

Дослідження впливу комплексних структуроутворювачів на формування піноподібних мас для цукерок з комбінованим корпусом

Оболкіна В. І., Каліновська Т.В., Кияниця С.Г.

Національний університет харчових технологій

Інститут післядипломної освіти

***Анотація.** У статті наведені результати досліджень впливу комплексної суміші сироваткового і яєчного білку, желатину, гуміарабіку на формування піноподібної структури цукеркової маси з підвищеною агрегативною стійкістю для цукерок з комбінованим корпусом, які формуються методом екструзії. Визначено піноутворювальні властивості, мікроструктуру пін, реологічні характеристики модельних систем збивних цукеркових мас з додаванням комплексних структуроутворювачів.*

***Ключові слова:** агрегативна стійкість, білок яєчний, білок сироватковий, гідроколоїди, гуміарабік, желатин, збивні маси, екструзія, комбінований корпус, комплексні структуроутворювачі, піноподібна структура, цукерки*

У внутрішньо груповому асортименті цукерок підвищеним попитом у споживачів користуються вироби з комбінованими корпусами. Комбінований корпус цукерок може складатися з поєднань однакових по структурі цукеркових мас, які відрізняються за кольором та смаком. Найбільшою популярністю у споживачів користуються цукерки, які складаються з різних за структурою мас, наприклад, збивної та желевної.

Основними технологічними процесами при виробництві цукерок з комбінованими корпусами є приготування цукеркових мас та формування корпусів. Способи формування залежать від структури цукеркової маси.

Найбільш розповсюдженими способами формування комбінованих корпусів цукерок є ко-екструзія і со-екструзія. Процес формування способом

ко-екструзії здійснюється шляхом видавлювання під тиском різних кондитерських мас через центральний канал та коаксіальний отвір навколо нього та профільовані формуючі матриці. При формуванні способом со-екструзії отримують пласт, який складається з двох або декількох різних за структурою мас. Основними вимогами при формуванні кондитерських мас методом екструзії є максимальне збереження певної структури напівфабрикатів, руйнування якої, може відбуватися під дією механічних навантажень [1, 2]. Слід зазначити, що збивні кондитерські маси є термодинамічно нестійкими системами, які здатні до швидкого руйнування під дією механічних навантажень. Тому, при створенні нового асортименту цукерок з комбінацією збивного та желейного шарів необхідно застосування комплексних структуроутворювачів для підвищення агрегативної стійкості цукеркових мас.

Збивні цукеркові маси являють піноподібну систему, яка складається дисперсійної фази – пухирців повітря та дисперсійного середовища. Дисперсійним середовищем є золь, який у процесі структуроутворення переходить у гель та навколо пухирців повітря утворюються плівки адсорбційних шарів з підвищеною пружністю та міцністю. Стійкість піни визначається механічними властивостями адсорбційних шарів, що утворюються на поверхні її пухирців і додають плівці піни високу структурну в'язкість та механічну міцність. Адсорбційні плівки, які утворюються на межі повітря – рідина, створюють умови, при яких з боку дисперсійного середовища виникають подвійні електричні або сольватні шари. При цьому, пухирці повітря знаходяться усередині подвійного шару орієнтованих молекул, які зумовлюють агрегативну стійкість піноподібних структур [3]. Таким чином, при створенні нових технологій цукеркових мас з піноподібної структурою доцільним є використання комбінації білково-полісахаридних комплексів, які будуть зумовлювати утворення на межі повітря – рідина з боку дисперсійного середовища подвійних електричних або сольватних шарів та структурованого гелевого прошарку з певними

реологічними властивостями. Регуляторами пружно-пластично-в'язких властивостей дисперсних систем можуть бути поверхнево-активні речовини і гідролоїди [4].

При виробництві цукерок в якості піноутворювачів найчастіше використовуються яєчні білки. З метою поліпшення структурних властивостей піноподібних структур та підвищення харчової цінності виробів доцільно застосування, в якості нетрадиційного піноутворювача, сироваткового білку. Сироваткові білки є біополімерами складної будови і за просторовою структурою пептидних ланцюгів належать до глобулярних білків. Основним білковим компонентом молочної сироватки є β -лактоглобулін (β -лг), який є джерелом гіпотензивних, антиоксидантних та імуномодулюючих пептидів. 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. 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. Білки найбільш стійки до денатурації в ізоелектричній точці, яка для сироваткового білка становить - 5,2.

Для формування структурованого гелевого прошарку навколо пухирців повітря використовують різні гідролоїди – агар, карагенан, пектин, модифіковані крохмалі, желатин.

