

УДК 664.685.6

Камбулова Юлія Вікторівна

кандидат технічних наук, доцент кафедри
технології хлібопекарських і кондитерських виробів
Національний університет харчових технологій

Соколовська Ірина Олександрівна

кандидат технічних наук, асистент кафедри
технології хлібопекарських і кондитерських виробів
Національний університет харчових технологій

Камбулова Юлия Викторовна

кандидат технических наук, доцент кафедры
технологии хлебопекарных и кондитерских изделий
Национальный университет пищевых технологий

Соколовская Ирина Александровна

кандидат технических наук, ассистент кафедры
технологии хлебопекарных и кондитерских изделий
Национальный университет пищевых технологий

Kambulova Julya

Candidate of engineering science, associate professor
National University of Food Technologies

Sokolovska Iryna

Candidate of engineering science, assistant
National University of Food Technologies

**ВИВЧЕННЯ СОРБЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У БІЛКОВИХ КРЕМАХ
ЗНИЖЕНОЇ ЦУКРОМІСТКОСТІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ**

ИЗУЧЕНИЕ СОРБЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В БЕЛКОВЫХ КРЕМАХ ПОНИЖЕННОЙ САХАРОВМЕСТИМОСТИ ВО ВРЕМЯ ХРАНЕНИЯ STUDYING THE SORPTION PROCESSES IN SUGAR REDUCED EGG- WHITE CREAMS DURING STORAGE

Анотація. Одним з рішень питання надмірного споживання цукру запропоновано зниження його концентрації у виробництві білкових кремів для тортів та тістечок. В статті приведені результати досліджень сорбційних процесів, які протікають у білкових пінах та кремах зниженої цукромісткості протягом зберігання. Встановлено, що внесення комплексу структуроутворювачів підвищують сорбційну здатність білкових пін, а отримані креми не показують принципових відмінностей у вологобміні у порівнянні із традиційним кремом.

Ключові слова: білковий крем, знижена цукромісткість, комплекс структуроутворювачів, зберігання, сорбційні процеси.

Аннотация. Одним из решений вопроса излишнего употребления сахара предложено снижение его концентрации в производстве белковых кремов для тортов и пирожных. В статье приведены результаты исследований сорбционных процессов, которые протекают в белковых пенах и кремах пониженной сахаровместимости в течении хранения. Установлено, что внесения комплекса структурообразователей повышают сорбционную способность белковых пен, а полученные крема не показывают принципиальных отличий во влагообмене в сравнении с традиционным кремом.

Ключевые слова: белковый крем, пониженная сахаровместимость, комплекс структурообразователей, хранение, сорбционные процессы.

Resume. One of the solutions of excessive use of sugar problem suggested a decrease in its concentration in the manufacture of egg-white creams for cakes and pastries. Article shows the research results of sorption processes that occur in the egg-white foams and sugar reduced creams during storage. It was found that the introduction of complex of structurants increase the sorption capacity of egg-white

foams. The resulting creams do not show fundamental differences in moisture exchange in comparison with traditional cream.

Key words: egg-white cream, sugar reduced, complex of structurants, storage, sorption processes.

Останніми роками дуже гостро стоїть питання контролю над споживанням цукру населенням [1]. Велика концентрація цукру в раціоні харчування може призводити до таких хвороб як цукровий діабет чи ожиріння.

