каррагинану і агару для введення при приготуванні кремів. А саме, доцільним є попереднє набухання гідроколідів у вершках до повного розчинення і введення в систему у вигляді колоїдного розчину при збиванні. Внесення полісахаридів у розчиненому стані полегшить рівномірне їх розподілення за всім об'ємом дисперсійного середовища і дозволить отримати однорідну консистенцію крему. Найбільш швидко відбувається розчинення полісахаридів за температури 100 °C, у зв'язку з чим саме такий температурний режим було використано для їх гідратації. Отримані розчини рекомендовано охолоджувати, оскільки високі їх температури сприятимуть підвищенню температури збитої маси, і, як наслідок, молочний жир частково або повністю плавиться, а збита маса втрачає пишність, підвищується її густина. При цьому процес охолодження також потребує уважного вивчення, оскільки система при зниженні температури набуває ознак гелю, що є також небажаним.

Для рекомендації температур охолодження розчинів полісахаридів користувались такими факторами. Розчин повинний мати в'язку консистенцію, його гелеутворення не повинно відбуватись при якомога низьких температурах. Також був врахований фактор присутності сахарози. Оскільки сахароза підвищує в'язкість системи і може приймати участь у гелеутворенні, її рецептурна кількість безпосередньо впливатиме на структурно-механічні властивості дисперсної системи.

Оптимальні співвідношення структуроутворювача, цукрової пудри і вершків, за якими можливо досягти найменшої температури системи при охолодженні без гелеутворення, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Характеристика структури колоїдного розчину полісахаридів

Співвідношення структуроутворювач : цукрова пудра: вершки	Характеристика структури колоїдного розчину полісахаридів
АН : цукрова пудра: вершки 1:1:40	Альгінат натрію при такому співвідношенні компонентів повністю і швидко утворює однорідний розчин, без грудкування. При охолодженні суміші до $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ його в'язкість суттєво підвищується, проте залишається практично сталою при пониженні температури до $t=10\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
J-каррагінан : цукрова пудра :вершки 1:20:40	Отримали однорідний розчин, структуроутворювач розійшовся повністю, при нагріванні утворився рідкий, в'язкий гель, який при охолодженні до $t=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ не змінив своєї структури. Спостерігалось утворення дуже тонкої плівки на поверхні розчину, яка при перемішуванні розчину вона зникла.
Агар : цукрова пудра :вершки 1:20:30	Структуроутворювач розійшовся повністю. Оптимальна температура внесення в крем складає $t=35\text{ }^{\circ}\text{C}$, при подальшому охолодженні до $t=20\text{ }^{\circ}\text{C}$, відбувається гелеутворення.

Виходячи із представлених даних, для підготовки альгінату натрію необхідно змішати його рецептурну кількість із цукровою пудрою у співвідношенні 1:1, ввести в рекомендовану кількість вершків, нагріти до температури, близької $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ для повного розчинення і охолодити. Такий розчин зберігає високу в'язкість без гелеутворення при охолодженні до температури $10\pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, після чого може бути внесений при збиванні основної частини вершків.

Спосіб підготовки J-каррагінану передбачає перемішування структуроутворювача зі всією кількістю цукрової пудри (у співвідношенні 1:20), розведення вершками і нагрівання до повного розчинення в інтервалі температур $95\text{...}100\text{ }^{\circ}\text{C}$, охолодження до температури $5\text{ }^{\circ}\text{C}$. При такому охолодженні можливе утворення тонкої плівки на поверхні розчину, яка повністю зникає при введенні його у вершки під час інтенсивного збивання.

Для агару за оптимального його співвідношення із цукровою пудрою і вершками, нагрівання до $98\text{...}100\text{ }^{\circ}\text{C}$ і охолодження до температури $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ спостерігається утворення структурованої системи, що нагадує слабкий гель. При її введенні у вершки спостерігаємо часткову коалесценцію емульсії-піни внаслідок плавлення жиру і стікання рідини, густина системи різко підвищується. При більш суттєвому охолодженні підготовлена система агару перетворюється на гель з пружною структурою, що ускладнює його введення при збиванні вершків і унеможливує отримання однорідної пишної консистенції крему.

Із урахуванням даних по підготовці структуроутворювачів були удосконалені технологічні схеми виробництва вершкових кремів і досліджені їх показники якості. При цьому вивчили вплив різних концентрацій полісахаридів для оптимізації рецептурного складу кремів. Окрім органолептичних показників якості, важливими, на нашу думку, стали такі фізико-хімічні показники, як густина крему, піноутворювальна здатність суміші і її стабільність протягом 7 год вистоявання. Контрольним зразком слугував крем з желатином. Фізико-хімічні показники якості вершкових кремів з каррагінаном, альгінатом натрію і агаром представлені в таблиці 2.

