

УДК 641.55:634.51.002.62

## ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПІНОЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ

Товма Л.Ю., здобувач

*Академія внутрішніх військ МВС України*

Горальчук А.Б., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-55

**Анотація** – в роботі розглянуто вплив ПАР на піноутворюючу здатність та стійкість піни, міцність міжфазних адсорбційних шарів на основі яєчного альбуміну, показано шляхи регулювання стійкості піноподібних систем з введенням у них жиру.

**Ключові слова** – пінна структура, міжфазні адсорбційні шари, стабілізація, піноемульсійна система, поверхнево-активні речовини, яєчний альбумін.

*Постановка проблеми.* Стрімкий розвиток харчової промисловості України спонукає виробників до масштабування виробництва. Перехід до індустріальних об'ємів виробництва кулінарних та кондитерських виробів потребує нових технологічних рішень. Виробництво індустріальними методами випечених напівфабрикатів з пінною структурою потребує значного коректування технологічного процесу та рецептурного складу з метою забезпечення заданих органолептичних властивостей.

Зазначені недоліки випечених борошняних напівфабрикатів з пінною структурою обумовлені впливом технологічних чинників на стійкість складної дисперсної системи. Вирішення цього завдання можливе шляхом науково обґрунтованого використання поверхнево-активних речовин, здатних стабілізувати дисперсну систему, зменшити негативний вплив технологічних чинників, що дозволить здійснити виробництво випечених борошняних напівфабрикатів з пінною структурою індустріальними методами, зменшивши:

- багатостадійність технологічного процесу;
- негативний вплив технологічних чинників на стійкість дисперсної системи;
- вплив коливань показників якості основної сировини на якість готової продукції.

Вищевикладене у повній мірі стосується повітряно-горіхових напівфабрикатів та кулінарних і кондитерських виробів на їх основі.

Виробництво повітряного горіхового напівфабрикату традиційним методом у значних об'ємах не дозволяє отримати вироби з необхідними органолептичними властивостями, зокрема, рівномірною пористістю, висотою напівфабрикатів, наявністю блиску на поверхні виробів.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Одним із важливих процесів у виробництві кондитерської продукції з піноподібною структурою є одержання стійкої кондитерської піни у процесі її випікання. Кондитерська піна утворюється у тому випадку, коли швидкість формування пухирців газу виявляється швидшою, ніж швидкість їх руйнування. Закономірності, за якими відбувається процес пеніноутворення, залежать від умов проведення технологічного процесу. Наявність жиру в системі різко скорочує час життя піни через десорбцію білків з міжфазної поверхні рідина-повітря та утворення міжфазного шару (МАШ) рідина-жир [1-4]. Тому необхідно створити умови для стабілізації гетерогенних систем, які одночасно є і піною і емульсією. Одним з шляхів вирішення даного завдання є використання поряд з білками низькомолекулярних ПАР, що забезпечують утворення високодисперсної піни [2], підвищенню міцності МАШ [3], сприяють збільшенню піноутворення [2, 4].

*Формування цілей статті.* Метою дослідження є вивчення впливу ПАР на піноутворюючу здатність, стійкість піни на основі яєчного альбуміну у присутності жирової фази та міцність міжфазних адсорбційних шарів білків у присутності низькомолекулярних ПАР, що дозволить визначити раціональне співвідношення білків та ПАР, що забезпечують стійкість гетерогенних систем.

*Основна частина.* Стабілізація піноемульсійних систем зводиться до утворення на поверхні крапель структурних гелеподібних шарів, що володіють високою структурною в'язкістю, пружністю і міцністю при одночасній сольватації поверхні таких оболонок дисперсійним середовищем. Для їх стабілізації поряд з високою в'язкістю і міцністю адсорбційна плівка повинна бути легкокоруклива і швидко відновлюватися при випадкових розривах. Для одержання стійких піноемульсійних систем поверхнево-активні речовини повинні мати одночасно поверхневу активність і здатність утворювати структуровані колоїдно-адсорбційні шари. Низькомолекулярні ПАР тільки знижують поверхневий натяг на межі розділу фаз, але не створюють колоїдно-адсорбційних шарів гелеподібної структури, не забезпечують стабілізацію гетерогенних систем. Стабілізація досягається шляхом введення колоїдних ПАР, зокрема, білків. Вивчення спільного впливу речовин, що володіють

різною поверхневою активністю, дозволили стабілізувати гетерогенні системи комбінованими емульгаторами. Сутність такої стабілізації зводиться до того, що за визначеного співвідношення двох або більше ПАР, основний стабілізатор хоча частково і витісняється з міжфазної поверхні речовиною, поверхнево більш активною, але не в такому ступені, щоб порушити механічну міцність оболонки. Такі абсорбційні оболонки легко рухливі і мають високу здатність до самовідновлення, що забезпечує стабілізацію піноемультсійних систем.