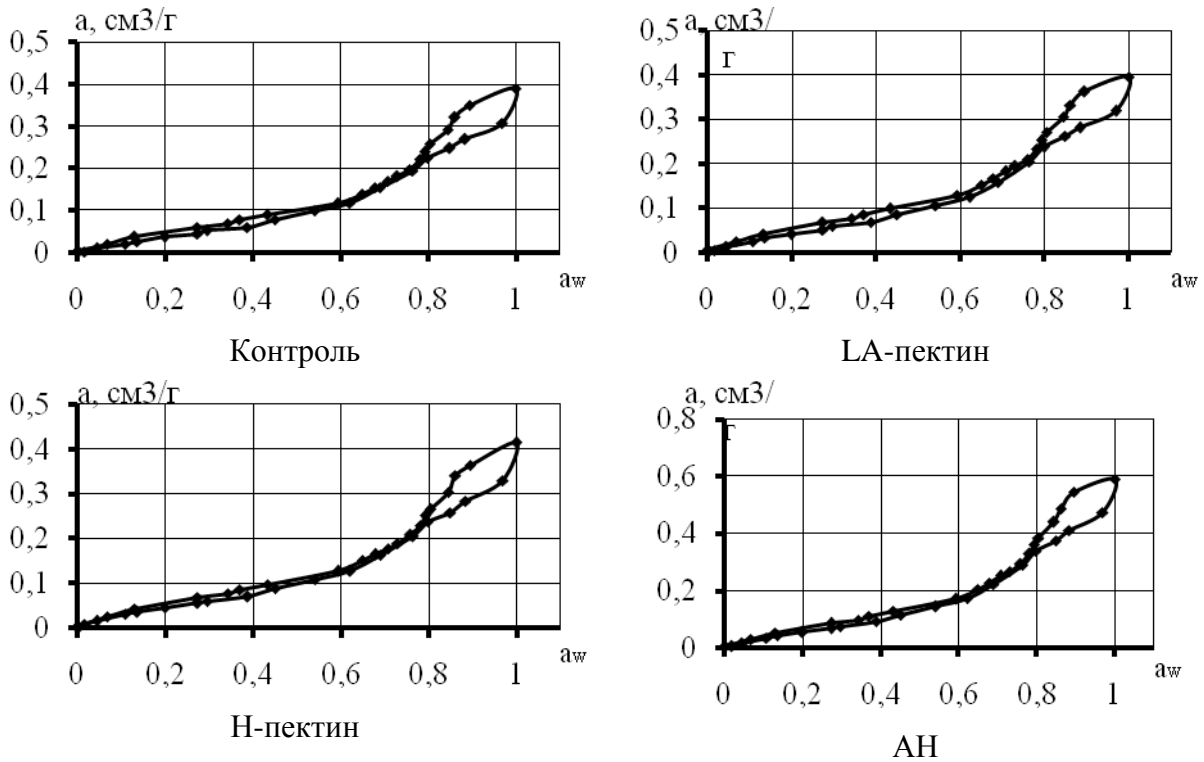
Дуже популярними серед населення різних країн є борошняні кондитерські вироби (особливо торти та тістечка). Оздоблювальні напівфабрикати для тортів та тістечок містять значну кількість цукру білого кристалічного (ЦБК). Найбільша концентрація цукру серед оздоблювальних напівфабрикатів міститься в білкових кремах (БК), який забезпечує міцність і стабільність пінної системи, запобігає швидкому розвитку мікроорганізмів, однак забезпечує високу калорійність і надмірно солодкий присмак кремам.

Враховуючи світові тенденції до зниження цукромісткості у виробах [2] запропоновано знизити концентрацію цукру білого кристалічного, а якісні показники забезпечити внесенням до складу кремів структуроутворювачів. Результати досліджень мікробіологічних, фізико-хімічних, органолептичних показників кремів показали можливість зниження концентрації цукру на 25% [3, С. 113-116; 4].

Однак, під час зберігання виробів обов'язково спостерігаються процеси, пов'язані з їх вологообміном в оточуючому середовищі. Відбувається або поглинання води продуктом із повітря (сорбція) або, навпаки, її виділення із продукту (десорбція) [5, С. 5-32]. Тобто, намагаючись досягти рівноважної вологості, вироби здатні зволожуватись або усихати, що необхідно враховувати при виборі способу пакування й пакувальних матеріалів [6, С. 118-128].

З наукової точки зору, цікавими будуть дослідження, які визначають вплив пектину й альгінату натрію (АН) на адсорбційні властивості зразків пін, а також характер їх змін в процесі зменшення концентрації цукру білого кристалічного.

Звичайно, на цей процес впливатимуть багато факторів, проте визначальним, на нашу думку, є хімічний склад зразка. На першому етапі встановлювали вплив полісахаридів на поведінку білкових кремів (БК) під час зберігання. Вивчено сорбційні властивості пін яєчного білка (ЯБ) з пектином, альгінатом натрію та їх комплексами. Піни готували збиванням яєчного білка відновленого протягом 10 хв за температури 20 ± 2 °С. Графіки ізотерм сорбції парів води зразками пін яєчного білка наведені на рис. 1.



