

Filippova M.V., Tereschenko M.F., Voloshyn O.P., Yekimov I.D.  
National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»

## INFLUENCE OF SHORT-TERM ISCHEMIA ON THE TEMPERATURE OF THE FEET AND THEIR COLORS OF THEIR IMAGE ON THE SCREEN OF THERMOGRAPHIC CAMERA

### Summary

In this article, the new methodology of diagnosis of lower limbs with thermographic camera under the influence of artificially induced ischemia is examined. It is achieved by applying cuff on the femoral artery. It is established that in the process of creation of short-term ischemia, the maximum temperature sharply declined and eventually slowly grew, but increase of the blue zone continued from the ends of the toes to the foot. Removing ischemia contributes to hyperthermia of the body and return to the original screen image. It can be concluded on a high resistance to hypoxia.

**Keywords:** ischemia, infrared thermography, thermographic camera, temperature, hypothermia.

УДК 378.1:331.5.312

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ МІКРОБНОГО ПОЛІСАХАРИДУ КСАМПАМУ З БІЛКАМИ ЯЙЦЯ

Черевична Н.І., Шевченко О.Є., Віннікова В.О.

Харківський державний університет харчування та торгівлі

Розглянуто питання використання мікробного полісахариду ксампану як піноутворювача і стабілізатора кондитерських пінних мас. Наведено механізм утворення стабільної піни за рахунок додавання поверхнево-активних речовин (ПАР). Досліджено механізм взаємодії біополімеру ксампану з білками яєць шляхом визначення їх молекулярно-масових характеристик. Показано природу структурних змін простих білків яйця овальбуміну і овоглобуліну в присутності мікробного полісахариду ксампану за утворення білково-полісахаридних комплексів. Доведено доцільність використання ксампану в технології бісквітного тіста.

**Ключові слова:** біополімер, ксампан, піна, овальбумін, овоглобулін

**Постановка проблеми.** Полісахариди – найпоширеніші на Землі біополімери. Вони різноманітні за складом і фізико-хімічними властивостями. Ці речовини володіють високою молекулярною масою, важко розчинні у воді або утворюють в'язкі колоїдні розчини. Розрізняють фітополісахариди (крохмаль, целюлоза та її похідні, геміцелюлоза, фруктозани, пектинові речовини, рослинні камеді, полісахариди водоростей та інші), зоополісахариди (глікоген, хітин, мукополісахариди сполучних тканин тощо), полісахариди мікроорганізмів (резервні внутрішньоклітинні, клітинні стінки, позаклітинні).

В останні роки бурхливий розвиток біотехнології дозволив створити полісахариди мікробного походження, що володіють унікальними властивостями і використовуються в різних галузях народного господарства.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** За даними фірми Kelco Division Merk and Co. Inc. (США), у відповідності з функціональними властивостями, мікробні полісахариди застосовуються в якості: стабілізаторів, суспендуючих агентів, диспергентів, загусників, плівкоутворювачів, водоутримуючих агентів, коагулянтів, колоїдів тощо. Це говорить про те, що бактеріальні полісахариди за своїми властивостями успішно конкурують з рослинними і синтетичними полісахаридами, знаходять широке застосування у харчовій промисловості. Деякі з них використовуються під час виготовлення драгелі-, піно- та желеподібних виробів.

Серед мікробних полісахаридів важливе місце займає екзополісахарид ксантан, продуцентами

якого є бактерії виду *Xanthomonas campestris*. Серед бактерій цього виду до найбільш активних продуцентів віднесені патовари: *phascoli*, *campestris*, *malvaceum*, *caratae*.

В інституті мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України у відділі фітопатогенних бактерій отримано вітчизняний мікробний полісахарид ксампан, продукований бактеріями *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. За хімічним складом, структурою макромолекули, гідродинамічними та функціональними властивостями він схожий з аналогічними зарубіжними біополімерами [1, с. 102-104]. В Україні він випускається під торговою маркою «Біополімер ксампан».

