

УДК 664.114

ЗАСТОСУВАННЯ КОМБІНОВАНИХ БІЛКІВ ТА ГІДРОКОЛЛОЇДІВ ПРИ СТВОРЕННІ ЗБИВНИХ ЦУКЕРКОВИХ МАС

Т. В. Каліновська, В. І. Оболкіна

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ БЕЛКОВ И ГИДРОКОЛЛОИДОВ ПРИ СОЗДАНИИ СБИВНЫХ КОНФЕТНЫХ МАСС

Т. В. Калиновская, В. И. Оболкина

COMBINED USE OF PROTEINS AND HYDROCOLLOIDS FOR CREATING AERATED CANDY MASS

T. Kalinovskaya, V. Obolkina

У статті наведені результати досліджень функціонально-технологічних властивостей сироваткових білків, комбінованих сумішею концентрату сироваткового білку і яєчного білку, додаткових структуроутворювачів желатину та гуміарабіку. Визначено вплив комбінованих білкових та гідроколлоїдних систем на формування структурних властивостей збивних цукеркових мас типу «м'яких нугатинів» з підвищеною агрегативною стійкістю.

Ключові слова: білок, яєчний, сироватковий, стабілізація, гідроколоїди, желатин, гуміарабік, збивні цукеркові маси

В статье приведены результаты исследований функционально-технологических свойств сывороточных белков, комбинированных смесей концентрата сывороточного белка и яичного белка, дополнительных структурообразователей желатина и гуммиарабика. Определено влияние комбинированных белковых и гидроколлоидных систем на формирование структурных свойств сбивных конфетных масс типа «мягких нугатинов» с повышенной агрегативной устойчивостью.

Ключевые слова: белок, яичный, сывороточный, стабилизация, гидроколлоиды, желатин, гуммиарабик, сбивные конфетные массы

1. Вступ

Однією з груп кондитерських виробів, що користується великим попитом на споживчому ринку є цукерки. Виробництво цукерок відрізняє їх від інших груп кондитерських виробів більшою кількістю та розмаїттям технологічних схем, сировиною і асортиментом. Існує кілька тисяч найменувань цукерок, але в внутрішньо груповому асортименту цукерки із збивними корпусами користуються особливим попитом. Збивна цукеркова маса являє собою

піноподібну масу із цукристих речовин, піноутворювача й драглеутворювача, з додаванням (або без) фруктово-ягідної сировини, молочних продуктів, смакових добавок згідно з рецептурним складом [1].

Збивні маси відносяться до слабо структурованих дисперсних систем, які швидко руйнуються під дією механічних навантажень. Тому, при створенні нового асортименту збивних цукерок і механізації технологічного процесу їх виробництва з використанням сучасного формуючого обладнання, необхідно застосування нових видів структуроутворювачів для підвищення агрегативної стійкості збивних цукеркових мас.

При виробництві цукерок в якості піноутворювачів найчастіше використовуються яєчні білки та продукт гідролізу казеїну голландської фірми «Хайфоама». Як драглеутворювач переважно використовується агар, пектин або желатин [1]. З метою поліпшення структурних властивостей піноподібних структур та підвищення харчової цінності виробів доцільно застосування в якості нетрадиційного піноутворювача білків молочної сироватки. Це обумовлено тим, що білки молочної сироватки найбільш повноцінні серед харчових білків, мають найвищу швидкість розщеплення в травному тракті, засвоюваність становить 98 %. У якості додаткового структуроутворювача доречно використання камеді акації – гуміарабіка, який має підвищену гідратаційну здатність та пребіотичні властивості.

Відомостей про застосування сироваткових білків та гуміарабіку при виробництві цукерок обмаль, тому обраний напрям досліджень є актуальним для кондитерської галузі.

2. Постановка проблеми

Білки є найбільш цінними компонентами їжі (протеїни від грецького слова *proteois*, що означає «першорядної важливості»). Основні структурні одиниці білків – це α -амінокислоти, що складаються з α -вуглецевого атома, ковалентно приєднаного до атома водню, аміногрупи, карбоксильній групі та бічний групі R [2]. Білкові речовини є джерелами цінних амінокислот, мають високу поверхнево-активну здатність, тому доцільно було дослідити властивості сироваткового протеїну та його комбінацій з яєчним білком для застосування у збивних цукеркових масах типу «м'яких нугатинів».

Метою досліджень було вивчення функціонально-технологічних властивостей концентрату сироваткових білків, їх комбінацій з яєчним білком, реологічних властивостей білкових систем з додаванням драглеутворювачів (желатину та гуміарабіку), впливу технологічних факторів на формування структури збивних цукеркових мас з підвищеною агрегативною стійкістю.

3. Літературний огляд

Питанню структуроутворення в білкових системах молока присвячені дослідження багатьох вчених: П. А. Ребиндера, В. Н. Измайлової, І. М. Влодавца, П. Ф. Дьяченко, Е. А. Ждановой, Р. Раманаускас, В. П. Табачникова, Н. Н. Ліпатова, Р. Fox, D. Dalgleish, Jreen та ін.

У молоці міститься в середньому 30 – 39 г/л загального білка, який володіє високими нутритивними властивостями. Білки молока представлені двома групами білкових фракцій – казеїном та сироватковими білками. Казеїн складає 80 % всіх білків коров'ячого молока, в результаті агломерації казеїнових міцел акумулюється в згусток. Решта білків переходить у сироватку, і тому їх називають сироватковими білками.

При виробництві молочних продуктів утворюються значні обсяги молочної сироватки, яка не дивлячись на високу харчову цінність, ще не достатньо використовується у харчовій промисловості. Щорічне світове виробництво сироваткових білків складає близько 600 тис. т. Основні продукти в загальносвітовій структурі застосування молочної сироватки: суха молочна сироватка, демінералізована молочна сироватка, концентрати молочних білків і лактоза.

В минулому, найчастіше, сироватка йшла у відходи, але в даний час розроблені економічно ефективні способи концентрування або виділення сироваткових продуктів з високими технологічними та функціональними властивостями. Будучи вторинним продуктом в технології сироваріння, сироваткові білки доступні у великих кількостях і, як наслідок, досить дешеві.

Традиційним способом отримання концентрату з молочної сироватки низькомолекулярних біологічно активних пептидних фракцій (сироваткових білків) є теплова коагуляція з подальшим ферментативним гідролізом і фракціонуванням гідролізатів для отримання біологічно активних інгредієнтів.

Завдяки промислового впровадженню мембранних технологій, включаючи ультра- і діалізацію, а також іонообмінну адсорбцію (ІЕА), з'явилися концентрати та ізоляти сироваткових білків з високими функціональними властивостями. В даний час найбільш розповсюдженими є ІЕА-технології «Vistec» на целюлозному іонообміннику, «Spherosil S» на основі пористого силікагелевого катіонообмінника та технологія «Spherosil QMA» на основі пористого силікагелевого аніонообмінного матеріалу [3].

Основним білковим компонентом молочної сироватки є β -лактоглобулін (β -лг), який є джерелом гіпотензивних, антиоксидантних та імуномодулюючих пептидів [4, 5]. β -лг в молоці перебуває у вигляді димеру, що складається з двох поліпептидних ланцюгів. Молекула β -лг складається з 162 амінокислотних залишків і має молярну масу близько 18000 [6, 7].

Поліпептидний ланцюг α -лактальбумін (α -лг) складається з 123 амінокислотних залишків і має молекулярну масу 14000. Молекула α -лг містить 4 дисульфідні зв'язки, що з'єднують залишки цистеїну [8].

Білки найбільш стійкі до денатурації в ізоелектричній точці, яка для сироваткового білка становить $pI = 5,2$. Температура термічної денатурації яєчного альбуміну $76\text{ }^\circ\text{C}$, α -лг і β -лг $83\text{ }^\circ\text{C}$ [9].