Для вивчення впливу на піноутворюючу здатність яєчного альбуміну та стійкість піни нами використано 3 ПАР: неіоногенний E471 (моно- та дигліцериди), іоногенний E472e (ефір гліцерину діацетилвинної та жирних кислот) та амфолітний E322 (лецитин).

Предметами дослідження були сухий яєчний альбумін ТОВ «Васильків-продукт». Виробництво повітряно-горіхового напівфабрикату передбачає збивання яєчних білків з цукром та введення у кінці збивання горіхового борошна, в результаті подрібнення якого виділяється жир. Для моделювання процесу та вивчення впливу ПАР на піноутворюючі властивості яєчного альбуміну проводили дослідження впливу 5% жиру на піноутворюючі властивості 2,5% розчину яєчного альбуміну. Такі концентрації жиру обрано виходячи з того, що кількість горіхового борошна в рецептурному складі повітряно-горіхового напівфабрикату складає 10...20%, вміст жиру в горіхах коливається у межах 50...70% та виділення жиру під час подрібнення горіхів складає близько 50% від загальної кількості. Дослідження піноутворюючої здатності білків вивчали на низьких концентраціях, щоб виключити стабілізуючий ефект від високої концентрації білка. Дослідження стійкості піни визначали після вистоявання зразків протягом 24 год.

Аналіз отриманих даних показав (рис. 1), що введення E471 з 0,2 до 1,0% призводить до зменшення піноутворюючої здатності білка з  $500 \pm 2$  до  $424 \pm 2\%$ , при цьому стійкість піни збільшується з  $35 \pm 1$  до  $84 \pm 1\%$ . Встановлено, що піна на основі яєчного альбуміну з уведенням 5% жиру через 24 год повністю руйнується. Отже, можна констатувати, що в ході технологічного процесу виробництва продукції на основі збитих білків з уведенням сировини, що є носієм жиру, призведе до руйнування піни, тому що в технологічному процесі піноподібна рецептурна маса перемішується, формується, випікається, що негативно позначається на її стійкості.

На відміну від неіоногенної ПАР, E472e іоногенний (аніонний), введення його призводить до більш інтенсивного зниження піноутворюючої здатності білка (рис. 2) піноутворююча здатність зменшується з  $500 \pm 2$  до  $325 \pm 2\%$ , окрім цього, залежність стійкості

піни носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту ПАР 0,2...0,4% та становить  $79\pm 1\%$ .

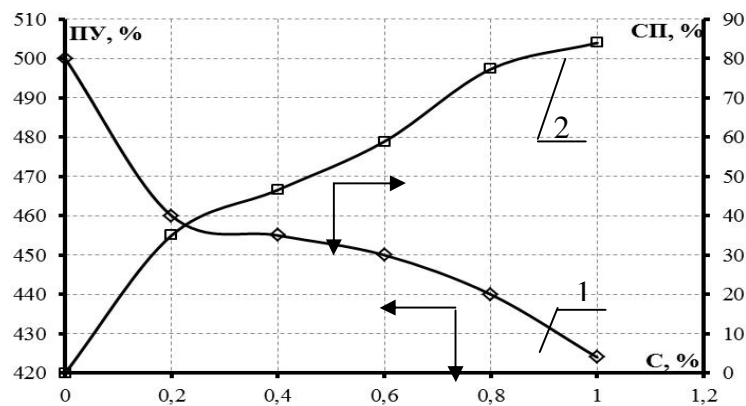


Рис. 1. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E471.

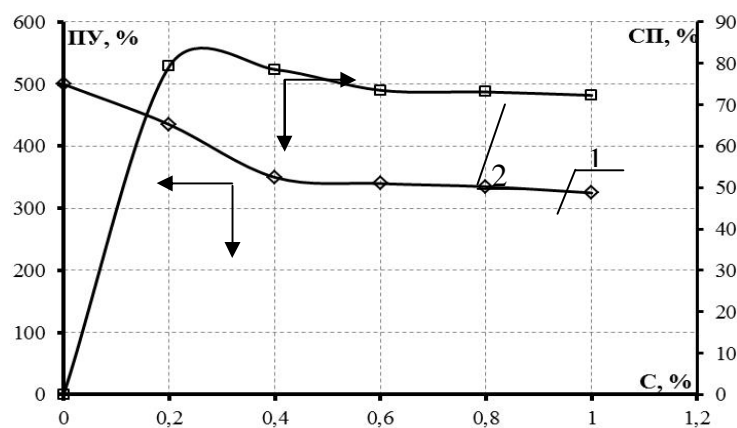


Рис. 2. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E472e.