Відомо, наприклад, використання ксампану вітчизняного виробництва в кондитерському виробництві під час виготовлення виробів з дріжджового тіста для поліпшення пористості і пружно-еластичних властивостей м'якушки виробів, уповільнення процесу черствіння, бездріжджового тіста (вареників, пельменів, локшини домашньої) для зміцнення клейковини борошна, вершкових кремів в якості емульгатора для зниження масової частки вершкового масла.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Наявність у структурі ксампану вільних карбоксильних груп – органічних кислот, обумовлює їх властивість зв'язувати іони важких металів у шлунково-кишковому каналі з подальшим утворенням нерозчинних комплексів, які не всмоктуються і виводяться з організму. Це дозволяє рекомендувати вироби з його добавками у дієтичному і лікувальному харчуванні.

Поверхнево-активні властивості розчинів ксампану дозволяють припустити, що він може бути використаний як піноутворювач для інтенсифікації процесу приготування та підвищення якісних показників кондитерських виробів з піноподібною структурою (бісквітів, безе, зефіру, меренгів тощо).

Незважаючи на пильну увагу науковців до вивчення поведінки цього препарату в харчових піноподібних системах, дані щодо особливостей його впливу на піноутворювальні властивості ячної сировини і механізм утворення структури бісквітного тіста в літературі майже відсутні.

**Мета статті.** Відомо, що формування властивостей бісквітного напівфабрикату відбувається, в першу чергу, на стадії одержання ячно-цукрової піни. Слід зазначити, що ячний білок, є одним з кращих піноутворювачів, який традиційно використовується в кондитерському виробництві (під час збивання з цукром його об'єм збільшується в 4-5 разів). Найбільш ефективним шляхом регулювання технологічних параметрів отримання і стабілізації пінної системи бісквітного тіста є застосування харчових добавок піноутворювальної та стабілізуючої дії. З погляду на це, харчовою індустрією пропонується значна кількість добавок та багатокомпонентних сумішей, які, з одного боку, є дорогими, а з іншого – не дають змоги отримати традиційну структуру та смакові властивості бісквіта.

Метою роботи є дослідження взаємодії мікробного полісахариду ксампану з білками яєць на предмет комплексотворення між ними, що дасть змогу більш глибокого вивчення механізму утворення і стабілізації пінної структури бісквітного тіста.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для утворення стабільної піни з високими піноутворювальними властивостями, як правило, необхідна речовина, що здатна змінювати властивості поверхні розділу фаз дисперсної системи «рідина-повітря». Існує думка, що полісахариди, як поверхнево активні меншою мірою, ніж типові емульгатори, можуть утворювати міцніші емульсії. На відміну від дійсних емульгаторів, в яких полярні (гідрофільні) і неполярні (гідрофобні) групи атомів знаходяться на протилежних кінцях молекули, у полісахаридів гідрофільні групи більш-менш рівномірно розподілені по всій довжині молекули, тому вони в емульсіях виконують стабілізуючі функції. Як правило, під час утворення піни за наявності піноутворювачів відбувається адсорбція їх молекул у тонкому шарі плівки рідкого дисперсійного середовища на межі з газовою дисперсною фазою, що викликає змін поверхневого натягу на границі розділу фаз.

Попередніми дослідженнями [2, с 63-65] було визначено, що додавання ксампану до ячно-цукрової суміші під час збивання сприяє підвищенню її піноутворювальних властивостей. Це, на нашу думку, свідчить про взаємодію препарату з ячними білками. В підтвердження було проведено дослідження молекулярно-масового розподілу модельних систем білків яєць овоальбуміну і овоглобуліну зі взаємним перетворенням молекулярних мас цих речовин.

Відомо, що полісахариди і білки у харчових системах можуть взаємодіяти з утворенням спільних комплексів, що супроводжується конформаційними змінами обох біополімерів. У роботах [3, с. 167; 4, с. 10] досліджувались питання виникнення таких комплексів за наявності мікробних полісахаридів, а також особливостей їх будови. Поряд з цим, даних щодо утворення білково-полісахаридних комплексів ксампану з білками яєць в літературі не знайдено.

