

УДК 001.8:664.2:664.144

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.27571

У статті наведено результати досліджень фракційного складу крохмалів залежно від крохмалоносія, саме залежність властивостей крохмалю від розміру і форми зерен, наслідком чого є визначення виду та типу модифікації крохмалю. Експериментально одержано наукові дані щодо змін процесу клейстеризації крохмалів фізичної модифікації під впливом технологічних чинників (тривалості теплової обробки, зміни рН середовища)

Ключові слова: крохмалі фізичної модифікації, крохмальні зерна, мікроструктура, фракційний склад, рН

В статье приведены результаты исследования фракционного состава крахмалов в зависимости от крохмалоноса, именно зависимость свойств крахмалов от размера и формы зерен, следствием чего есть определение вида и типа модификации крахмала. Экспериментально получены научные данные относительно изменений процесса клейстеризации крахмалов физической модификации под воздействием технологических факторов (длительности тепловой обработки, изменения рН среды)

Ключевые слова: крахмалы физической модификации, крахмальные зерна, микроструктура, фракционный состав, рН

ДОСЛІДЖЕННЯ МІКРОСТРУКТУРИ КРОХМАЛІВ ФІЗИЧНОЇ МОДИФІКАЦІЇ ДЛЯ ОБГРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ В ТЕХНОЛОГІЇ СОУСІВ

С. С. Андрєєва

Аспірант*

E-mail: andre.svetlana2012@yandex.ua

М. Б. Колесникова

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: hduht@kharkov.com

*Кафедра технології харчування

Харківський державний університет

харчування та торгівлі

вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. Вступ

Соуси – багатокомпонентні за складом та колоїдним станом, харчові гетерогенні системи. В умовах сучасного виробництва закладів ресторанного господарства, сегменту HoReCa, реалізації бізнес-процесу B2B, B2C, де суттєво змінюються вимоги до складу асортименту, технології виробництва.

Вищезначене спонукає вже під час проектування рецептурного складу та технологічного процесу виробництва обґрунтувати вибір інгредієнтів, які здатні забезпечити стабільні показники якості та безпечності у процесі механічного впливу, термообробки первинної та повторної, зберігання, реалізації.

На теперішній час підприємство галузі активно впроваджують у практику виробництва сучасні рецептурні компоненти, які формують необхідну консистенцію та текстуру готової продукції.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Розвиток технологій соусної продукції передбачає розширення асортименту, одержання продукції із заданими технологічними та споживними властивостями, забезпечення нових способів використання та подавання, оптимізацію виробництва. Виробники, з одного боку, прагнуть до випуску новинок, а з іншого –

прагматично зосереджують свою увагу на виробництві конкурентоспроможної продукції.

Слід зауважити, що ринок соусів поступово переходить до моделі готової продукції (соус до відповідної страви), про що свідчить збільшення обсягу їх продажів. За останнє десятиріччя активно розвиваються такі групи продукції, як інноваційні соуси, топінги та дресінги (заправки) десертного та закусочного спрямування [1, 2].

Значний внесок у розвиток технології соусів на основі плодово-ягідної та плодово-овочевої сировини зробили вітчизняні та зарубіжні вчені: І. С. Гулий, М. С. Дудкін, Н. С. Карпович, В. Н. Корзун, Л. П. Малюк, В. В. Неліна, Г. Б. Рудавська, S. Christensen, K. Gierschner, R. Lohmann, D. Pathak та ін., в роботах яких розглянуто теоретичні та прикладні аспекти забезпечення колоїдної стабільності систем шляхом використання добавок полісахаридної природи: пектинів, солей альгінових кислот, карагінанів, камедів [3–5].

З урахуванням вищевикладеного, харчову систему – соусу можна розглядати як спосіб створення фізичних тіл із заданою структурою, метою якого є або формування фази, або запобігання її утворенню [5]. Під формуванням необхідних текстурних характеристик харчових дисперсних систем, у тому числі соусів, мають на увазі такі характеристики:

– наявність еластичної, пружної або іншої текстури;

- наявність однорідної чи іншої текстури за об'ємом (глянець на поверхні, гелева неоднорідність);
- наявність неоднорідності з точку зору наповнювачів;
- здатність до танення чи опору таненню під дією різних температур.