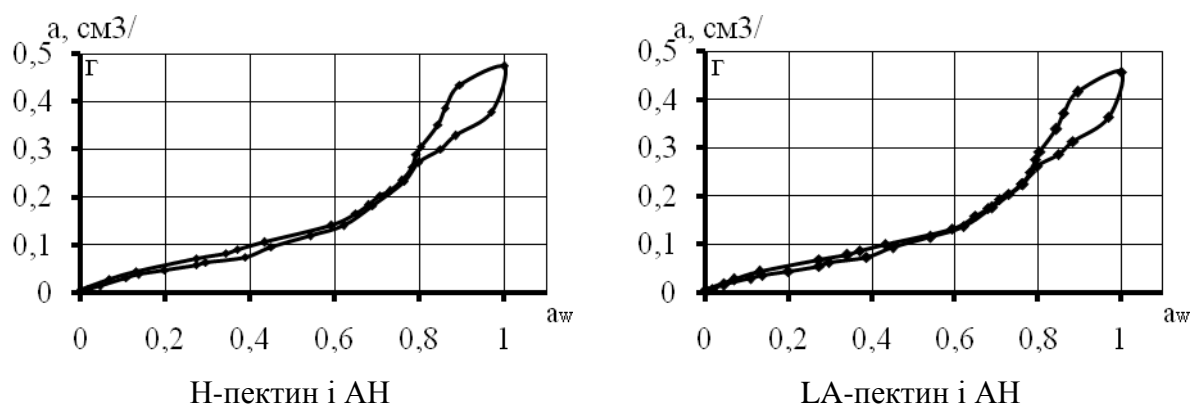


Рисунок 1 – Ізотерми сорбції-десорбції білкових пін (складено автором на основі проведених досліджень)

Ізотерми сорбції для всіх зразків мають ідентичний характер. В інтервалі $a_w=0 - 0,8$ криві сорбції і десорбції розташовані поблизу одна одної, а в інтервалі $a_w = 0,8 - 1,0$ спостерігається петля гістерезису. Петля гістерезису свідчить, що під час сорбції в даному періоді відбувався псевдофазовий перехід, пов'язаний із зміненням структури піни. Також помітна різниця у висоті ізотерм, яка залежить від кількості адсорбованої вологи. Так, ізотерми зразків пін яєчного білка з Н-пектином, LA-пектином наближаються до ізотерми контрольного зразка, а ізотерми з комплексами Н-пектин і АН та LA-пектин і АН ідентичні між собою.

Для характеристики кількості води, що адсорбована зразками, ізотерми сорбції було поділено на три зони: I – низького вологовмісту, що відповідає мономолекулярній адсорбції, II – середнього вологовмісту або полімолекулярної адсорбції, III – високого вологовмісту або капілярної адсорбції.

Аналіз даних показує, що всі зразки пін починають проявляти сорбційні властивості у першій зоні. Кількість адсорбованої вологи незначна й за $a_w=0,25$ коливається в межах 4,3 – 5,2 %. Суттєве збільшення значень поглинутої вологи відмічено у II і III зонах, тобто зонах полімолекулярної та капілярної адсорбції. Додавання гідроколоїдів дещо збільшує сорбційну здатність пін відносно контрольного зразка, що пов'язано з їх здатністю поглинати вологу. Серед дослідних полісахаридів

найбільшу кількість адсорбованої вологи має зразок пін з АН, який володіє чисельною кількістю гідрофільних груп і, відповідно, більшими ступенем набухання й розчинністю порівняно із пектином [7, 8]. Тому, присутність його у комплексах із пектином підвищує адсорбційну здатність останнього.