Білки яєць і мікробний полісахарид ксампан, як будь-які високополімерні речовини, характеризую-

ються полідисперсністю або молекулярно-масовою неоднорідністю. Молекулярна маса ( $M_m$ ) таких речовин є середньостатичною величиною  $M_m$  макромолекул різного ступеня полімеризації [5, с. 353].

Як показують попередні дослідження, наявність ксампану покращує піноутворювальні властивості ячної сировини, які, в свою чергу, залежать від молекулярно-масової неоднорідності біополімерів, що входять до її складу. Виходячи з цього, вважали за доцільне визначити вплив препарату не тільки на  $M_m$  білків яєць, але й їх молекулярно-масову неоднорідність.

Вміст білків у цілних курячих яйцях складає 12,6%, а окремо в ячному білку – 10,6% і жовтку – 16,6%. До складу ячного білка входять прості білки: овоальбумін і овоглобулін, а також складні (глікопротеїди) – овокональбумін, овомукоїд, овомуцин і авідін.

Ячний альбумін складає основну частку (69,7%) ячного білка, а ячний глобулін – близько 7% від усіх білків яєць. Вважається, що саме останній відповідає за піноутворювальну властивість ячних продуктів. Білки жовтка яєць представлені ліповітліном (приблизно 67% від кількості білків), ліветином (24%) і фосвітином (9%). Перший являє собою ліпопротеїд, другий – нетиповий глобулін, а останній – фосфопроїд.

Для вивчення природи структурних перетворень білків яєць у присутності ксампану нами на модельних системах було визначено молекулярно-масові характеристики протистих білкових речовин курячих яєць – овоальбуміну і овоглобуліну, оскільки інші є складними білками, до складу молекул яких входять вуглеводи або ліпіди.

Молекулярно-масовий розподіл (ММР) білків яєць вивчали шляхом їх аналітичного ультрацентрифугування в градієнті густини солей NaCl, а розподіл ксампану і модельних систем білків з його додаванням – в комбінованому градієнті густини солей NaCl і CsCl. Одночасно аналізували 6 проб білків (одна з проб – суміш декстранів (маркерів) – стандарти  $M_m$ ). Застосування маркерів спрощує визначення  $M_m$  дослідних зразків і не потребує розрахунків гідродинамічних параметрів.

Предметами дослідження були водні розчини альбуміну та сольові розчини овоглобуліну (1 М KCl) з додаванням до них ксампану в кількості 0,2% та 0,02% відповідно (враховуючи кількісний вміст цих білків у цільному яйці), а також водні розчини самого полісахариду. Як контроль використовували дані про ММР розчинів цих білків без добавок.

Розподіл білків овоальбуміну і овоглобуліну шляхом ультрацентрифугування в градієнті густини солей NaCl дозволяє визначити середньомасові молекулярні маси ( $M_w$ ) біополімерів та їх фракційно-молекулярні зміни. Дана методика передбачає розподіл білків в інтервалі  $M_m$  від  $15 \cdot 10^3$  до  $110 \cdot 10^3$ . Визначення величини поглинання світла у фракціях білків проводили на спектрофотометрі СФ-26 за довжини хвилі  $\lambda = 595$  нм після їх взаємодії з реактивом Кумасі. Дані фракціонування білків овоальбуміну і овоглобуліну в градієнті густини солей NaCl наведено на рис. 1, а дані їх обробки у табл. 1.