Одним із шляхів забезпечення колоїдної стабільності є використання модифікованих крохмалів, які залежно від виду модифікації (хімічна, фізична, ферментативна) набувають задані технологічні властивості. Але використання хімічних реагентів, приналежність до групи харчових добавок, з індексом «Е» мають упереджене відношення споживачів, визначають доцільність пошуку та наукового обґрунтування альтернативних видів згущувачів, вимог до соусів.

З урахуванням фізико-хімічних процесів, перебіг яких призводить до зниження стійкості за низьких значень рН (3,3...4,5), механолізу, здатністю до комплексоутворення, сформульовано вимоги, за яких крохмаль як загусник може бути використано у складі соусів на основі плодово-ягідної сировини:

- висока дисперсність крохмальних зерен;
- монодисперсність крохмальних зерен;
- низький вміст амілози [4, 6, 7].

Аналітично доведено, що таким умовам відповідають крохмалі фізичної модифікації (КФМ).

3. Мета і завдання дослідження

Метою роботи є дослідження мікроструктури крохмалів фізичної модифікації під дією технологічних чинників для обґрунтування використання у технології соусів.

З метою вивчення властивостей крохмалів фізичної модифікації, які використовуються як структуроутворювачі у складі солодких соусів, роботу спрямували на вирішення таких завдань:

- обґрунтувати доцільність використання КФМ як загусника в технології соусів;
- дослідити мікроструктуру крохмальних зерен КФМ, їх гранулометричні властивості;
- дослідити динаміку змін процесу клейстеризації крохмальних зерен в залежності від технологічних чинників (тривалість гідротермообробки, зміни рН середовища).

4. Методи дослідження мікроструктури крохмалів фізичної модифікації та їх змін під дією технологічних факторів

Предметами дослідження були:

- крохмалі фізичної модифікації серії Novation з воскової кукурудзи «Endura», «Prime»;
- крохмаль фізичної модифікації серії Novation з тапіоки «Indulge»;
- крохмалі нативні кукурудзяний, картопляний (КН) виробник ООО Петровський крохмально-паточний комбінат.

Методом дослідження мікроскопування крохмалів фізичної модифікації можна визначити зміни структури крохмальних зерен та оклейстеризованих крохмальних дисперсій під дією технологічних факторів:

тривалості заварювання крохмальних клейстерів, рівня рН.

Модельні системи досліджували за допомогою світлового мікроскопу при збільшенні у 40 разів.

5. Результати експериментальних досліджень

Комплекс мікроскопічних досліджень модельних систем є одним з ключових завдань, для розуміння суті процесів та обґрунтуванні властивостей крохмалів, що відбулися під час модифікації [7].

На рис. 1, 2 наведено мікроскопічні дослідження крохмалів модифікованих (з воскової кукурудзи, тапіокового) та нативних крохмалів (картопляного, кукурудзяного). Для досліджень використовували суспензії крохмалів у водному середовищі ($t=20\pm 2$ °С), що дозволяє виявити конгломерати зерен.

Як видно з рис. 1, крохмальні зерна являють собою сферичні кристали з природно організованою структурою. На рис. 1, а, б структура зерен крохмалю представляє неправильну та багатогранну форму. Це, ймовірно, пов'язано з умовами утворення і розвитку зерен: вони сформуються в білковій матриці при низькій вологості і здавлюються під час дозрівання зерна. В діапазоні розмірів КФМ з воскової кукурудзи «Endura» (а) виражений наявністю монодисперсності фракційного складу. КФМ з воскової кукурудзи «Prime» (б) складається з дрібних зерен, що мають багатогранну форму. Даний крохмаль менш виражений середньозернистою фракцією, але йому притаманна також монодисперсність, а саме наявністю однією фракцією – дрібнозернистою. Зерна крохмалю кукурудзяного (рис. 1, в) мають більш овальну форму, що притаманно крохмалю з борошністих сортів кукурудзи.

При мікроскопічному дослідженні (рис. 2) виявлено, що крохмальні зерна КФМ з тапіоки «Indulge» та КН картопляний мають круглу та овальну форму, а на їх поверхні розташовані концентричні смужки, що властиве крохмалю з картоплі та тапіоки.