4. Дослідження функціонально-технологічних властивостей білків

4.1. Матеріали та методи досліджень

В якості матеріалів дослідження використовували сухий яєчний білок (ДСТУ 2212:2003) виробництва ТОВ «OVOSTAR» (Україна), концентрат

сироваткових білків Lactomin 80 КСБ УФ виробництва Німеччини, цукор білий кристалічний згідно з ДСТУ 4623:2006, сироп глюкозний П-42, сироп глюкозно-фруктозний (ТУ У 15.6 – 32616426 – 009:2005), желатин TROBAS GELATIN B.V. (Нідерланди) типа А 220, 240 Блум (ТУ У 24.6-00418030-002:2007), гуміарабік INSTANTGUM АВ.

При виконанні роботи використовували загальноприйняті та спеціальні методи досліджень.

Піноутворювальну здатність та стійкість білкової піни визначали за методом Рауха, який полягає у співставленні об'єму отриманої білкової піни до та після збивання; стійкість піни фіксували за висотою стовпа піни після завершення збивання.

Поверхневий натяг вимірювали сталагмометричним методом.

Визначення структури та дисперсності білкових пін проводили за допомогою електронного мікроскопу.

Реологічні характеристики білкових систем визначали на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2».

4. 2. Теоретичні відомості щодо функціонально-технологічних властивостей білків та гідроколоїдів

Функціонально-технологічні властивості білків та гідроколоїдів, які використовуються у кондитерській промисловості, можна розглядати як прояв трьох молекулярних аспектів: гідратації, поверхневих і гідродинамічних (реологічних) властивостей (табл. 1)

Таблиця 1

Функціонально-технологічні властивості білків

Функціональні властивості	Базові властивості	Механізм дії
Розчинність	Гідратація	Гідрофільність
Вологоутримувальна здатність	Гідратація	Водневе зв'язування, гідратація іонів
В'язкість	Гідродинамічні (реологічні)	Зв'язування води, гідродинамічні розмір і форма молекул
Драглеутворення	Гідродинамічні (реологічні)	Захоплення і іммобілізація води, утворення мережевої структури
Когезійно-адгезійні властивості	Гідродинамічні (реологічні)	Гідрофобність, водневе й іонне зв'язування
Емульгуючі властивості	Поверхнева активність	Адсорбція і плівкоутворення на межі розділу фаз
Піноутворювальні властивості	Поверхнева активність	Адсорбція і плівкоутворення на межі

		розділу фаз
Зв'язування жиру та смакоароматичних з'єднань	Поверхнева активність	Гідрофобне зв'язування, захоплення молекул жиру та смакоароматичних з'єднань

За структурної організації сироваткові білки відносяться до глобулярних білків, утворені накладанням один на одного поліпептидних ланцюгів. За біологічними функціям сироватковий альбумін є транспортним білком, тоді як яєчний альбумін є резервним білком.

Сироватковий білок є альбуміном, а отже розчиняється у воді при рН 6,6.

Гідратаційна здатність концентратів сироваткового білка 0,45 – 0,52 г води/г білка [10, 11].

У табл. 2 наведено вміст незамінних амінокислот білків [12].

Таблиця 2

Вміст незамінних амінокислот білків

Амінокислоти	Масова частка амінокислоти у білку, г/100 г		
	Еталон ФАО/ВООЗ	Яєчний протеїн	Сироватковий протеїн
Триптофан	1,0	1,5	2,2
Лізин	5,5	7,0	9,1
Треонін	4,0	4,3	5,2
Валін	5,0	7,2	5,7
Ізолейцин	4,0	7,7	6,2
Лейцин	7,0	9,2	12,3
Фенілаланін +Тирозин	6,0	6,3	8,2
Метіонін +Цистин	3,5	4,0	5,7
Сума незамінних амінокислот	36,0	47,2	54,6

Желатин (від латинського gelatus – замерзлий, застиглий) – 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 300 000 [13].

Гуміарабік являє собою сильно розгалужений високомолекулярний полісахарид арабіногалактан, який утворює малов'язкі водні розчини. За хімічною будовою гуміарабік відноситься до класу глікопротеїнів. Арабіногалактан, з'єднаний з білковим каркасом утворює АГ фракцію. Полісахаридна фракція являє собою лінійний ланцюг, що складається з β -1,3-зв'язаних залишків галактози. У позиції 1,6 ланцюг розгалужується, причому бічні ланцюги складаються з галактози і арабінози [14].

4. 3. Дослідження структури пін

Найбільший інтерес з точки зору будови представляють рідкі піни, які складаються з бульбашок газу, розділених прошарками рідини (ламелами). Геометрична форма газових бульбашок в рідкій піні залежить від співвідношення обсягів газу і рідини в ній, ступеня полідисперсності і способу упаковки бульбашок. [1]

Для визначення структури та дисперсності пін, отриманих з яєчного, сироваткового і суміші яєчного і сироваткового білків проводили мікрозйомку, мікрофотографії наведені на рис. 1.

Встановлено, що бульбашки повітря в піні яєчного білка мають багатогранну (поліедричну) форму, а сироваткового білка – сферичну розміром 80 – 120 мкм. Комірочки пін, що складається з яєчного і сироваткового білків мають сферичну форму. Однак, у яєчного білка (рис. 1, а) більше міжпорових перегородок, чим можна пояснити високу стабільність його пін – 92 %. Суміш яєчного і сироваткового білків (рис. 1, в) відрізняється від сироваткового (рис. 1, б) більшою рівномірністю розподілу повітряних бульбашок і більш тісним їх розташуванням відносно один одного.

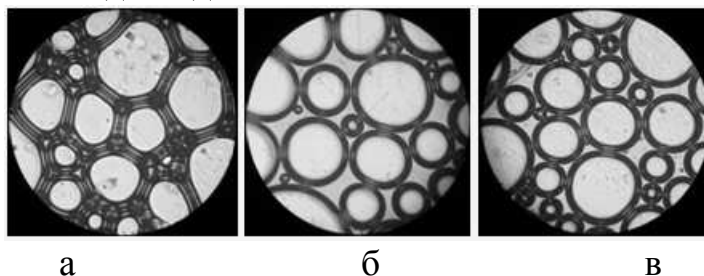


Рис. 1. Мікроструктура пін: а – яєчного білка; б – сироваткового білка; в – суміші яєчного и сироваткового білків 50/50

Місця стиків плівок (ребра багатогранників) характеризуються потовщеннями, що утворюються в поперечному перерізі трикутників, так звані канали Гіббса-Плато. Вони являють собою взаємопов'язану систему і пронизують всю структуру пін. Ці канали складаються з двох адсорбційних шарів молекул ПАР і прошарків розчину [15].

Для утворення та стабілізації пін необхідна присутність ПАР, здатних зменшити поверхневий натяг між водною та повітряною фазами. Відмінності поверхневої активності високомолекулярних білків, в першу чергу, залежать від конформації. До конформаційних факторів належать стабільність і гнучкість поліпептидного ланцюга, легка адаптація до змін умов середовища, а також модель розподілу гідрофільних і гідрофобних груп на поверхні молекули білка.

Для визначення поверхневого натягу розчинів яєчного та сироваткового білків з різною концентрацією використовували сталагмометричний метод. Результати досліджень наведені на рис. 2.



Рис. 2. Залежність поверхневого натягу розчинів білків від їх концентрації

З даних видно, що для яєчного білка з концентрацією розчину 0,5 % показник поверхневого натягу становить $57,43 \pm 1,72$ Н/м, а для сироваткового білка з аналогічною концентрацією – $55,13 \pm 1,65$ Н/м. Однак, зі збільшенням концентрації поверхневий натяг розчинів сироваткових білків суттєво зростає у порівнянні з яєчним білком. Так, поверхневий натяг 5 % розчину яєчного білка становить $76,13 \pm 2,28$ Н/м, сироваткового білка – $88,67 \pm 2,66$ Н/м.

Збільшення поверхневого натягу зі збільшенням концентрації білків пояснюється їх складною структурою. Незважаючи на наявність гідрофільних і гідрофобних груп, в первинній структурі вони розподілені неупорядковано, а в четвертичній згорнутій конформації деякі гідрофобні залишки утворюють на поверхні молекули білка окремі ділянки, більшість гідрофобних залишків «заглиблені» всередину молекули. Таким чином, в технології збивних цукеркових мас доцільно використовувати невеликі концентрації білків.