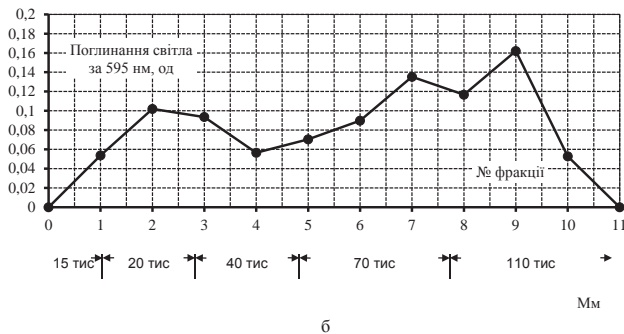
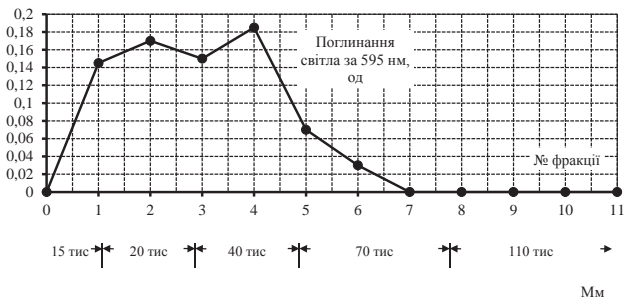
З табл. 1 видно, що вміст високо- та низькодисперсних фракцій в овоальбуміні та овоглобуліні неоднаковий. У першого білка переважають фракції з невеликою  $M_m$ , а у другого – навпаки, у зв'язку з цим і  $M_w$  овоальбуміну на 40% менша за  $M_w$  овоглобуліну.

ММР мікробного полісахариду наведено на рис. 2. Під час центрифугування в даних умовах ксампан розподіляється на 7 фракцій: 20 тис., 40 тис., 70 тис., 110 тис., 500 тис., 1 млн., 2 млн.

Таблиця 2

**Зміна молекулярно-масових характеристик ксампану під час взаємодії з білками яйця**

Мм фракцій	Без додавання білка (контроль)		З додаванням овоальбуміну		З додаванням овоглобуліну	
	Вміст фракції, %	M <sub>w</sub>	Вміст фракції, %	M <sub>w</sub>	Вміст фракції, %	M <sub>w</sub>
20000	1,9	1011000 ±100000	3,7	830000 ±80000	3,8	870000 ±80000
40000	3,7		6,9		5,9	
70000	7,3		9,3		8,3	
110000	10,5		13,5		15,6	
500000	17,5		18,4		19,0	
1000000	27,7	24,9	20,5			
2000000	31,4	23,3	26,9			

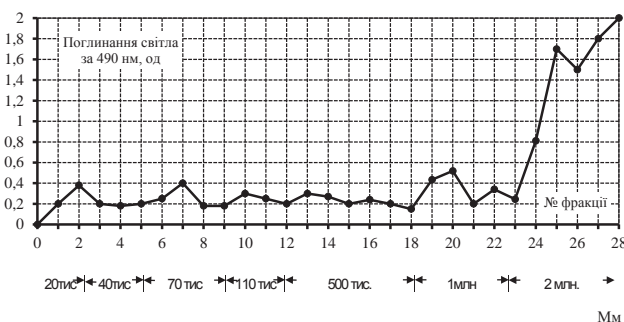


**Рис. 1 ММР овоальбуміну (а) і овоглобуліну (б) в градієнті густини солей NaCl**

Таблиця 1

**Молекулярно-масові характеристики овоальбуміну і овоглобуліну**

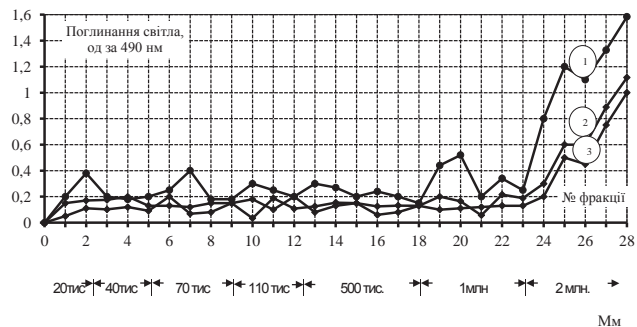
Білок	Мм фракцій	Вміст фракцій, %	M <sub>w</sub>
Овоальбумін	15000	13,0	39600±400
	20000	22,5	
	40000	41,9	
	70000	20,9	
	110000	1,7	
Овоглобулін	15000	2,7	67800±700
	20000	17,6	
	40000	14,4	
	70000	35,3	
	110000	30,0	



**Рис. 2. ММР мікробного полісахариду ксампану**

Аналізуючи відсотковий вміст цих фракцій (табл. 2), можна відзначити, що низькомолекулярні (Мм = 20000...70000) складають 12,9% від загального вмісту, тоді як на частку високомолекулярних фракцій з Мм 1000000 та 2000000 припадає 59,1%.