Аналіз сукупності показників якості кремів дозволив рекомендувати до використання лише альгінат натрію і йота-каррагінан, які забезпечують отримання пишної збитої структури крему, що має при низьких температурах ($6\text{...}10\text{ }^{\circ}\text{C}$) потрібну для оздоблення пластичність, не піддається розшаруванню і зберігає стабільність відформованих візерунків. Оптимальними концентраціями визначено $0,8\text{...}1\text{ }\%$ структуроутворювача до маси вершків, за якими крем не має специфічних запахів і присмаків, а густина, ПУЗ наближені до контрольного зразка.

Таблиця 2. Фізико-хімічні показники якості вершкових кремів

Показник	Контроль	Концентрація структуроутворювача, %				
		0,5	0,8	1	1,3	1,5
Вершковий крем з λ-каррагінаном						
Густина крему, г/см ³	620	484	622	701	747	786
ПУЗ, %	166	195	159	131	122	113
Стабільність, %						
Через 30 хв	100	100	100	100	100	100
60 хв	100	100	100	100	100	100
120 хв	100	100	100	100	100	100
240 хв	100	100	100	100	100	100
420 хв	100	96	100	100	100	100
Вершковий крем з альгінатом натрію						
Густина крему, г/см ³	620	513	610	718	806	877
ПУЗ, %	166	197	170	148	130	113
Стабільність, %						
Через 30 хв	100	100	100	100	100	100
60 хв	100	100	100	100	100	100
120 хв	100	100	100	100	100	100
240 хв	100	100	100	100	100	100
420 хв	100	97	100	100	100	100
Вершковий крем з агаром						
Густина крему, г/см ³	620	502	540	583	583	854
ПУЗ, %	166	198	180	175	175	113
Стабільність, %						
Через 30 хв	100	98	100	100	100	100
60 хв	100	87	100	100	100	100
120 хв	100	83	98	100	100	100
240 хв	100	80	90	93	93	100
420 хв	100	75	83	90	90	100

Зразки крему з невеликими концентраціями агару, до 1 %, схожі на рідку піну, мають «пустий» смак, незначно відчутні кристалики нерозчиненого полісахариду. При зберіганні структура залишається рідкою, а після однієї години вистоювання розшаровується повністю. Стабільності кремів на агарі можна досягти лише за високих його концентрацій, 1,5 % і більше, проте структура втрачає будь-яку пишність, повністю перетворюється на гель. Враховуючи ускладнення підготовки агару і незадовільні показники якості вершкового крему його використання в такій емульсійно-піногелеподібній системі, як вершковий крем, не рекомендовано.

Висновки

Проведені дослідження щодо процесу набухання і розчинення полісахаридів у вершках з метою обґрунтування способу їх підготовки в технології вершкового крему дозволили зробити наступні висновки.

Альгінат натрію, йота-карраганан і агар мають високий ступінь набухання у вершках і здатні найшвидше розчинятись в них за температур, близьких 100 °С. Це було використано при отриманні їх однорідних розчинів для введення в емульсійну систему. Проте, охолодження таких розчинів, що передбачене технологією вершкових кремів і яке є необхідністю для запобігання коалесценції пінної системи, викликає їх гелеутворення. Досягти низьких температур систем і сповільнити небажане гелеутворення можна за рахунок оптимального співвідношення структуроутворювача з цукровою пудрою і вершками.

На основі результатів органолептичної оцінки та фізико-хімічних показників кремів установлені оптимальні концентрації альгінату натрію і карраганану для виробництва вершкових кремів. Використання агару не дозволяє отримати задовільні показники якості кремів, у зв'язку з чим він не рекомендований для обраної технологічної схеми.

Список літератури:

1. Мархель П.С. Производство пирожных и тортов / П.С. Мархель, Ю.Л. Гопенштейн, СВ. Смелое // М.: «Пищевая промышленность». – 1974. – 320 с.
2. Chern, C.S. Emulsion polymerization mechanisms and kinetics / C.S. Chern // Progress in Polymer Science. – 2006. – Vol. 31. – P. 443-486. doi:10.1016/j.progpolymsci.2006.02.001
3. Thickett, S.C. Emulsion polymerization^ State of the art in kinetics and mechanisms / S.C. Thickett, Gilbert R.G. // Polymer. – 2007. – Vol. 48. – P. 6965-6991. doi:10.1016/j.polymer.2007.09.031
4. Daldleish, D.G. Food emulsions – their structure and structure-forming properties / D.G. Daldleish // Food Hydrocolloids. – 2006. – Vol. 20. – P. 415-422. doi:10.1016/j.foodhyd.2005.10.009