За кордоном для стабілізації піноподібних структур застосовують камедь акації – гуміарабик. Гуміарабик являє собою дуже розгалужений високомолекулярний полісахарид арабіногалактан. За хімічною будовою гуміарабик відноситься до класу глікопротеїнів. Арабіногалактан, з'єднаний з білковим каркасом утворює AG 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. З літературних джерел відомо, що гуміарабик має підвищену гідратаційну здатність та пребіотичні властивості [5].

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

Останнім часом серед цукерок зі збивними корпусами спостерігається зростання популярності «нугатинів» («nougatines»). Європейськими компаніями виробляється сучасне обладнання з безперервним приготування аерованої маси і формуванні її на валкових екструдерах з подальшим різанням на корпуси. Технологія «нугатинів» передбачає збивання піноутворювача з цукрово-глюкозним сиропом і гідроколоїдами, зокрема, з гуміарабіком або желатином, і для кожної компанії спосіб виробництва цукерок є «know-how» [6].

Метою досліджень було визначення впливу комплексної суміші сироваткового і яєчного білку, желатину, гуміарабіку на формування піноподібної структури цукеркової маси для цукерок з комбінованим корпусом, які формуються методом екструзії.

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

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

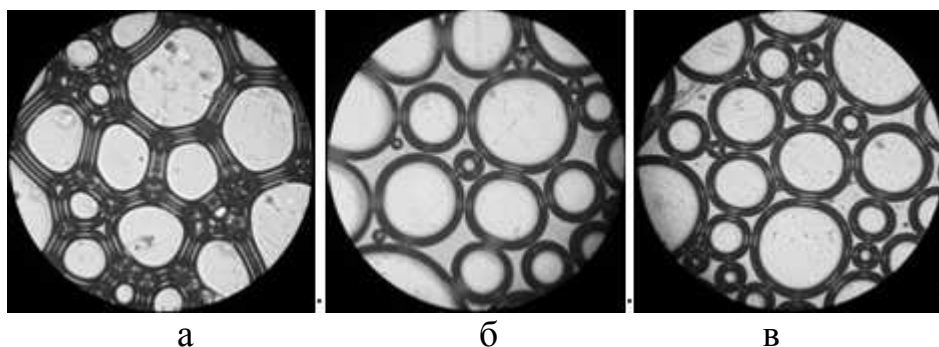


Рис. 1. Мікроструктура пін: а – яєчного білка; б – сироваткового білка; в – суміші яєчного и сироваткового білків 50/50

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 піни. Ці канали складаються з двох адсорбційних шарів молекул ПАР і прошарків розчину [7].

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.

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. 2.

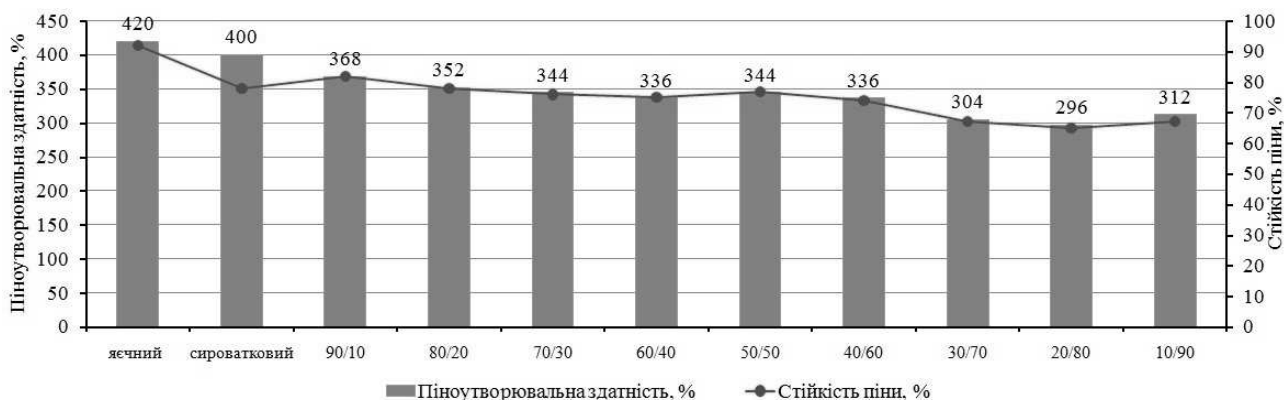


Рис. 2. Піноутворювальна здатність та стійкість пін комбінацій яєчного та сироваткового білків

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 рівному співвідношенні. Показники ПУЗ суміші білків склали 344 %, а стійкість піни через годину вистоювання – 77 %.