Динаміку зміни ММР ксампану після взаємодії з білками наведено на рис. 3 і в табл. 2. Дані свідчать, що вміст фракцій молекул біополімеру з масою 20000...110000 збільшується як за додавання овоальбуміну, так і овоглобуліну.

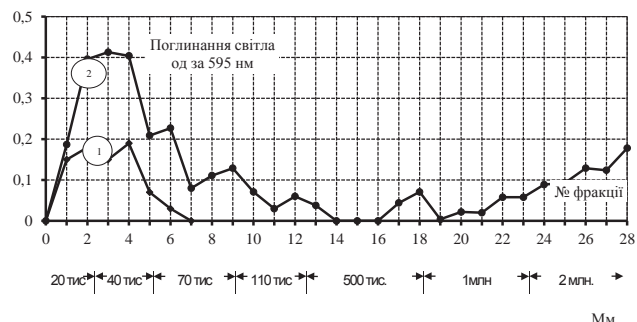


**Рис. 3. ММР ксампану до взаємодії (1) і після взаємодії з овоальбуміном (2) і овоглобуліном (3)**

Водночас змінюється сумарна частка фракцій молекул з масою 1000000...2000000. У чистому препараті вона складає 59,1%, в композиції з овоальбуміном 48,2%, з глобуліном 47,4%. Зміни фракційного складу молекул ксампану в композиції з білками свідчать про те, що між ними відбувається взаємодія, яка супроводжується утворенням білково-полісахаридних комплексів.

Розрахована M<sub>w</sub> ксампану дорівнює 1011000, а в системах ксампан-овоальбумін та ксампан-овоглобулін становить 830000 і 870000 відповідно. Зміна M<sub>w</sub> також вказує на структурні перетворення молекул полісахариду. Зниження середньомасової маси вірогідно відбувається за рахунок того, що деяка частина молекул з великою Мм бере участь в утворенні цих комплексів.

На наступному етапі було досліджено зміни ММР модельних систем овоальбуміну і овоглобуліну за додавання ксампану в комбінованому градієнті густини солей NaCl і CsCl, який надає можливість ідентифікувати одержані фракції біополімерів у більшому діапазоні Мм (20000...2000000) (рис. 4, 5). Результати обробки даних наведено в табл. 3.



**Рис. 4. ММР овоальбуміну до (1) і після взаємодії з ксампаном (2)**

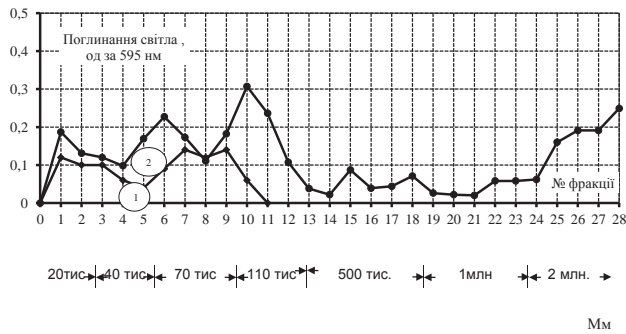


Рис. 5. ММР овоглобуліну до взаємодії (1) і після взаємодії з ксампаном (2)

Встановлено, що відсотковий вміст фракцій суттєво змінюється. Так, в системі овоальбумін-ксампан вміст фракцій з Мм 15000...40000 зменшується з одночасним підвищенням кількості молекул у фракціях з Мм 70000...110000. Крім того з'являються молекули з Мм 500000...2000000, які були відсутні при ММР овоальбуміну без добавки біополімеру. Така зміна співвідношення фракцій білка відбивається і на величині їх  $M_w$ .

У разі додавання ксампану до овоглобуліну спостерігаються подібні явища: зменшується вміст низькомолекулярних фракцій 20000...110000 і з'являються високомолекулярні 500000...2000000. Очевидно, комплексотворення відбувається, в першу чергу, за рахунок саме низькомолекулярних фракцій білків, які з'єднуються з молекулами полісахариду.