Слід зазначити, що поверхневі явища найбільш важливі для піноутворення та властивостей пін. Поведінка білків на межі розділу фаз складна та ще недостатньо вивчена. Основними характеристиками пін, які мають важливе значення у кондитерській промисловості є піноутворювальна здатність (ПУЗ) та стабільність, з огляду на це, були проведені відповідні дослідження. Отримані дані наведені на рис. 3.



Рис. 3. Піноутворювальна здатність та стійкість пін комбінацій яєчного та сироваткового білків

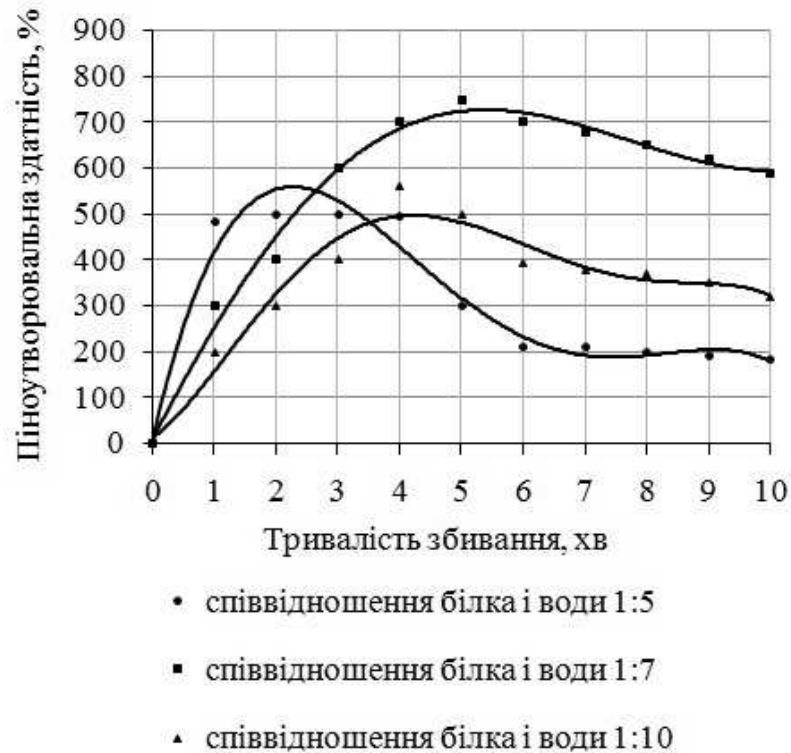
Результати досліджень показали, що ПУЗ яєчного білку склала 420 %, а сироваткового білку 400 %. При комбінуванні яєчного та сироваткового білків у різних співвідношеннях, збільшення кількості сироваткового білку в суспензії призводило до зниження показника ПУЗ. З метою збалансування незамінних амінокислот у цукеркової масі використовували яєчний та сироватичний білки у співвідношенні 506:50. При такому співвідношенні білків показники ПУЗ склали 344 %, а стійкість піни через годину вистоювання – 77 %.

4. 4. Дослідження впливу технологічних факторів на стабілізацію білкових систем для надання їм агрегативної стійкості

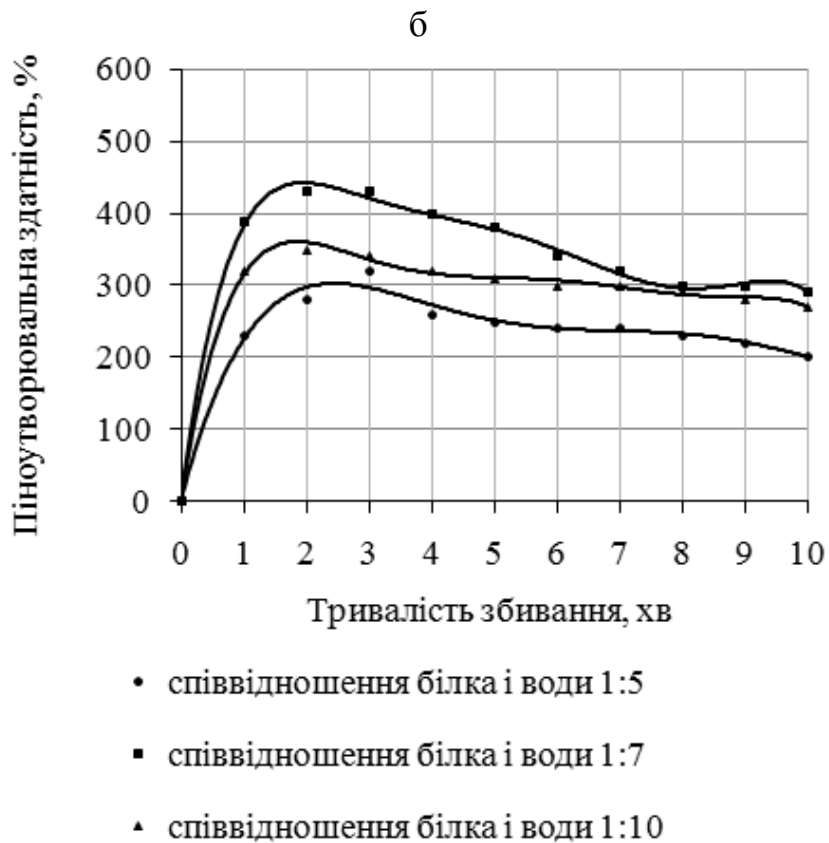
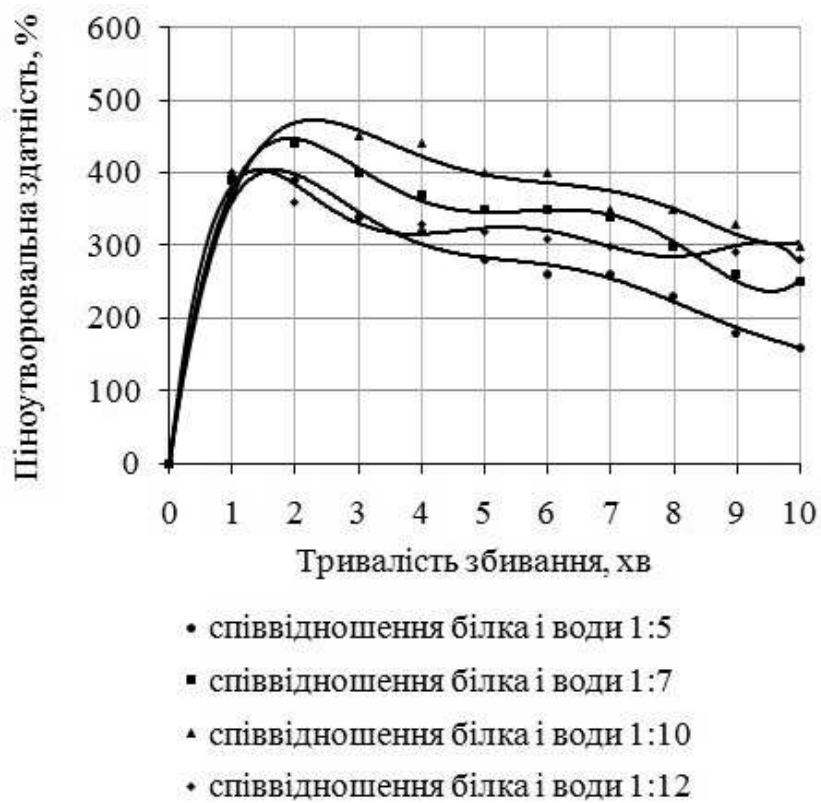
Попередніми роботами [16] встановлено, що оптимальним співвідношенням, яке впливає на ПУЗ та стійкість піни для відновлення водою сухого яєчного білка, є концентрація 1:7, яка, вірогідно, відповідає критичній концентрації міцелоутворення. При такому співвідношенні білку та води ПУЗ розчину максимальна, при змінненні концентрації починає знижуватися або залишається на постійному рівні. Крім того, при досягненні такого співвідношення відбувається формування адсорбційного шару, який має максимальну міцність [1].