При створенні нових технологій цукеркових мас з піноподібною структурою, доречним є використання комбінації поверхнево-активних речовин та гідроколоїдів. З цією метою використовували поєднання желатину та гуміарабіку. Попередньо проведеними дослідженнями встановлено, що рекомендованою кількістю гідроколоїдів які утворюють змішані драгли є 1,0 % гуміарабіку та 1,0 % желатину. Результати впливу гідроколоїдів на процес піноутворення і стійкість пін і наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Вплив желатину 220 Bloom та гуміарабіку INSTANTGUM на піноутворювальну здатність білків

Найменування зразків	pH системи	ПУЗ, %	Стійкість піни, %	Густина розчину, кг/м ³
Яєчний білок	7,1	420,0	92,0	200,0
Сироватковий білок	6,8	400,0	78,0	205,0
Яєчний білок + сироватковий білок	7,08	344,0	77,0	208,0
Яєчний білок + розчин желатину	6,98	400,0	98,0	174,0
Яєчний білок + розчин гуміарабіку	7,4	400,0	96,0	148,0
Яєчний білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,7	450,0	99,0	224,0
Сироватковий білок + розчин желатину	6,8	420,0	96,0	194,0
Сироватковий білок + розчин гуміарабіку	6,6	420,0	92,0	162,0
Сироватковий білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,34	480,0	98,0	228,0
Яєчний білок + сироватковий білок + розчин желатину	7,0	450,0	98,0	224,0
Яєчний білок + сироватковий білок + розчин гуміарабіку	6,8	450,0	96,0	174,0
Яєчний білок + сироватковий білок + розчин желатин : гуміарабік 1:1	6,5	470,0	99,0	290,0

Найбільша піноутворювальна здатність при використанні суміші стабілізуючих речовин (желатин + гуміараб'як), можливо, пояснюється збільшенням масової частки білка в суміші та розгалуженням молекул полісахариду. Таким чином, завдяки підвищеним піно- та драглеутворювальним властивостям комплексу суміш желатин : гуміараб'як варто застосовувати для стабілізації збивної цукеркової маси.

Дослідження мікроструктури білкових систем з додаванням розчинів гуміараб'яку, желатина та їх суміші наведено на рис. 3.

Аналіз мікроструктур показав, що під час збивання білків з розчином гуміараб'яку и желатину утворюється піноподібна структура з сферичними пухирцями повітря.

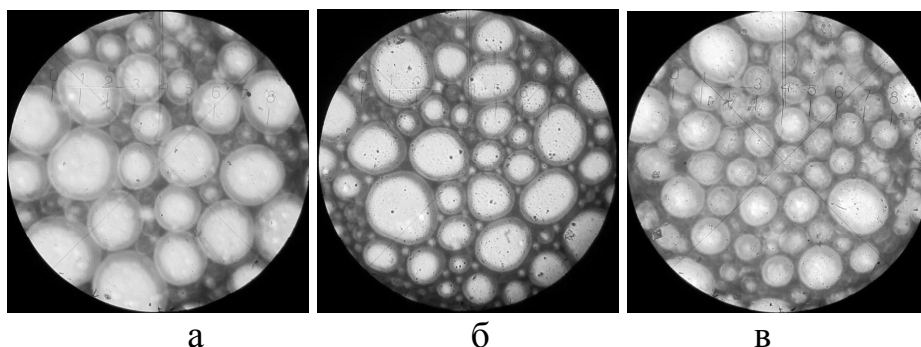


Рис. 3. Мікроструктура пін з додаванням гідроколоїдів: а – яєчний білок + гуміараб'як + желатин; б – сироватковий білок + гуміараб'як + желатин; в – суміш яєчного і сироваткового білку + гуміараб'як + желатин

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, проводилися на ротаційному віскозиметрі «Reotest-2». За експериментальними дослідженнями будували реологічні криві в'язкості та плинності систем. Плинність збивних цукеркових мас описується степеневою моделлю Оствальда-де-Віля [8].

Після обробки експериментальних даних були побудовані логарифмічні криві течії граничної напруги зсуву від швидкості зсуву ($\lg \tau -$

$Ig\gamma$) для зразків цукеркових мас, які з достатньою точністю апроксимуються прямими, які наведені на рис. 4.