Звертає на себе увагу той факт, що в овоглобуліні, який має високі піноутворювальні властивості, вміст білкових фракцій з Мм 70000...110000 складає 65%, в той час як в овоальбуміні їх 22,5%. Після взаємодії з полісахаридом в овоальбуміні частка фракцій з такою Мм підвищується майже вдвічі. За наявності ксампану  $M_w$  овоальбуміну збільшується до 356000, а овоглобуліну до 498000.

На основі отриманих даних можна зробити висновок про те, що в результаті дії ксампану на досліджувані білки яйця відбувається зміна характеру розподілу молекул за фракціями; збільшення відсоткового вмісту високомолекулярних фракцій за рахунок зменшення частки низькомолекулярних;

підвищення значень  $M_w$ , яке вказує на взаємодію, що виникає між білками і ксампаном. Збільшення  $M_w$  є фактором стимулювання піноутворювальної здатності яєчних білків за наявності полісахариду. Чим більша  $M_w$  молекули, тим більше вона містить функціональних (реакційноздатних) груп, які фіксують білок на міжфазних плівках з подальшою їх стабілізацією.

Таблиця 3

Зміна молекулярно-масових характеристик білків яйця під впливом мікробного полісахариду ксампану

Білок	Мм фракцій	Без додавання ксампану (контроль)		З додаванням ксампану	
		Вміст фракції, %	$M_w$	Вміст фракції, %	$M_w$
Овоальбумін	15000	13,0	39600±400	2,5	356000 ±4000
	20000	22,5		9,0	
	40000	41,9		27,0	
	70000	20,9		24,0	
	110000	1,7		12,6	
	500000	-		5,3	
	1000000	-		10,9	
	2000000	-		8,7	
Овоглобулін	15000	2,7	67800±700	0,6	498000 ±5000
	20000	17,5		7,7	
	40000	14,2		6,5	
	70000	35,0		19,7	
	110000	30,6		29,4	
	500000	-		10,3	
	1000000	-		12,0	
	2000000	-		13,8	

**Висновки з даного дослідження і перспективи.** Таким чином, можна визначити факт взаємодії ксампану з основними білками яйця зі взаємним перетворенням молекулярних мас цих речовин, що позитивно впливає на процес піноутворення, який відбувається під час збивання яєчно-цукрової суміші. Це може бути підтвердженням доцільності використання мікробного полісахариду ксампану в технології бісквітного напівфабрикату з позицій стабілізації пінної структури та інтенсифікації процесу його отримання.

#### Список літератури:

1. Функціонально активні властивості ксампану / [С. К. Воцелко, О. О. Литвинчук, М. М. Калакура та ін] // Фітопатогенні бактерії. Фітонцидологія. Алелопатія: збірник статей Міжнародної наукової конференції, 4-6 жовтня 2005 р. Київ. – Житомир: Державний агроекологічний університет, 2005. – С. 101-104.
2. Черевична Н. І. Розробка технології бісквітних напівфабрикатів з використанням мікробного полісахариду ксампану: дис. ... канд. техн. наук / Н. І. Черевична – Харків, 2010. – 160 с.
3. Воцелко С. К. Технологічні властивості та використання мікробних полісахаридів ксампану та енпосану в харчовій промисловості / С. К. Воцелко // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції 28-29 жовтня 1998. – Київ. – С. 166.
4. Ветров В. М. Технологія молочно-білкових напівфабрикатів зі сколотин для виробництва структурованої десертної продукції: автореф. дис. на соиск. уч. степені канд. техн. наук / В. М. Ветров. – Донецьк, 2007. – 18 с.
5. A method for determining the mass-molecular composition of microbial polysaccharides / S. K. Votselko, T. P. Pirog, Y. R. Malashenko, T. A. Grinberg // Journal of Microbiological Methods. – 1993. – Vol. 18. – P. 349-356.

Черевичная Н.И., Шевченко Е.Е., Винникова В.А.