Оскільки в літературі не знайдено відомостей про відновлення сироваткових білків, нами проведено дослідження щодо встановлення ПУЗ від часу збивання і співвідношення води до білка. Результати досліджень представлені на рис. 4.

Встановлено, що для білку яєчного (рис. 4, а) при відновленні водою 1:7 та часом збивання 5 хв. ПУЗ складає 750%. Найвища ПУЗ сироваткового білку (рис. 4, б) спостерігається у співвідношенні 1:10 при збиванні 3 хв. Це пояснюється більшою гідратаційною здатністю сироваткового білка, порівняно з яєчним. Максимальне значення ПУЗ суміші яєчного та сироваткового білків (рис. 4, в) – 430% спостерігається у співвідношенні комбінованої білкової суміші до води 1:7 при 2 – 3 хв. збивання. На підставі отриманих даних були розроблені рекомендації щодо відновлення сухого сироваткового білку для білкової суміші



а



в

Рис. 4. ПУЗ білків в залежності від тривалості збивання: а – яєчний білок; б – сироватковий білок; в – суміш яєчного і сироваткового білків 50:50

Стабільність пін визначається хімічної природою піноутворювача. Стабілізація плівок піноутворювачами обумовлена наступними факторами:

кінетичною дією, яка призводить до уповільнення стоншення плівки, підвищенням структурно-механічних властивостей адсорбційно-сольватних шарів, а також термодинамічним фактором (розклинювальним тиском). При вивченні стійкості пін вченими виявлено, що стабільність бульбашок залежить від міцності адсорбційного шару. Стійкість адсорбційних шарів визначається механічними властивостями поряд з поверхневою активністю ПАВ. При утворенні області підвищеного поверхневого натягу в результаті стоншення плівки на її поверхні встановлюється градієнт поверхневого натягу, наслідком якого спостерігається швидкий рух мономолекулярного шару (ефект Марангоні). Явище, назване поверхневим перенесенням, сприяє стабілізації плівки пін [17].

Технологія збивних цукеркових мас передбачає збивання пін з додаванням цукрово-патокових сиропів. Додавання в білкові розчини цукрів погіршує процес піноутворення, але підвищує стійкість пін. Зниження ПУЗ обумовлено більш стабільною структурою білка в цукрових розчинах, через що молекули білка гірше розкручуються при адсорбції на межі розділу фаз.

На сьогоднішній день у виробництві кондитерських виробів використовуються глюкозо-фруктозні сиропи (ГФС) як заміник патоки з метою поліпшення консистенції продукту та смакових якостей, зниженню калорійності та ступеня солодкості (солодкість ГФС дорівнює 0,50 солодкості сахарози).

Метою наступних досліджень було визначення ролі цукрів у формуванні білкових пін. Вплив патоки, ГФС та цукрового сиропу (ЦС) на ПУЗ та стійкість пін наведено на рис. 5.



Рис. 5. Вплив патоки, ГФС, ЦС на ПУЗ та стійкість піни

При проведенні серії модельних дослідів шляхом збивання білків з патокою, ГФС та ЦС було встановлено, що ПУЗ та стабільність піни при додаванні ГФС підвищилась. Найбільша ПУЗ піни яєчного білка спостерігається при додаванні ГФС-30, який за вуглеводним складом має 35 – 45% глюкози, 28 – 32 % фруктози та 17 – 23 % мальтози (рис. 5). У піні, отриманої з сироваткового білку максимальна ПУЗ відмічена з додаванням ГФС-10 (22 – 26% глюкози, 37 – 45 % мальтози, 10 – 15 % вищих цукрів, 8 – 12 % фруктози) та ГФС-42 (50 – 52 % глюкози, 44 – 46 % фруктози). Краща ПУЗ суміші яєчного та сироваткового білків спостерігалась при додаванні сиропу П-42, основними вуглеводами якого є 42 – 63 % вищих цукрів, і майже однакова кількість (12 – 20 %) глюкози, мальтози, мальтотриози.

Таким чином, отримані результати свідчать, що сахароза незначно підвищує ПУЗ білкових пін, ймовірно, внаслідок підвищення поверхневого натягу. Однак, додавання ГФС підвищує ПУЗ білкових пін. З літератури [14] відомо, що у глюкозному сиропі можуть бути присутніми значні кількості білкових залишків, які мають впливати на процес; до складу патоки входять декстрини, які володіють властивостями ПАВ. Тому, додавання цукрово-глюкозного сиропу до збитого білку сприятиме збільшенню показнику піноутворення системи. Крім того, позитивний вплив цукрів пояснюється збільшенням в'язкості об'ємної фази, що знижує темпи втрат рідини ламелами.

Для визначення зміни структури білкових пін з додаванням ГФС проводили мікрозйомку пін, отримані мікрофотографії наведені на рис. 6.

На підставі досліджень доведено, що при додаванні сиропу структура білкової піни змінилася, в порівнянні з білками і їх сумішшю, при цьому частина бульбашок зменшилася в розмірі (20 – 50 мкм). Додавання сиропу до яєчного (рис. 6, а), сироваткового (рис. 6, б) білків та їх суміші (рис. 6, в) забезпечувало отримання піни, майже з рівномірними однаковими бульбашками невеликого розміру, розташованими близько один до одного.. Стабільність пін підвищилася за рахунок збільшення в'язкості дисперсійного середовища.

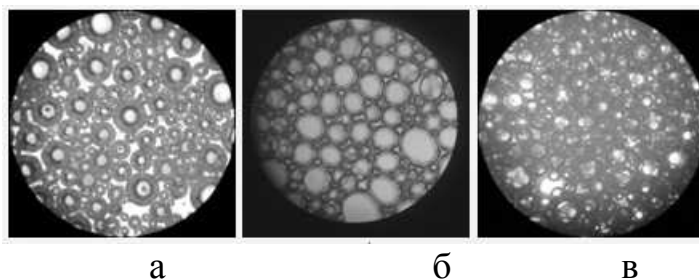


Рис. 6. Мікроструктура зразків білкової піни з додаванням ГФС: а – яєчного білка; б – сироваткового білка; в – суміш яєчного і сироваткового білків 50/50

В'язкість міжплівкової рідини, із зростанням якої сповільнюється швидкість процесу витікання рідини, відіграє роль у підвищенні стійкості пін.

Для визначення в'язкості модельних білкових систем з додаванням сиропу були проведені дослідження реологічних характеристик на віскозиметрі «Reotest» за температури 20 °С та градієнта швидкості в діапазоні 0,55 – 243 с⁻¹. Реологічні криві плинності та в'язкості модельних білкових систем з додаванням цукрово-патокового сиропу (ЦПС) наведено на рис. 7, рис. 8.