Як видно, КФМ з тапіоки Indulge (а) складається з двох фракцій дрібнозернистої та середньозернистої. Таке розподілення зерен впливає на структуру, вміст амілози, термодинамічні та реологічні характеристики крохмалю. Крупнозерниста фракція відсутня, але є присутність крупних зерен до 10 % від об'ємної частки фракції.

Фракційний склад нативного картопляного крохмалю (б), в основному, становить крупне зерно, яке має найбільші максимальні розміри до 100 м.

Розміри зерен крохмалю в залежності від виду крохмалю коливаються в широкому інтервалі від 1 до 150 мкм [6, 8]. На підставі мікроскопічних досліджень побудовано криві розподілу за середнім розміром та об'ємної частки фракції зерен дослідних крохмалів (рис. 3).

Гранулометричне розподілення КФМ з воскової кукурудзи «Endura» має оптимальну монодисперсність зерен, що становить від 12,0 до 18,0 мкм більш 35 % від об'ємної частки фракції. Порівнюючи КН кукурудзяний з КФМ «Prime», на перший погляд, мають візуальну схожість за формою, але спостерігається відмінність за фракційним складом. КФМ «Prime» має прорив за розміром від 7,0 до 13,0 мкм, що становить

65 % від об'ємної частки фракції, що ж стосується нативного кукурудзяного, то основний стрибок припадає на розмірах від 1 до 8 мкм, що становить 50 % фракційного складу крохмалю.

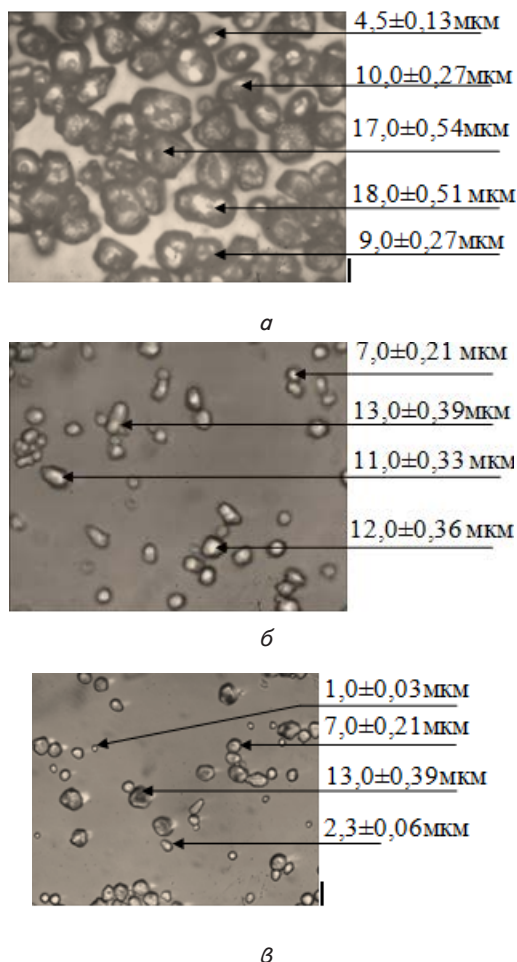


Рис. 1. Мікроструктура крохмальних зерен в суспендованому стані при збільшенні в 40 разів: а – КФМ з воскової кукурудзи «Endura»; б – КФМ з воскової кукурудзи «Prime»; в – КН кукурудзяний контроль

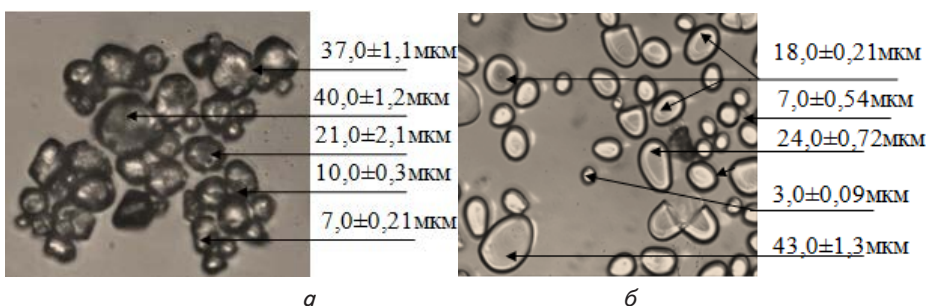


Рис. 2. Мікроструктура крохмальних зерен в суспендованому стані при збільшенні в 40 разів: а – КФМ з тапіоки «Indulge»; б – КН картопляний

Відомо [6, 9], що дрібні зерна (від 1 до 10 мкм) містять більше амілози і більш стійкі до кислотного і ферментативного гідролізу.