Це підтверджується залежностями, отриманими при розрахунку сорбційного об'єму пор в зразках, результати визначення якого представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Структурні характеристики зразків білкових пін знятих з парів води (складено автором на основі проведених досліджень)

№ з\п	Характеристика зразка	Сорбційний об'єм пор, см ³ /г	Діаметр пор, м*10 ⁻⁷
1.	Контроль - ЯБ	0,40	81
2.	ЯБ+ Н-пектин	0,41	85
3.	ЯБ+ LA-пектин	0,39	76
4.	ЯБ+АН	0,59	60
5.	ЯБ+ Н-пектин і АН	0,47	81
6.	ЯБ+ LA-пектин і АН	0,46	89

Дані свідчать, що АН має найбільший показник сорбційного об'єму пор пін – 0,59 см³/г, він збільшує цей показник у LA-пектину з 0,39 до 0,46 та у Н-пектину з 0,41 до 0,47 см³/г.

Пори всіх зразків мають приблизно однаковий радіус, в межах 0,60-0,89 × 10⁻¹⁰ м і їх розподіл за розмірами також приблизно однаковий. Найбільшу частку складають пори дрібні, найменшу – середні; проте найбільша їх кількість - у зразка з АН, тобто його структура більш пориста, порівняно з пектином, що сприятиме сорбційним властивостям.

Таким чином встановлено, що додавання структуроутворювачів здатне підвищувати сорбційну здатність пін ячного білка, в більшому ступеню – внесенням АН. Під впливом комплексної дії гідроколоїдів вологообмін пін підвищується незначною мірою.

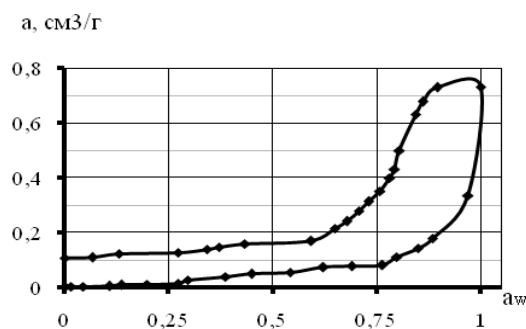
Із аналогічними закономірностями змінюється кількість адсорбованої вологи в процесі десорбції. Кількість води, що залишається у зразках за різними зонами найбільша при додаванні АН, відповідним чином в зразках

із комплексами полісахаридів показники дещо перевищують контрольний зразок піни й зразки з пектином.

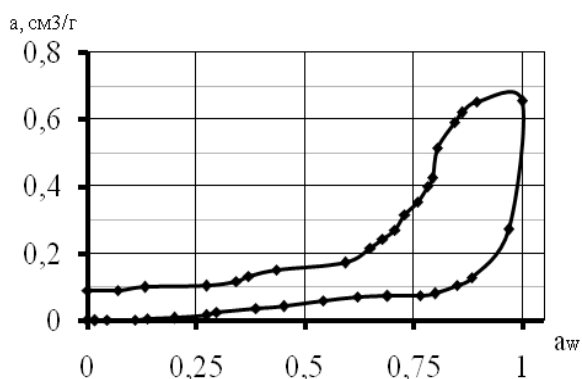
Вагомим рецептурним компонентом є цукор білий кристалічний, який буде здійснювати суттєвий вплив на адсорбційні властивості пінних систем. З метою встановлення впливу цукру білого кристалічного на стан пін яєчного білка із комплексами полісахаридів вивчено закономірності процесів сорбції - десорбції. У дослідженнях використані наступні зразки:

- 1) білково-цукрова піна із співвідношенням 1:2 – контроль;
- 2) білково-цукрова піна із співвідношенням 1:2 і комплексом Н-пектин і АН;
- 3) білково-цукрова піна із співвідношенням 1:2 і комплексом LA-пектин і АН;
- 4) білково-цукрова піна із зменшеною кількістю цукру на 25 % і комплексом Н-пектин і АН;
- 5) білково-цукрова піна із зменшеною кількістю цукру на 25 % і комплексом LA-пектин і АН.

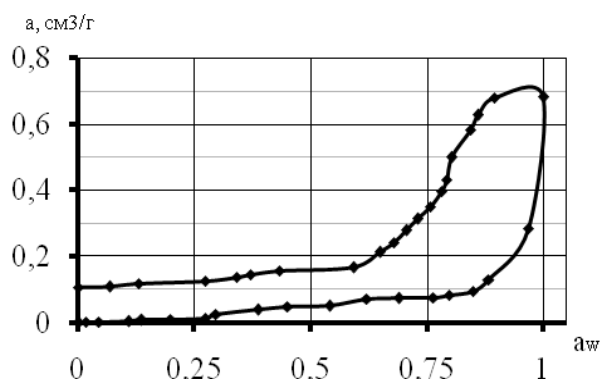
Піни отримували збиванням яєчного білку з цукром білим кристалічним і полісахаридами за оптимального часу їх введення протягом 10 хв за температури $20 \pm 2^\circ\text{C}$. Графіки адсорбції парів води представлені на рисунку 2.