Харьковский государственный университет питания и торговли

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МИКРОБНОГО ПОЛИСАХАРИДА КСАМПАНА С БЕЛКАМИ ЯЙЦА

### Аннотация

Рассмотрены вопросы использования микробного полисахарида ксампана в качестве пенообразователя и стабилизатора пенных кондитерских масс. Приведен механизм образования стабильной пены за счет добавления поверхностно-активных веществ (ПАВ). Исследован механизм взаимодействия биополимера ксампана с белками яиц путем определения их молекулярно-массовых характеристик. Показано природу структурных изменений простых белков яйца овальбумина и овоглобулина в присутствии микробного полисахарида ксампана при образовании белково-полисахаридных комплексов. Доказана целесообразность использования ксампана в технологии бисквитного теста.

**Ключевые слова:** биополимер, ксампан, пена, овальбумин, овоглобулин

Cherevychna N.I., Shevchenko O.Ye., Vinnikova V.O.

Kharkiv State University of Food Technology and Trade

## RESEARCH OF INTERACTION OF KSAMPAN MICROBAL POLYSACCHARIDES WITH EGG WHITE

### Summary

The problems of using ksampan microbial polysaccharide as a foaming agent and a foam stabilizer in confectionery masses are researched. A mechanism of forming stable foam by the addition of surfactant substances (surfactants) is provided. The mechanism of interaction between the ksampan biopolymer and egg whites is studied by determining their molecular weight characteristics. The nature of the structural changes of simple egg proteins ovalbumin and ovoglobulin in the presence of ksampan microbial polysaccharide in the formation of protein-polysaccharide complexes is shown. The expediency of using ksampan technology in production of biscuit dough is proved.

**Keywords:** biopolymer, ksampan, foam, ovalbumin, ovoglobulin

УДК 664-404.9:663.865.004.12

## ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПРЕССИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК В СЛОЖНЫХ РЕЖИМАХ НАГРУЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЦУКАТОВ

Черевко А.И., Маяк В.И., Ляшенко Б.В.

Харьковский государственный университет питания и торговли

Для совершенствования процессов производства цукатов, уменьшения энергетических и материальных затрат на их осуществление, были проведены теоретические исследования, позволившие моделировать деформационные характеристики при производстве цукатов, получаемых по новой технологии. Полученные теоретические зависимости могут быть использованы при расчете и проектировании оборудования для производства высококачественных цукатов.

**Ключевые слова:** цукаты, оборудование, компрессионные характеристики, технология, методика, расчет, реология.

**Постановка проблемы.** Одним из видов механического воздействия в процессе производства цукатов является деформация при одноосном сжатии с различными скоростями [1].

**Анализ последних исследований и публикаций.** Деформационные характеристики необходимы при расчете перерабатывающего оборудования.

**Выделение нерешенных ранее вопросов.** В то же время в литературе недостаточно данных для расчета процессов переработки цукатов, производимых по новой технологии, разработанной в Харьковском государственном университете питания и торговли.

**Формулирование целей статьи.** Поэтому, с целью совершенствования этих процессов, уменьшения энергетических и материальных затрат на их осуществление, необходимо было провести подробные экспериментальные и теоретические исследования, позволившие моделировать деформаци-

онные характеристики при производстве цукатов, получаемых по новой предложенной технологии.

**Изложение основного материала исследований.** Для описания деформационного поведения цукатной массы может быть использована реологическая модель П.А.Ребиндера-М.1 на рис. 1 (а). Однако из-за сложности этой модели с достаточной точностью можно использовать упрощенный вариант этой модели М.2 на рис. 1 (б).

Обратимся теперь к анализу деформационного поведения модели М.2 при более сложных режимах нагружения, представляющих практический интерес.

В реальных технологических процессах не приходится встречаться со случаями мгновенного приложения или мгновенного снятия нагрузки. Нагрузка на продукт возрастает в течение некоторого времени с определенной скоростью  $\frac{d\sigma}{dt} = \dot{\sigma}$  (которая сама зависит от времени) и так же постепенно сни-