Стосовно крохмалів, з бульбової крохмалевмісної сировини, КФМ з тапіоки «Indulge» має характерну

фракційність, а саме дрібнозернисту (55 %), середньозернисту (35 %), крупнозернисту (10 %). Аналогічні закономірності протікають і для КН картопляного фракційний склад складає за середнім розміром зерен від 15 до 35 мкм приблизно 39 %.

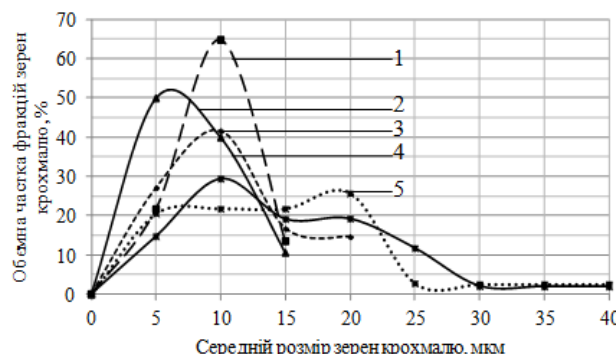


Рис. 3. Розподіл зерен дослідних крохмалів за середнім розміром: 1 – КФМ з воскової кукурудзи Prime; 2 – КН кукурудзяний; 3 – КФМ з воскової кукурудзи Endura; 4 – КФМ з тапіоки Indulge; 5 – КН картопляний

Для обґрунтування використання крохмалів у технології соусів нами проведено дослідження мікроструктури крохмальних клейстерів у залежності від технологічних чинників.

Якщо поступово нагрівати розбавлену водну суспензію крохмалю і на всіх стадіях реєструвати зміни за допомогою мікроскопу, то можна встановити певну динаміку зміни стану крохмалів [9].

Відповідні крохмалі за концентрацією 3 %, нагрівали до температури 80±2 °С, за різної тривалості термообробки (5; 15; 30; 45-60 с) (рис. 4, 5).

За даних рис. 4, 5 розвинуто представлена динаміка процесу клейстеризації крохмалів фізичної модифікації у порівнянні з нативними.

Для забезпечення перебігу процесу клейстеризації обрано параметри за яких, температура гідрообробки крохмалю становила 80±3 °С. За літературними даними [3, 10] при підвищенні температури водних крохмальних суспензій більше 30 °С відбувається частковий розрив водневих зв'язків молекул в зерні крохмалю, що веде до зміни його мікроструктури. Перехід полісахаридів в розчин, ґрунтується на тривалості термообробки, таким чином обрано параметри тривалості термообробки (5...45)-60 с.

На першому етапі термообробки крохмальної суспензії через 5-60 с, відбувається набухання зерен, які адсорбують вологу за рахунок полярних гідроксильних груп. Для КФМ спостерігається значне збільшення зерен в особливості для крохмалю з воскової кукурудзи «Prime» рис. 4, б, де збільшення досягає в три рази, з літературних джерел [2, 6] дане набухання свідчить про високоамілопектинний склад. Для крохмалю з воскової кукурудзи

гається значне збільшення зерен в особливості для крохмалю з воскової кукурудзи «Prime» рис. 4, б, де збільшення досягає в три рази, з літературних джерел [2, 6] дане набухання свідчить про високоамілопектинний склад. Для крохмалю з воскової кукурудзи

«Endura» рис. 4, *a* відбувається помірне набухання у 1,5...2,0 рази, що у порівнянні з нативним кукурудзяним в 1,5 рази менше. Ця тенденція набухання може залежати від певної витримки гідротермообробки.