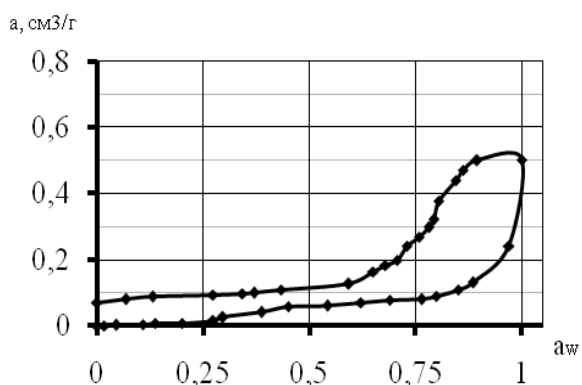
БК-Контроль



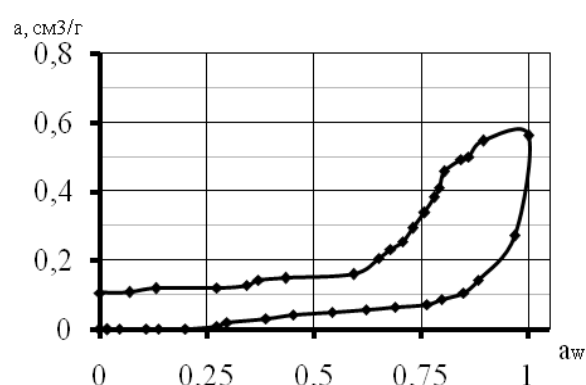
БК Н-пектин і АН+100% ЦБК



БК LA-пектин і АН+100% ЦБК



БК Н-пектин і АН



БК LA-пектин і АН

Рисунок 2 – Ізотерми сорбції-десорбції білково-цукрових пін (складено автором на основі проведених досліджень)

На відміну від зразків пін без цукру (рис. 1), дослідні ізотерми мають набагато більшу петлю гістерезису, що виникла завдяки високим гігроскопічним властивостям останнього. Внаслідок додавання цукру система додатково володіє численними гідрофільними групами, і збільшується насичення зразків водою під час сорбції, відбувається їх розмокання і, навіть, часткове розчинення.

Також видимим є те, що після десорбції за повного зняття тиску в присутності цукру в зразках наявна залишкова частина вологи, обумовлена міцними зв'язками води зі складовими пін внаслідок хімічної взаємодії. Ізотерми всіх зразків мають ідентичний характер, тобто процеси взаємодії з водою відбувались без особливих відмінностей.

Як і в зразках пін без ЦБК, сорбція парів води пінами починається в зоні мономолекулярного шару, але значення адсорбованої вологи набагато менші, що говорить про більш міцну структуру пін із цукром і насиченість хімічних зв'язків. Аналогічна поведінка зразків характерна й для зони полімолекулярного шару: за $a_w=0,75$ кількість адсорбованої вологи зразками невелика та знаходиться в межах 7,1-8,2 % (на відміну від пін без цукру 19,3 – 28,9 %). І лише в зоні капілярної вологи відбувається стрімке насичення зразків вологою, внаслідок чого піни змінюють агрегатний стан.

Під час зберігання за відносної вологи повітря 75% або за $a_w=0,75$ зразки білково-цукрових пін будуть дуже повільно видаляти воду, тобто усихати, що пов'язано із намаганням досягти ними рівноважної вологості. Маючи масову частку вологи 30-33 % зразки будуть намагатись зменшити її до 9,6 – 12,5 %, тобто до кількості адсорбованої вологи за цих умов.