На основі отриманих даних видно, що стійкість піноподібних систем, що містять суміш ПАР, зокрема, білків та низькомолекулярних ПАР визначається певними співвідношеннями, що відповідають, ймовірно, утворенню комплексів білок-ПАР.

На відміну від неіоногенних та іоногенних (аніонних) ПАР, амфолітна ПАР, зокрема, лецитин E322 не чинить негативного впливу на піноутворюючу здатність білків (рис. 3). Встановлено екстремальну залежність стійкості піни від концентрації E322, з максимумом, що відповідає вмісту E322 0,2% та становить  $84\pm 1\%$ .

Слід відмітити, що розмірні характеристики бульбашок піни відрізняються залежно від використання різних ПАР, що, в свою чергу, визначає стійкість піни під дією різних технологічних чинників, в системах, що містять E322, бульбашки піни порівняно з іншими ПАР характеризувались значним розміром, що негативно

відобразиться на стійкості систем під дією механічних навантажень, що має місце у технологічному процесі виробництва.

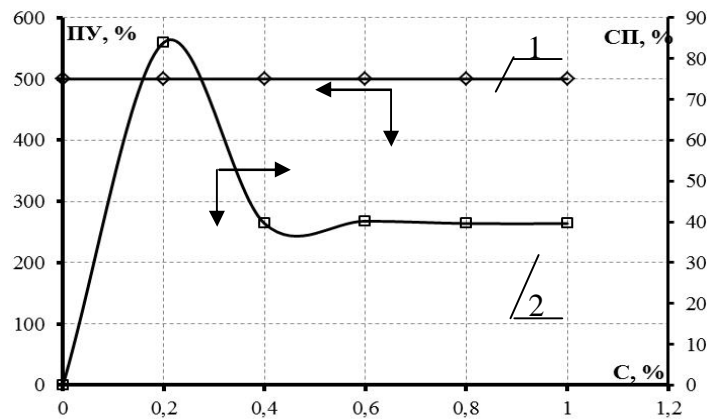


Рис. 3. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E322.

Більш детальну інформацію стосовно стійкості гетерогенних систем на основі колоїдних ПАР дають методи визначення граничної напруги зсуву (ГНЗ) МАШ [3, 5] (рис. 4).

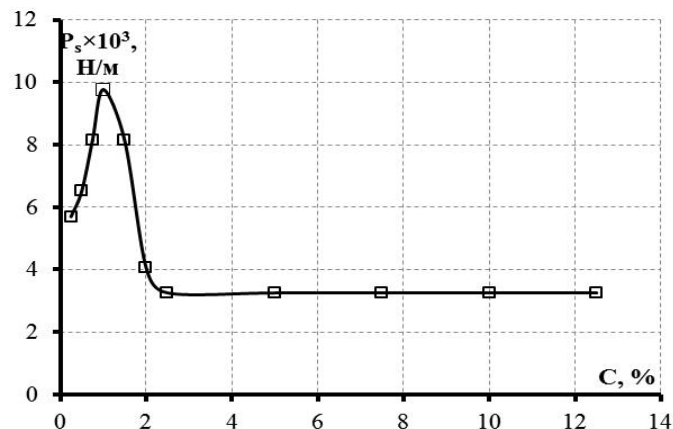


Рис. 4. Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації яєчного альбуміну на межі з олією.

Встановлено, що міцність МАШ носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту білка 1% та становить  $(9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ , ймовірно така концентрація відповідає утворенню мономолекулярного шару з максимальною міцністю.

З метою вивчення впливу ПАР на міцність МАШ здійснено дослідження ГНЗ МАШ, з метою забезпечення умов досліду, а саме дослідження міцності на рідких розділах фаз концентрації білка та ПАР зменшені в 10 разів для попередження кристалізації жиру за умови введення E471. Вивчення впливу ПАР на міцність МАШ проводили з введенням E471 як найбільш раціонального з точки зору стійкості піни.

ПАР вводили в жирову фазу. Аналіз отриманих результатів показав (рис. 5) екстремальну залежність ГНЗ МАШ від концентрації E471 з максимумом, що відповідає вмісту E471 0,125%, однак абсолютні значення нижчі, ніж у білка. Ймовірно, таку поведінку можна пояснити тим, що низькомолекулярна ПАР, володіючи вищою поверхневою активністю витісняє з поверхні розділу фаз білок, утворюючи легко рухливі міжфазні шари, тобто відбувається конкурентна адсорбція. Тому необхідно забезпечити умови не конкурентної адсорбції, а утворення комплексів білок-ПАР, що володіють високою міжфазною міцністю.