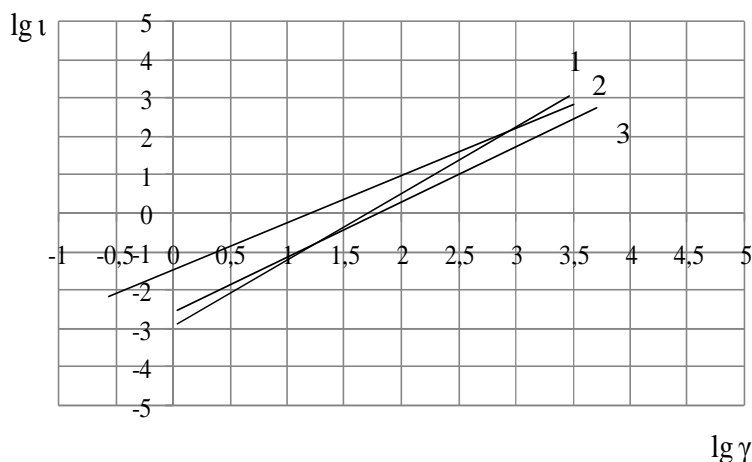


Рис. 4. Залежність $Ig\tau - Igy$ для збивних цукеркових мас з додаванням комплексних сумішей желатин : гуміарабік: 1 – цукеркова маса на яєчному білку (контроль), 2 – цукеркова маса на сироватковому білку, 3 – цукеркова маса на суміші яєчного та сироваткового білку

За результатами експериментальних даних були отримані математичні залежності граничної напруги зсуву досліджуваних цукеркових мас від співвідношення рецептурних компонентів. Константи отриманих даних та математичні залежності структурно-механічних властивостей збивних цукеркових мас наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Константи рівняння течії та математичні залежності структурно-механічних властивостей збивних цукеркових мас з додаванням комплексних сумішей желатин – гуміарабік

Зразок цукеркової маси	Коефіцієнт консистенції $K, Pa\ c^n$	Індекс течії n	Математичне рівняння	Коефіцієнт кореляції
Цукеркова маса на яєчному білку (контроль)	0,12	0,41	$y=0,001x^{1,737}$	0,97
Цукеркова маса на сироватковому білку	0,18	0,47	$y=0,034x^{1,233}$	0,98
Цукеркова маса на суміші яєчного та сироваткового білку	0,14	0,47	$y=0,002x^{1,439}$	0,99

Аналіз реологічних характеристик систем показав, що додавання комплексних структуроутворювачів значно стабілізує пінну структуру. 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. Таким чином, в білково-полісахаридних комплексах залежно від параметрів середовища можливо змінювати стан системи, формувати комплекси різної структури. Все це дає можливість створення збивних цукеркових мас з підвищеною агрегативною стійкістю для комбінованого корпусу цукерок.

На підставі проведених досліджень були розроблені зразки цукерок «Південий самоцвіт» та «Виноградна перлинка» з використанням сироваткових білків та комплексних сумішей гідроколоїдів желатин – гуміарабік, які 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».

Література:

1. Машины и аппараты пищевых производств: в 2 кн.: [учеб для вузов] / [С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков, и др.]; под ред. В. А. Панфилова. — М.: Высш. шк., 2001. —Т 2. — 680 с.
2. Лебедева, Л. Н. Производство кондитерських изделий на предприятиях и в цехах малой мощности: [учебное пособие] / Лебедева Л. Н., Дудко С. Д., Оболкина В. И. — К.: Инкос, 2010. — 312 с.
3. Мак Кенна, Б.М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы / Б.М. Мак Кенна; — пер. с англ. Ю.Г. Базарновой. — СПб.: Профессия, 2008. — 480 с.

4. Аймесон, А. Пищевые загустители, стабилизаторы, гелеобразователи / А. Аймесон; пер. с англ. С.В. Макарова. — СПб.: Профессия, 2012. — 408 с.
5. Филлипс, Т. О. Справочник по гидроколлоидам. / Т. О. Филлипс, П. А. Вильямс. — СПб.: 2006. — 536с.
6. Минифай, Б. У. Шоколад, конфеты, карамель и другие кондитерские изделия / Б. У. Минифай; пер. с англ. Т.В. Савенковой. — СПб.: Профессия. 2008. — 816 с
7. Феннема, О. Р. Химия пищевых продуктов / Ш. Дамодаран, К. Л. Паркин, О. Р. Феннема; пер. с англ. — СПб.: Профессия, 2012. — 1040 с.
8. Муратова Е. И. Реология кондитерских масс: монография / Е. И. Муратова, П. М. Смолихина. – Тамбов: ФГБОУ ВПО ТГТУ, 2013. – 188 с.