Відповідним чином із зменшенням кількості цукру знижується сорбційний об'єм зразків та середній діаметр їх пор, результати досліджень знятих з парів води представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Структурні характеристики зразків білково-цукрових пін знятих з парів води (складено автором на основі проведених досліджень)

Характеристика зразка	Сорбційний об'єм пор, $\text{cm}^3/\text{г}$	Діаметр пор, $\text{m} \cdot 10^{-7}$
Контроль	0,68	379
+ LA-пектин і АН	0,65	356
+ Н-пектин і АН	0,68	257
+ LA-пектин і АН-25% ЦБК	0,56	241
+ Н-пектин і АН-25% ЦБК	0,50	245

Зменшення рецептурної кількості цукру знижує сорбційну здатність пін. Кількість адсорбованої вологи в зразках також найменша, але значення несуттєво відрізняються від значень контрольного зразка.

Таким чином, зниження концентрації цукру в рецептурі білкового крему дещо знижує сорбційні властивості пінної системи, принципово не змінюючи характер й закономірності процесів поглинання й утримування

води зразками пін з гідроколоїдами. Додавання комплексів полісахаридів уповільнює процес втрати вологи пінами. Показники адсорбованої вологи залишаються на рівні контрольного зразка, що дозволяє говорити про ідентичну поведінку дослідних зразків в процесі зберігання.

Підсумовуючи дослідження, проведені для визначення стану води в білкових кремах і поведінки її під час зберігання, необхідно зробити акцент на наступному. Гелеві системи, які утворюються у дисперсійному середовищі білкової піни з комплексами полісахаридів, мають більш міцну сітку, ніж монокомпонентні системи, ймовірно за рахунок додаткових водневих зв'язків, які виникають між пектином і альгінатом натрію. Така структура здатна забезпечити міцне утримування води, що стабілізує піну, навіть при зниженні цукромісткості кремів на 25%. За рахунок підвищення зв'язаної води зменшується її активність, що запобігає активному розвитку мікроорганізмів. У процесі зберігання сорбційно-десорбційні процеси білкових пін із зниженою цукромісткістю не мають принципових відмінностей від традиційних виробів, тобто режими, умови, параметри зберігання й транспортування залишаються без змін.

Літературні джерела

1. Watson E. Confused about added sugar? FDA issues draft guidance on Nutrition Facts changes Режим доступу URL: <http://www.foodnavigator-usa.com/Regulation/FDA-issues-draft-guidance-on-Nutrition-Facts-added-sugar>
2. Sugar reduction: Our commitment: Reduce sugars in our products, Nestle report Режим доступу URL: <http://www.nestle.com/csv/nutrition/sugar-reduction>
3. Камбулова, Ю.В. Вивчення впливу комплексів структуроутворювачів на процес піноутворення яєчного білка /Ю.В. Камбулова, І.О.

Соколовська // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – К.: НУХТ. –Вип.50. – 2013. – С. 113-116.

4. Камбулова, Ю.В. Влияние комплексов пектина и альгината натрия на структурообразование белковых кремов / Ю.В. Камбулова, И.А. Соколовская // *Universum: Технические науки : электрон. научн. журн.* 2014. № 9 (10) . URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/1613>.
5. Практикум по коллоидной химии Часть 1. «Поверхностные явления» / Савицкая Т.А., Шиманович М.П. // Минск, 2003. — 113 с.
6. Al Muhtaseb, A. H. Moisture sorption isotherm characteristics of food products: a review / Al Muhtaseb A. H., Mc Minn W. A. M, Magee T. R. A. // *Transaction of the Institution of Chemical Engineers*, 2002. — №80. — P. 118-128.
7. Davydovich-Pinhas M. A quantitative analysis of alginate swelling / M. Davydovich-Pinhas, H. Bianco-Pelled. – Режим доступу URL: [http://www.ildesal.org.il/pdf/Professors/Havazelet Bianco-Peled/23.pdf](http://www.ildesal.org.il/pdf/Professors/Havazelet_Bianco-Peled/23.pdf)
8. Akhgari A. Evaluation of the swelling, erosion and drug release from polysaccharide matrix tablets based on pectin and inulin / A. Akhgari, M.R. Abbaspour, S. Rezaee, A. Kuchak – Режим доступу URL: http://jjnpp.com/?page=article&article_id=2676