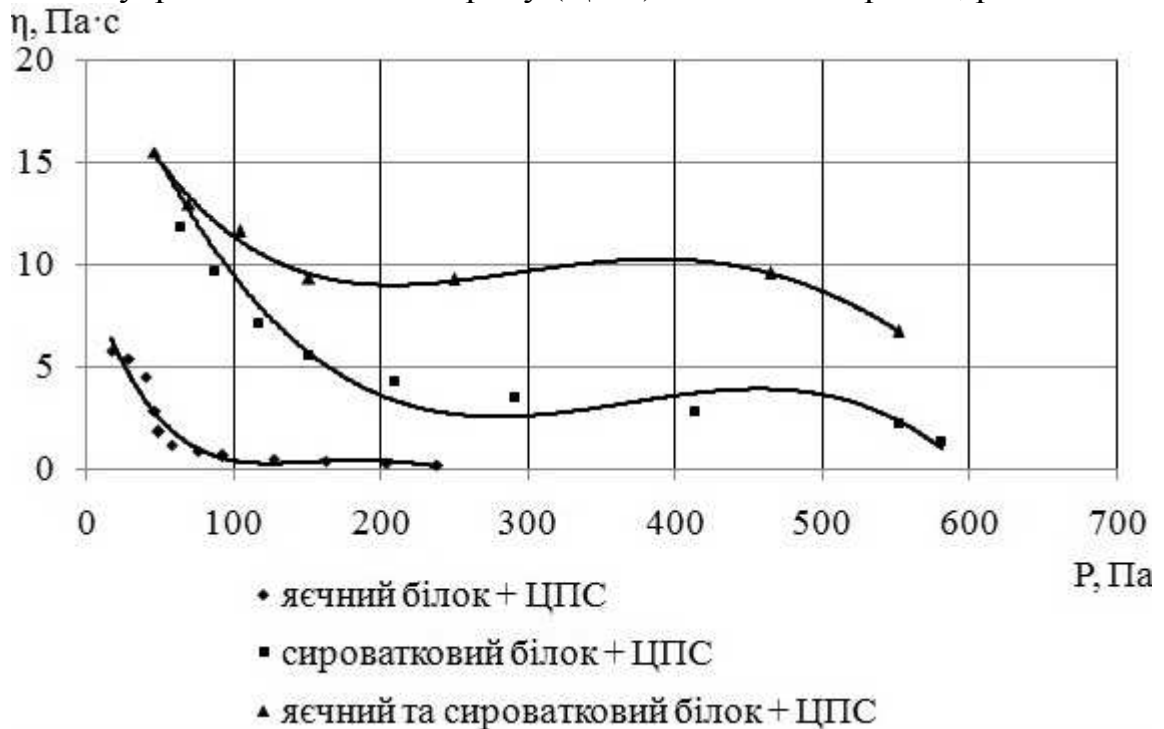


Рис. 7. Реологічні криві в'язкості білкових систем, з додаванням ЦПС

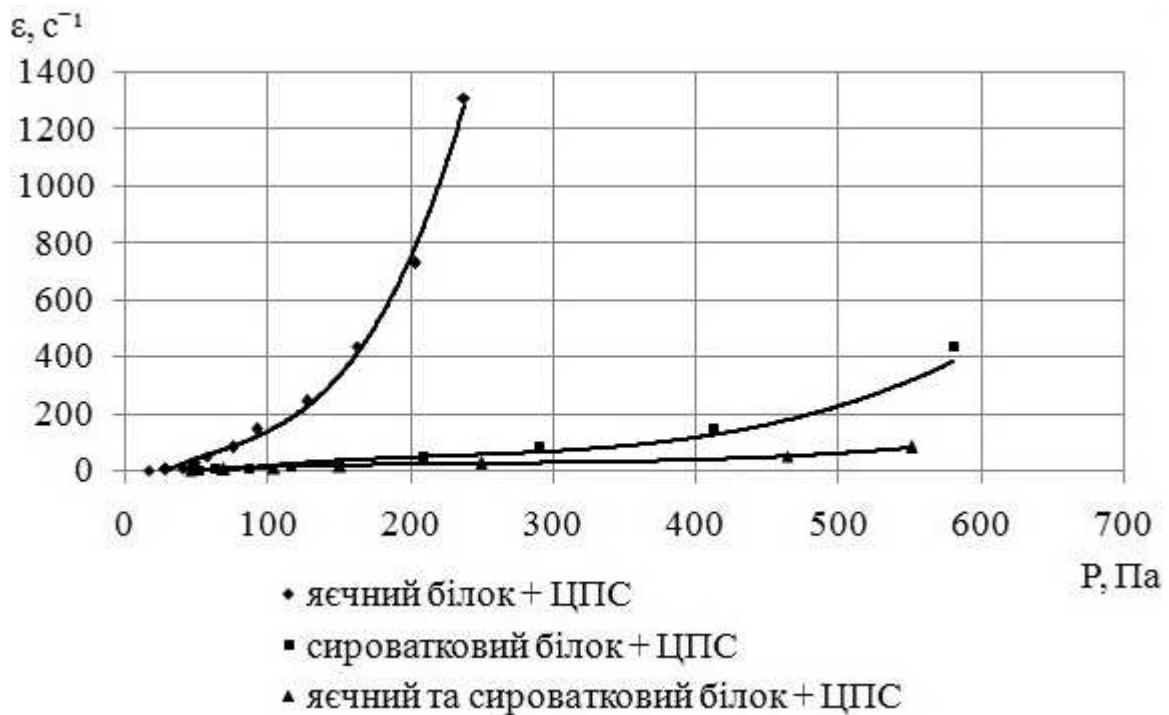


Рис. 8. Реологічні криві плинності білкових систем, з додаванням ЦПС

Аналіз експериментальних даних показав, що всі отримані системи відносяться до тиксотропних структурованих систем з розвиненою міцною надмолекулярною структурою.

Встановлено, що міцність структурних зв'язків в системі з сироватковим білком є вищою в 6 разів порівняно з системою на яєчному білку та в 1,6 разів з системою комбінації білків. Реологічні характеристики (динамічна межа здатності до плинності, міцність структурного каркасу надмолекулярних зв'язків, пружня деформація) найбільші для системи сироватковий білок з ЦПС. Отримані дані підтверджують ефективність застосування ЦПС для стабілізації піноподібної структури.

При утворенні адсорбційного шару на поверхні адсорбуються ПАР. Перехід поверхотно-активних компонентів в середню частину плівки обумовлений особливостями її утворення, що сприяє безперервному оновленню поверхні та обміну ПАР. У результаті цих процесів в середній частині плівки утворюється просторова структура, яка суттєво підвищує в'язкість плівки. Наявність об'ємної структури в плівках значно підвищує в'язкість цієї частини плівки. Процес стабілізації полягає, вірогідно, в різкому падінні швидкості рідини і, відповідно, швидкості стоншення плівки. Утворення просторової структури пояснюється виділенням ПАР з пересичених розчинів у вигляді тонкої колоїдної фази. У розчинах високої в'язкості стійкі піни утворюються завдяки стабілізації тільки поверхневих шарів просторової структури. В'язкість всієї плівки визначається високою в'язкістю адсорбційних шарів внаслідок переважної адсорбції більш активних молекул [18].

При створенні нових технологій цукеркових мас з піноподібною структурою, необхідним є використання комбінації поверхнево-активних речовин та гідроколоїдів, які зумовлюють утворення на межі повітря-рідина подвійних електричних або сольватних шарів та структурованого гелевого прошарку дисперсійного середовища з певними реологічними властивостями. З цією метою використовували поєднання гідроколоїдів желатину та гуміарабіку.

Тому, наступним кроком досліджень було створення комбінації гуміарабік та желатин у певних їх співвідношеннях. Результати впливу стабілізаторів на піноутворення і стійкість пін і представлені в табл. 4.

Таблиця 4
Вплив желатину та гуміарабіку на ПУЗ білків

Найменування зразків	pH системи	Піноутворювальна датність, %	Стійкість піни через годину після збивання, %	Густина розчину, кг/м ³
Желатин 220 Bloom	4,53	430,0	98,0	200,0
Желатин 240 Bloom	5,03	400,0	96,0	190,0
Ячний білок	7,09	420,0	92,0	200,0
Ячний білок + розчин	6,98	400,0	98,0	174,0

желатину				
Яечний білок + розчин гуміарабіку	7,45	400,0	96,0	148,0
Яечний білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,68	450,0	99,0	224,0
Сироватковий білок	6,78	400,0	78,0	205,0
Сироватковий білок + розчин желатину	6,82	420,0	96,0	194,0
Сироватковий білок + розчин гуміарабіку	6,63	420,0	92,0	162,0
Сироватковий білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,36	480,0	98,0	228,0
Яечний білок + сироватковий білок	7,08	344,0	77,0	208,0
Яечний білок + сироватковий білок + розчин желатину	7,01	450,0	98,0	224,0
Яечний білок + сироватковий білок + розчин гуміарабіку	6,83	450,0	96,0	174,0
Яечний білок + сироватковий білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,46	470,0	99,0	290,0

З досліджень бачимо, що гідроколоїди в суміші дають гарну піноутворювальну здатність, стійкість пін протягом години вистоювання склала 98 – 99 %. Стійкість пін пояснюється структуротворними властивостями гідроколоїдів. Найбільша піноутворювальна здатність при використанні суміші стабілізуючих речовин (желатин + гуміарабік), можливо, пояснюється збільшенням масової частки білка в суміші та розгалуженням молекул полісахариду. Таким чином, завдяки підвищеним піно- та драглеутворювальним властивостям комплексна суміш желатин : гуміарабік є обґрунтованою для стабілізації пін збивних цукерок.