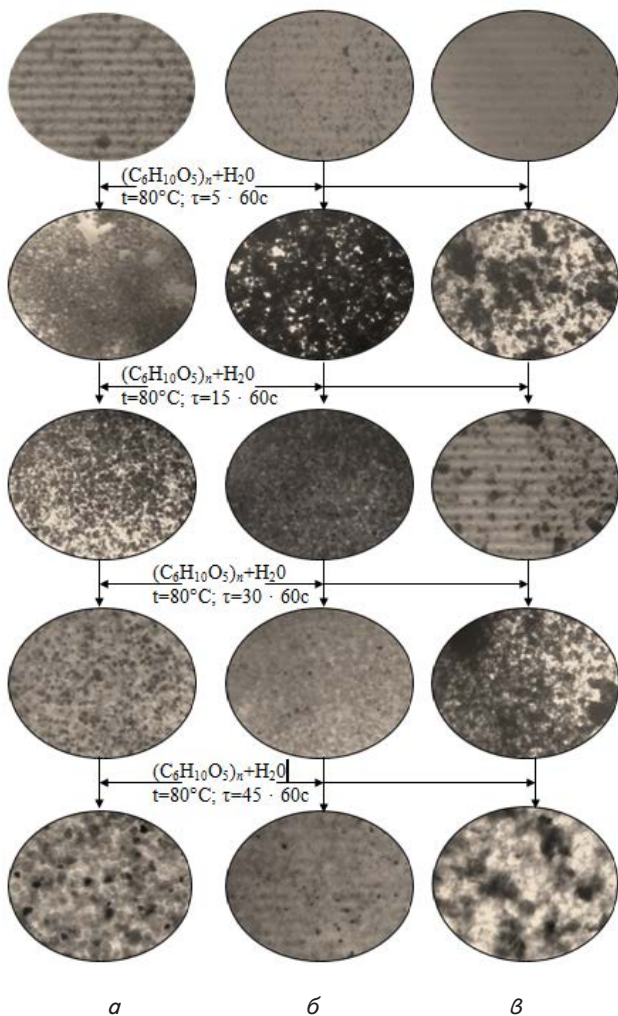


Рис. 4. Динаміка зміни клейстеризації крохмальних зерен залежно від тривалості термообробки (при збільшенні в 8 разів): *a* – КФМ з воскової кукурудзи «Endura»; *б* – КФМ з воскової кукурудзи «Prime»; *в* – КН кукурудзяний

Для крохмалів з фракційним складом крупного зерна (тапіоковий, картопляний), набухання протікає зі збільшенням зерен в 4...6 разів, за рахунок розмірних характеристик зерен (рис. 5, *a, б*).

На стадії подальшої гідротермообробки суспензії настає момент, коли структура зерна радикально, але поступово змінюється. Саме цей момент ендотермічної зупинки пов'язаний із поглинанням зернами крохмалю енергії, яка йде на руйнування їх внутрішньої структури за рахунок топлення водневих зв'язків, результатом чого є втрата їх шаруватості. Як видно для КФМ з воскової кукурудзи «Prime» рис. 4, *б* та з тапіоки «Indulge» рис. 5, *a*, за тривалістю 15-60 с усередину зерна крохмалю проникає вода, і зерно перетворюється на набряклу кулясту структуру, зникає оптичний ефект бачення зерен. Для інших крохмалів суттєвий змін структури зерна не відбувається, лише тільки збільшення набухання зерен за рахунок «розпако-

вування» крохмальних полісахаридів і прагнення їх набутти своїх максимальних розмірів.

При подальшій гідротермообробці усіх видів крохмалю при тривалості від 30...45-60 с, зерна вибухають, відбувається частковий гідроліз і більш-менш повне розчинення складових зерен, за певних умов – їх дифузія у водний простір. Дифузійні процеси в більшості спостерігаються у нативних крохмалів, наслідком чого є зниження в'язкості.