5. Hydrocolloids Market by Type, Source and Geography – Global Trend & Forecast to 2019 // MarketsandMarkets. – 2013. – [WWW document] Режим доступу URL: <http://www.marketsandmarkets.com/speaktoanalyst.asp?id=1231>
6. Дорохович, А. М. Використання гідроколоїдів у кондитерському виробництві / А. М. Дорохович, В. І. Оболкіна, О. О. Кохан (Гавва), С. Г. Кияниця // Хлібопекарська і кондитерська промисловість України.— 2005. — № 2. — С. 9-11.
7. Li Juan-Mei, Nie Shao-Ping. The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods / Juan-Mei Li // Food Hydrocolloids: Functional Hydrocolloids: A Key to Human Health. – 2016. – P. 46-61.
8. Sriamornsak, P. Swelling and diffusion studies of calcium polysaccharide gels intended for film coating / P. Sriamornsak, R.A. Kennedy // International Journal of Pharmaceutics. – 2008. – Vol. 358. – P. 205-213. doi:10.1016/j.ijpharm.2008.03.009
9. Пивоваров С.П. Вивчення процесу гелеутворення в оболонках капсульованих продуктів з позиції квантово-хімічного моделювання / С. П. Пивоваров, Н.В. Кондратюк // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Нові рішення в сучасних технологіях. – Х: НТУ «ХПІ», – 2014. - № 17 (1060).– С.169-175.
10. Исследование физико-химических свойств экстрактов каррагинана из красной водоросли Chondrus Armatus / С.В. Талабаева, И.А. Кладникова, В.М. Соколова, А.В. Подкорытова // Известия ТИПРО. – 2001. – Том 129. – С. 227-231.
11. Гранатова В.П. Теория и практика получения и применения натуральных структурообразователей / В.П. Гранатова, А.А. Запорожский, Г.И. Касьянов // Известия высших учебных заведений. Пищевая технология. – 2007. - №2. – С. 5-8.
12. Ружинська Л.І. Дослідження процесу розчинення полісахаридів / Л.І. Ружинська, Н.М. Булах // ScienceRise. – 2015. - №2(9), том 4. – С. 40-45.
13. Камбулова, Ю.В. Дослідження реологічних властивостей розчинів пектинів, альгінату натрію та їх комплексів / Ю.В. Камбулова, І.О. Соколовська // Харчова наука і технологія. – Одеса: ОНАХТ. – №1(26), 2014. – С. 68-73.

References:

1. Marhel', P.S. Gopenstein, Iu.L. Smieloie, S.V. Proizvodstvo pirozhnyh i tortov (1974) "Pishchevaia promyshlenost", 320.
2. Chern, C.S. Emulsion polymerization mechanisms and kinetics (2006) Progress in Polymer Science, Vol. 31, 443-486. doi:10.1016/j.progpolymsci.2006.02.001
3. Thickett, S.C. Gilbert, R.G. Emulsion polymerization^ State of the art in kinetics and mechanisms (2007) Polymer, Vol. 48, 6965-6991. doi:10.1016/j.polymer.2007.09.031
4. Daldeish, D.G. Food emulsions – their structure and structure-forming properties (2006) Food Hydrocolloids, Vol. 20, 415-422. doi:10.1016/j.foodhyd.2005.10.009
5. Hydrocolloids Market by Type, Source and Geography – Global Trend & Forecast to 2019 (2013) [WWW document]: <http://www.marketsandmarkets.com/speaktoanalyst.asp?id=1231>
6. Dorohovych, A. Obolkina, V. Gavva, O. Kyianytsia, S. Vykorystannia hidrocolloidiv u kondyters'komu vyrobnytstvi (2005). Khlibopekars'ka I kondyters'ka promyslovist' Ukrainy, 2, 9-11.
7. Li Juan-Mei, Nie Shao-Ping. (2016). The functional and nutritional aspects of hydrocolloids in foods. Food Hydrocolloids: Functional Hydrocolloids: A Key to Human Health, 46-61.
8. Sriamornsak, P. Kennedy, R.A. Swelling and diffusion studies of calcium polysaccharide gels intended for film coating (2008) International Journal of Pharmaceutics, Vol. 358, 205-213. doi:10.1016/j.ijpharm.2008.03.009
9. Pyvovarov, Ye. Kondratiuk N. Vyvchennya procesu geleutvorenniya v obolonkah kapsulvanyh produktiv z pozycii kvantovo-himichnogo modelyuvannya (2014) Visnyk NTU "XPI", Seriya: Novi rishennya v suchasnyh tehnologiyah, Harkiv, № 17, 169-175.
10. Talabaieva S.V. Kladnikova, I.A. Sokolova, V.M. Podkorytova, A.V. Issledovanie fiziko-khimicheskikh svoystv ekstraktov karragenana iz krasnoi djljhjcnb Chondrus Armatus (2001) Izvestiia TINRO, Vol. 129, 227-231.
11. Granatova, V.P. Zaporozhskiy, A.A. Kasianov, G.I. Teoriia i praktika polucheniia i primeneniia naturalnykh strukturoobrazovateley (2007) Izvestiia vysshykh uchebnykh zavedeniy. Pishchevaia tekhnologiya, 2, 5-8.
12. Ruzhynska, L.I. Bulakh, N.M. Doslidzennia procesu rozchynnenniaa polisakharydiv (2015) ScienceRise, 2(9), 40-45.
13. Kambulova, Iu.V. Sokolovska, I.O. Dosligennia reolohichnyh vlastyvostey rozchyniv pektyniv, alhinatu natriu ta iih kompleksiv (2014). Kharchova nauka I tehnolohiia – Odessa: ONAKhT, 1(26), 68-73.