Дослідження мікроструктури білкових систем з додаванням розчинів гуміарабіку, желатина та їх суміші наведено на рис. 9.

Аналіз мікроструктур показав, що під час збивання білків з розчином гуміарабіку (рис. 9, а, рис. 9, б, рис. 9, в), желатину (рис. 9, г, рис. 9, г, рис. 9, д), та їх суміші (рис. 9, е, рис. 9, є, рис. 9, ж) утворюється піноподібна структура з сферичними пухирцями повітря.

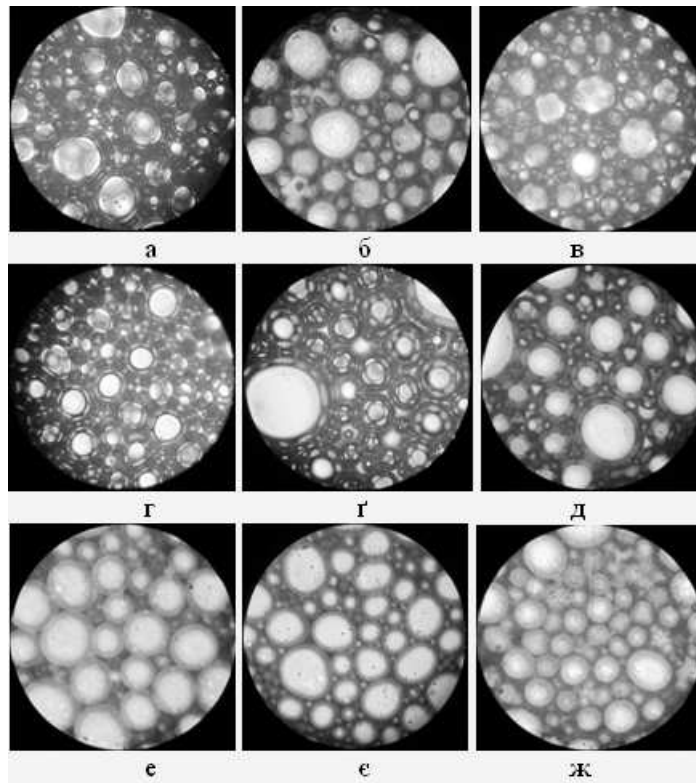


Рис. 9. Мікроструктура пін з додаванням гідроколоїдів: а – яєчний білок + гуміарабік; б – сироватковий білок + гуміарабік; в – суміш яєчного і сироваткового білку 50/50 + гуміарабік; г – яєчний білок + желатин; г – сироватковий білок + желатин; д – суміш яєчного і сироваткового білку 50/50 + желатин; е – яєчний білок + гуміарабік + желатин; е – сироватковий білок + гуміарабік + желатин; ж – суміш яєчного і сироваткового білку 50/50 + гуміарабік+ желатин

З композицією гідроколоїдів в пінах переважали середні та дрібні бульбашки повітря з розміром 80 – 120 мкм без великих включень. У системі спостерігається те, що пухирці притягаються один до одного, що, ймовірно, пов'язано з утворенням електростатичних комплексів.

Дослідження реологічних властивостей піноподібних білкових систем, які були отримані з додаванням ЦПС та розчину гідроколоїдів желатин:гуміарабік проводилися на ротаційному віскозиметрі «Reotest-2». За експериментальними дослідженнями будували реологічні криві в'язкості (рис. 10) та плинності (рис. 11) систем.

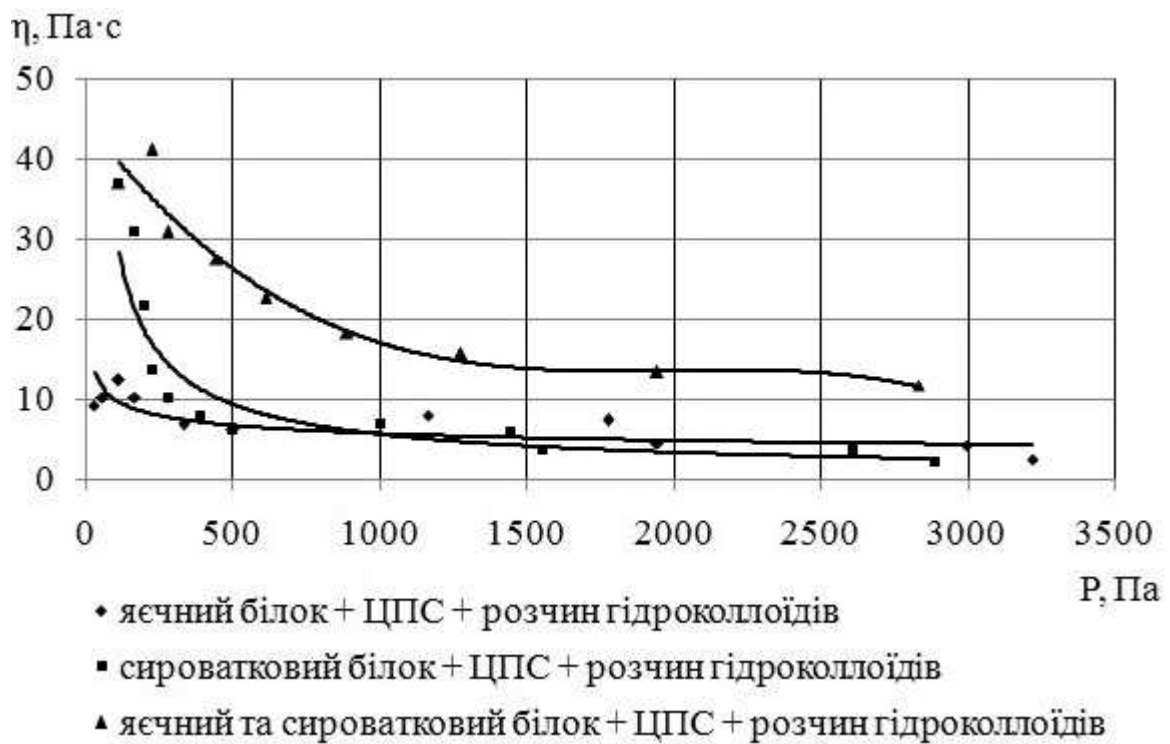


Рис. 10. Реологічні криві в'язкості білкових систем, з додаванням ЦПС та розчину гідрокolloїдів