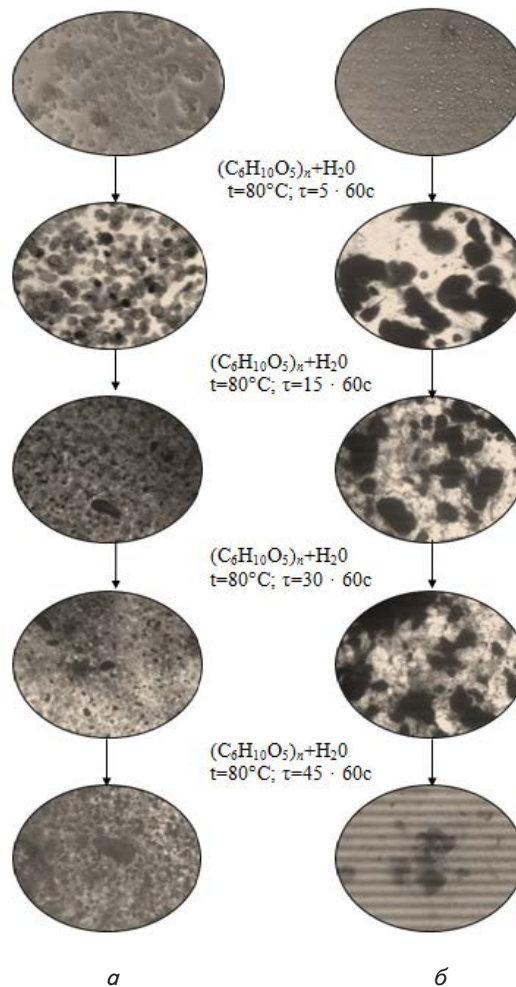


Рис. 5. Динаміка зміни клейстеризації крохмальних зерен залежно від тривалості термообробки (при збільшенні в 8 разів): *a* – КФМ з тапіоки «Indulge»; *б* – КН картопляний

Основною складовою солодких соусів є плодово-ягідна сировина, яка містить органічні кислоти, моно-і полісахариди (глюкоза, сахароза, пектинові речовини тощо) мінеральні солі, ферменти і т. ін. Кожні з цих речовин впливають на згущуючу основу солодких соусів. Як відомо, основними загусниками солодких соусів є пектини, модифіковані крохмалі, камеді тощо. Певні плоди і ягоди, такі як смородина, малина, журавлина, яблука зимових сортів та ін. мають значно низькі значення рН від (3,0...4,0), що може посилити гідролітичну дію кислот на стабільність крохмальних зерен.

Нами проведено дослідження впливу рН середовища на динаміку клейстеризації крохмальних зерен (рис. 6).

Як видно, гідролітичний вплив кислоти спостерігається для всіх крохмалів, але залежно від виду крохмалів ступінь гідролізу різна. Характерна нестабільність проявляється для нативних картопляного рис. 6, д та кукурудзяного крохмалів рис. 5, в, що пояснюється накопичення редуруючих речовин.

КФМ з воскової кукурудзи рис. 6, а, б, менш стійкі до дії кислоти, а візуальні зміни в структурі зерна виявляються виразно незначними розмірними характеристиками, але все одно спостерігається стійкість, яка може пояснюватися наявністю фосфатних груп, які запобігають зміни рН суспензії.

КФМ з тапіоки рис. 6, з в процесі кислотного гідролізу проявив себе більш стійким, який містить ту чи іншу кількість домішок, які знижують концентрацію кислоти в розчині.

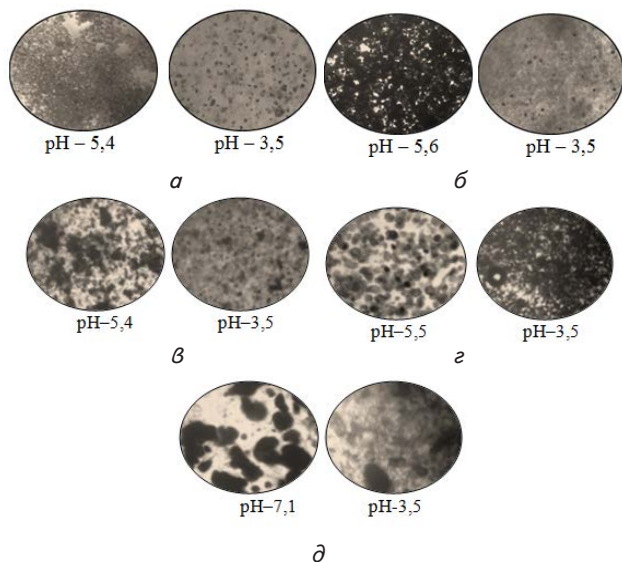


Рис. 6. Динаміка зміни клейстеризації крохмальних зерен в залежності від впливу рН (при збільшенні в 8 разів): а – КФМ з воскової кукурудзи «Enduga»; б – КФМ з воскової кукурудзи «Prime»; в – КН кукурудзяний; г – КФМ з тапіоки «Indulge»; д – КН картопляний

5. Висновки

На підставі аналізу науково-технічної інформації доведено доцільність використання крохмалів фізичної модифікації серії «Novation», як загусників, що надають заданих технологічних властивостей соусам на основі плодово-ягідної сировини.

У відповідності до мети досліджено мікроструктуру крохмалів фізичної модифікації під дією технологічних чинників для обґрунтування використання у технології соусів. При мікроскопічному дослідженні визначено види крохмалів в залежності від гранулометричних характеристик крохмальних зерен. Виділено фракції крохмалів згідно розподілу крохмальних зерен за середнім розміром. Враховуючи мікроструктурні характеристики крохмалів, визначено тип модифікації

ції крохмалів (фізична), за рахунок монодисперсності крохмальних зерен.

Досліджено реологічні характеристики модельних систем на основі КФМ та КН від впливу технологічних чинників (тривалість клейстеризації, зміна рН). Встановлено що при тривалості процесу клейстеризації (10...15-60с) крохмальні клейстери в особливості КФМ «Prime» проявляє більш ефективну в'язкість. Виявлено, що КФМ з воскової кукурудзи «Enduga» та тапіоковий «Indulge» є більш стійкими до впливу кислот.

Отримані результати дослідження є основою для розробки технологій нової харчової продукції – соусів солодких на основі плодово-ягідної сировини з використанням крохмалів фізичної модифікації.

Література

1. Гринченко, О. А. Научное обоснование и разработка технологии кулинарной продукции с использованием полуфабрикатов функциональных композиций на основе полисахаридов [Текст] : дис. ... д-ра. техн. наук: 05.18.16 / О. А. Гринченко. – Харьков, 2005. – 380 с.
2. Мостова, Л. Н. Технология десертной продукции эмульсионного типа с использованием стабилизационных систем на основе крахмала [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.18.16 / Л. Н. Мостовая. – Харьков, 2001. – 320 с.
3. Пивоваров, П. П. Інноваційні технології виробництва харчової продукції масового споживання [Текст] : монографія / П. П. Пивоваров та ін.; за заг. ред. П. П. Пивоварова. – Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2011. – 444 с.
4. Жушман, О. Крохмалі нативні й модифіковані [Текст] / О. Жушман // Харчова і переробна промисловість. – 2005. – № 5. – С. 25–26.
5. Филлипс, Г. О. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / Г. О. Филлипс, П. А. Вильямс; пер. с англ. под ред. А. А. Кочетковой. Л. А. Сарафановой. – СПб.: ГИОРД, 2006. – 536 с.
6. Андреев, Н. Р. Основы производства нативных крахмалов [Текст] / Н. Р. Андреев. – М. : Пищепромиздат, 2001. – 289 с.
7. Хоффштейн, М. Модифицированные крахмалы в современной разработке продуктов [Текст] / М. Хоффштейн // Пищевая промышленность. – 1998. – № 8. – С. 66–67.
8. Большакова, В. А. Використання стабілізаційних систем в технології соусів [Текст] / В. А. Большакова, О. О. Гринченко // Вісник Харк. нац. ун-ту. Серія: «Актуальні проблеми сучасної науки у дослідженнях молодих вчених м. Харкова». – 2000. – № 456. – С. 219–221.
9. Коваленко, А. А. Технологія десертів з використанням стабілізаційних систем на основі крохмалю [Текст] : монографія / А. А. Коваленко та ін. – Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі, 2010. – 136 с.
10. Серегин, С. Н. Продукция из крахмалосодержащего сырья в балансе сахаристых веществ России [Текст] / С. Н. Серегин // Пищевая промышленность. – 2004. – № 1. – С. 48–54.