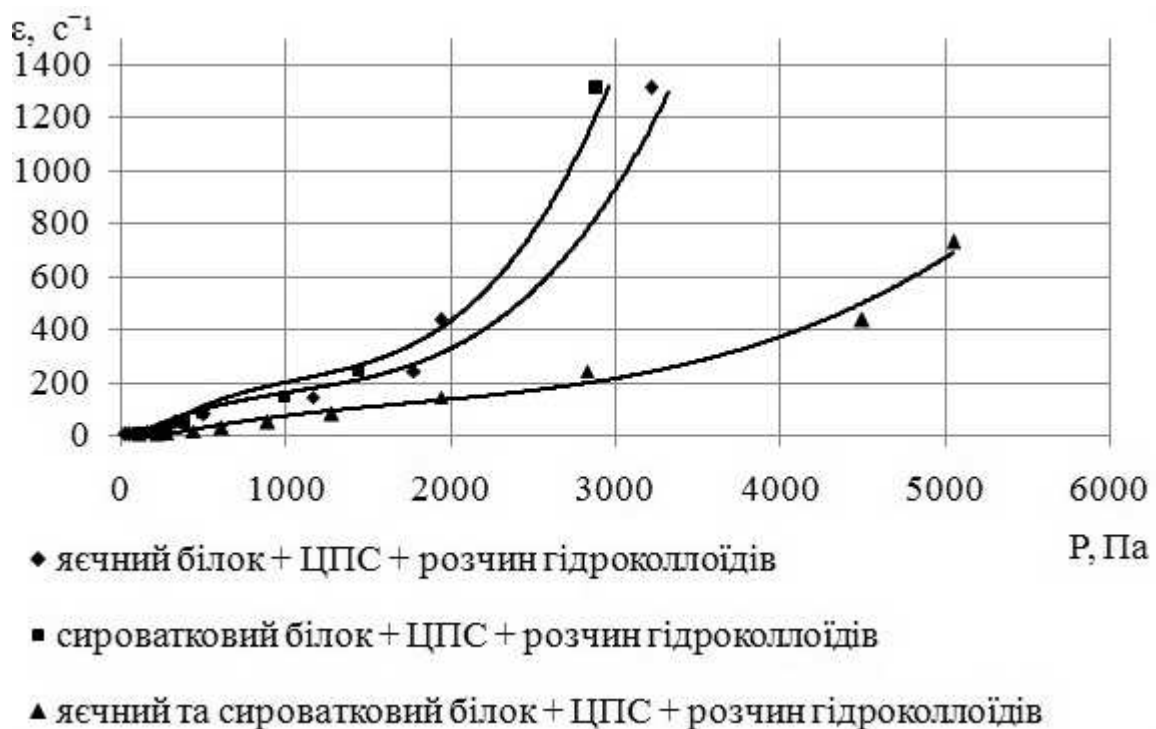


Рис. 11. Реологічні криві плинності білкових систем, з додаванням ЦПС та розчину гідрокolloїдів

Аналіз експериментальних даних показав, що отримані системи є структурованими і проявляють псевдопластичні властивості. Всі досліджені системи мають розвинену надмолекулярну структуру коагуляційного типу. Для всіх систем умовний статичний поріг текучості і $P_{k1} > 0$, тому вони належать до

тиксотропних структурованих систем з сильно розвиненою міцною надмолекулярною структурою.

Величина аномалії в'язкості ($\eta_0 - \eta_m$) показує, що системи належать до міцних коагуляційних структур.

На підставі досліджень реологічних характеристик систем був зроблений висновок, що додавання гідроколоїдів значно підвищує їх в'язкість та стабілізує структуру. Цілісність піни залежить від ступеня драглеутворення білкової плівки на межі розділу фаз, яка зумовлює достатню для стабілізації піни механічну міцність плівки.

З отриманих даних можна зробити висновок, що на початкових стадіях утворення міжфазного адсорбційного шару його міцність визначається головним чином згущенням маси на межі розділу рідких фаз, тобто процесами масопереносу макромолекул гідроколоїдів желатину, гуміарабіку та їх агрегатів. Стабілізуючу дію обумовлено структурно-реологічними властивостями (високою в'язкістю, пружністю, механічною міцністю) гелеобразних адсорбційних шарів.

З розчинів асоціатів желатину з гуміарабіком утворюються стійкі плівки при низьких концентраціях компонентів. Це пояснюється структурно-механічними особливостями стабілізуючих шарів, сформованих асоціатами желатин – гуміарабік, а також значним зниженням поверхневого натягу сумішей і вказує на високу стабілізуючу дію комбінації драглеутворювачів желатин – гуміарабік.

Поєднання гуміарабіка, який за хімічною будовою відноситься до класу глікопротеїнів, та желатину, який є білком, надають можливість отримати необхідну структуру цукерковій масі. Карбоксилат-іони гуміарабіку, взаємодіючи з зарядженими аміногрупами білків желатину стабілізують піноподібну структуру та впливають на адгезію цукеркової маси.

5. Апробація результатів

Розроблені зразки цукерок «Південий самоцвіт» та «Виноградна перлінка» з використанням сироваткових білків та комплексних сумішей гідроколоїдів желатин – гуміарабік були представлені на XIV дегустаційному конкурсі кондитерських виробів «Солодкий тріумф – 2013» у рамках спеціалізованої виставки SWEETS & BAKERY Ukraine 2013 і нагороджені дипломами за перемогу у номінації «Тріумф інновацій».

6. Висновки

Таким чином, сукупність наведених даних показує можливість подальшого вивчення та використання розглянутих біологічно активних сироваткових білків при створенні нового асортименту збивних цукеркових мас з оригінальною структурою.

З проведених досліджень можна зробити висновки, що додавання цукрово-глюкозного сиропу до білкових пін сприяє збільшенню піноутворення системи. Позитивний вплив цукрів на стабільність білкових пін пояснюється

збільшенням в'язкості об'ємної фази, що знижує темпи втрат рідини ламелами і підвищує стійкість систем.

Додавання комплексних сумішей желатин - гуміарабік завдяки зниженню поверхневого натягу і створення агрегативно-стійких прошарків дисперсійного середовища надають високу стабілізуючу дію, завдяки чому підтверджено можливість стабілізації властивостей багатокомпонентних дисперсних систем збивних цукеркових мас

У рамках розглянутої проблеми переробки білка дослідження електростатичні взаємодії білків і кислих полісахаридів, представляється необхідним насамперед у зв'язку із завданням отримання гомогенних стабільних систем, що містять білки, і регулювання властивостей багатокомпонентних харчових систем.

Література

1. Зубченко, А. В. Физико-химические основы технологии кондитерский изделий [Текст] / А. В. Зубченко. – Воронеж: Воронеж. гос. технол. акад., 2001. – 389 с.
2. Феннема, О. Р. Химия пищевых продуктов [Текст] / Ш. Дамодаран, К. Л. Паркин, О. Р. Феннема; пер. с англ. – СПб.: Профессия, 2012. – 1040 с.
3. Mulvihill, D. M. Production, functional properties and utilization of milk protein products [Текст] / D. M. Mulvihill // *Advanced Dairy Chemistry. 1. Proteins* – London: Elsevier Applied Science, 1992. - С. 369-404.
4. Mehra, R. Milk immunoglobulins for health promotion [Текст] / R. Mehra, P. Marnila, H. Korhonen // *Inter. Dairy J.* - 2006. - Vol. 16. - С. 1262-1271.
5. Остроумов, Л. А. Классификация функциональных компонентов и пищевых продуктов из молочной сыворотки, полученных мембранными методами [Текст] / Л. А. Остроумов, Г. Б. Гаврилов // *Здоровое питание – основа жизнедеятельности человека: Сборник материалов Межрегиональной научно-практической конференции* – Красноярск. – 2006. – С. 374–375.
6. Твердохлеб, Г. В. Химия и физика молока и молочных продуктов [Текст] / Г. В. Твердохлеб, Р. И. Раманаускас. – М.: ДеЛи принт, 2006. – 360 с.
7. Bostwick, E. E. Lactoglobulins. In: *Natural Food Antimicrobial Systems*: (ed. A.S. Naidu) [Текст] / E. E. Bostwick, J. M. Steijns, S. Braun // CRC Press; Boca Raton. - 2000. - С. 133-158.
8. Kraulis, P. MOLSCRIPT: a program to produce both detailed and schematic plots of protein structures [Текст] / P. Kraulis // *J. Appl. Crystallogr.*, 1991. - 24. - P. 946-950.
9. Bull, H. B. Thermal stability of proteins [Текст] / H. B. Bull, K. Breese // *Arch. Biochem. - Biophys.* - 1973. - 158. - С. 681-686.
10. Kinsella, J. E. Water sorption by proteins: milk and whey proteins [Текст] / J. E. Kinsella, P. F. Fox // *CRS Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* - 1986. - 24. - С. 91-139.
11. Kuntz, I. D. Hydration of proteins and polypeptides [Текст] / I. D. Kuntz, W. Kauzmann // *Adv. Protein Chem.* - 1974. - 28. - С. 239-345.
12. Гордиенко, Л. А. Разработка технологии молочных напитков с использованием концентраты сывороточных белков, полученного методом

ультрафильтрации [Текст] : дис. ... канд. тех. наук: 05.18.04 / Гордиенко Людмила Александровна. – Ставрополь, 2010. – 193 с.

13. Филлипс, Т. О. Справочник по гидроколлоидам [Текст] / Т. О. Филлипс, П. А. Вильямс. – СПб., 2006. – 536 с.

14. Аймесон, А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи [Текст] / А. Аймесон; пер. с англ. С. В. Макарова. – СПб.: Профессия, 2012. – 408 с.

15. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения [Текст] / В. К. Тихомиров – М.: Химия, 1983. – 264 с.

16. Кондратова, И. И. Оптимизация технологических режимов изготовления сбивных кондитерских масс [Текст] / И. И. Кондратова, С. Е. Томашевич // Пищевая промышленность: наука и технологии. – 2010. – №1 (7). – С. 38–45.

17. Богданов, Е. Мальтозные и глюкозо-фруктозные сиропы: функциональные возможности при производстве жележных кондитерских изделий [Текст] / Е. Богданов // Продукты & ингредиенты. – 2007. – № 9. – С. 16–17.

18. Кругляков, И. М. Пена и пенные пленки [Текст] / И. М. Кругляков, Д. Р. Ексерова. – М.: Химия, 1990. – 432 с.

References

1. Zubchenko, A. V. (2001). Physico-chemical fundamentals of pastry. Voronezh, Voronezh. Reg. tehnol. Acad., 389.

2. Fennema, O. R., Damodaran S., Parkin K. L. (2012). Food chemistry. St. Petersburg, Profession, 1040.

3. Mulvihill, D. M. (1992). Production, functional properties and utilization of milk protein products. *Advanced Dairy Chemistry, Elsevier Applied Science*, 369–404.

4. Mehra, R., Marnila, P., Korhonen, H. (2006). Milk immunoglobulins for health promotion. *Inter. Dairy J.*, 16, 1262–1271.

5. Ostroumov, L. A. (2006). Classification and functional food components from whey obtained membrane methods. *Healthy Eating – the basis of life: Collected materials scientific conference*, 374–375.

6. Tverdohleb, G. V. (2006). Chemistry and physics of milk and milk products. Moscow, DeLee print, 360.

7. Bostwick, E. E., Steijns, J. M., Braun, S. (2000). Lactoglobulins. In: *Natural Food Antimicrobial Systems*. CRC Press; Boca Raton, 133–158.

8. Kraulis, P. (1991). MOLSCRIPT: a program to produce both detailed and schematic plots of protein structures. *J. Appl. Crystallogr.*, 946–950.

9. Bull, H. B., Breese, K. (1973). Thermal stability of proteins. *Arch. Biochem. Biophys.*, 681–686.

10. Kinsella, J. E., Fox, P. F. (1986). Water sorption by proteins: milk and whey proteins. *CRS Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 91–139.

11. Kuntz, I. D., Kauzmann, W. (1974). Hydration of proteins and polypeptides. *Adv. Protein Chem.*, 239–345.

12. Gordienko, L. A. (2010). Development of technology for dairy beverages using whey protein concentrates obtained by ultrafiltration. *Stavropol*, 193.

13. Phillips, T. A. (2006). *Handbook of hydrocolloids*. St. Petersburg, 536.

14. Aymeson, A. (2012). Food thickeners, stabilizers, gelling agents. St. Petersburg, Profession, 408.

15. Tikhomirov, V. K. (1983). Foam. Theory and practice of their production and destruction. Moscow, USSR: Chemistry, 264.

16. Kondratova, I. I., Tomasevich, S. E. (2010). Optimization of technological modes of manufacturing aerated confectionery mass. Food Industry: Science and Technology, 1 (7), 38–45.

17. Bogdanov, E. (2007). Maltose and glucose-fructose syrups: functionality in the production of jelly products confectionery. Products & Ingredients, 9, 16–17.

18. Kruglyakov, I. M., Ekserova, D. R. (1990). Foam and foam films. Moscow, USSR: Chemistry, 432.

Статья посвящена исследованиям функционально-технологических свойств сывороточных белков, комбинированных смесей концентрата сывороточного белка и яичного белка, дополнительных структурообразователей желатина и гуммиарабика. Определено влияние комбинированных белковых и гидроколлоидных систем на формирование структурных свойств сбивных конфетных масс типа «мягких нугатинов» с повышенной агрегативной устойчивостью.

Представлены теоретические сведения о функционально-технологических свойствах белков и гидроколлоидов.

Рассмотрены технологические факторы, влияющие на пенообразование и стойкость пен. В статье приводятся экспериментальные данные влияния сахаров и гидроколлоидов желатина и гуммиарабика на структуру и свойства пен.

Анализируя эти данные, авторами сделаны выводы, что добавления сахарно-глюкозного сиропа к белковым пенам способствует увеличению пенообразования системы. Кроме того, положительное влияние сахаров объясняется увеличением вязкости объемной фазы, что снижает темпы потерь жидкости ламеллами и повышает стойкость систем.

Добавление комплексных смесей желатин – гуммиарабик благодаря снижению поверхностного натяжения и создания агрегативно-устойчивых прослоек дисперсионной среды оказывают высокое стабилизирующее действие. Благодаря таким закономерностям авторами подтверждена возможность стабилизации свойств многокомпонентных дисперсных систем сбивных конфетных масс

Приведенные в статье данные показывают возможность дальнейшего изучения свойств концентрата сывороточного белка. Использование комбинированных белковых и гидроколлоидных систем вызывает интерес при создании нового ассортимента сбивных конфетных масс с оригинальной структурой.

Ключевые слова: белок, яичный, сывороточный, стабилизация, гидроколлоиды, желатин, гуммиарабик, сбивные конфетные массы

ID ORCID C-8052-2014

Аспирант

Кафедра технологии хлебопекарных и кондитерских изделий

Национальный университет пищевых технологий

ул. Владимирская, 68, г. Киев, Украина, 01601

Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 15

Контактный тел.: (066) 419-77-73

E-mail: tk_88@ukr.net

Оболкина Вера Ильинична

ID ORCID C-8058-2014

Доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой

Кафедра хлебопекарного и кондитерского производств

Институт последипломного образования Национального университета пищевых технологий

ул. Эстонская, 8-а, г. Киев, Украина, 03190

Сведения о наличии печатных произведений в общегосударственных и международных базах данных: 185

Контактный тел.: (067) 859-07-20

E-mail: vobol@yandex.ru

Калинівська Тетяна Віталіївна

Аспірант

Кафедра технології хлібопекарських і кондитерських виробів

Національний університет харчових технологій

вул. Володимирська, 68 м. Київ, Україна, 01601

Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 15

Контактний тел.: (066) 419-77-73

E-пошта: tk_88@ukr.net

Оболкіна Віра Іллівна

Доктор технічних наук, професор, зав. кафедрою

Кафедра хлібопекарського та кондитерського виробництв

Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій

вул. Естонська, 8-а, м. Київ, Україна, 03190

Відомості про наявність друкованих творів у загальнодержавних та міжнародних базах даних: 185

Контактний тел.: (067) 859-07-20

E-mail: vobol@yandex.ru

Tatyana Kalinovskaya

graduate student

Department bakery and Confectionary Goods Technology

National University of Food Technologies

Volodymyrska 68, Kiev, Ukraine, 03190

For information about the availability of printed works in national and international databases: 15

Contact tel.: (066) 419-77-73

E-mail: tk_88@ukr.net

Vera Obolkina

Professor, the Head of the Department

Department bakery and Confectionary Goods Technology

Institute of Post-Diploma Training of the National University of Food Technologies

Estonska 8a, Kiev, Ukraine, 03190

For information about the availability of printed works in national and international databases: 185

Contact tel. (067) 859-07-20

E-mail: vobol@yandex.ru