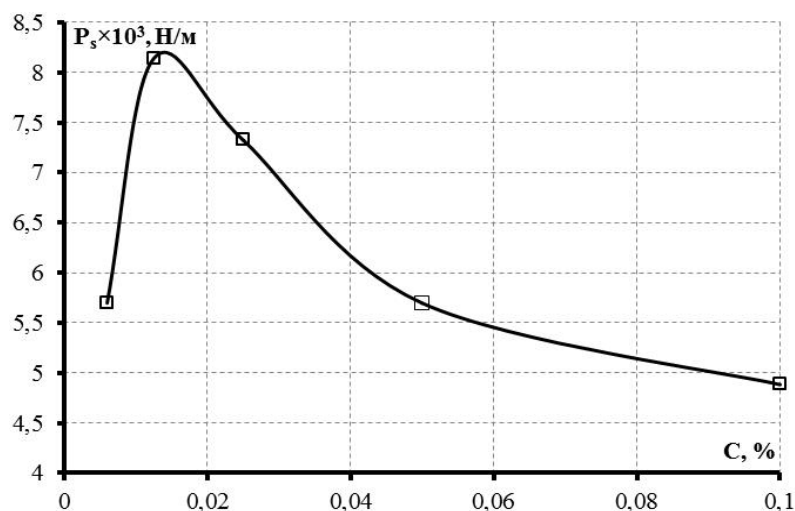


Рис. 5. Залежність граничної напруги зсуву МАШ від 1% розчину яєчного альбуміну концентрації E471 на межі з олією.

За концентрації білка 10% та E471 0,125%, що відповідає співвідношенню ПАР: білок – 1:80. ГНЗ МАШ збільшується до  $(17,1 \pm 0,2) \pm 10^{-3}$  Н/м тобто відбувається збільшення міцності МАШ у 4,3 рази, що підтверджує позитивний вплив низькомолекулярних ПАР на формування гелеподібних змішаних МАШ. Такий підхід дозволяє одержати стійкі піноподібні системи у тому випадку, коли білок виконує свою функціональну роль, а також є наповнювачем, зокрема, у технології виробництва бісквітів, білково-повітряних, порітряно-горіхових напівфабрикатів.

*Висновки.* Визначено вплив ПАР на піноутворюючі властивості яєчного альбуміну, стійкість піни у присутності жирової фази та міцність міжфазних адсорбційних шарів, що утворені білками у присутності низькомолекулярних ПАР. Визначено раціональні співвідношення білок:ПАР, що забезпечують максимальні значення міцності міжфазних адсорбційних шарів.

Для забезпечення стійкості повітряно-горіхового напівфабрикату необхідно проведення дослідження з визначення впливу ПАР на розмірні характеристики повітряних бульбашок, впливу горіхового борошна як

стабілізатора піни твердими частинками та інших технологічних чинників, що дозволять визначити раціональні технологічні параметри виробництва повітряно-горіхового напівфабрикату індустріальними методами.

Література:

1. *Иоргачева Е.Г.* Структурно-механические свойства бисквитных полуфабрикатов/ Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, С.М. Капетула // Харчова наука і технологія, 2009. – №1(6). – С. 84-88.
2. *Иоргачева Е.Г.* Влияние технологических параметров на качество бисквитных полуфабрикатов с альбумином / Е.Г. Иоргачева, О.В.Макарова, С.М. Капетула // Зб. наук. пр. ОНАХТ. – Вип. 29. – Т.2. – О. – 2006. – С.194-196.
3. *Рибиндер П.А.* Поверхностные явления в дисперсионных системах. Коллоидная химия. – М.: Наука, 1988. – 320 с.
4. *Тихомиров В.К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 263с.
5. *Горальчук А.Б.* Дослідження реологічних властивостей міжфазних адсорбційних шарів для обґрунтування параметрів виробництва гарячих емульсійних соусів / А.Б. Горальчук, Д.Ю.Прасол, П.П. Пивоваров // Обладнання та технології харчових виробництв : Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 18. – С. 234-240.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕНОЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ

Товма Л.Ф., Горальчук А.Б.

**Аннотация** – в работе рассмотрено влияние ПАВ на пенообразующую способность и стойкость пены, прочность межфазных адсорбционных слоев на основе яичного альбумина, показаны пути регулирования стойкости пенообразных систем с введением в них жира.

## DETERMINATION OF REGULARITIES OF STABILIZATION FOAM-EMULSIONS OF SYSTEMS

L. Tovma, A. Goralchuk

### *Summary*

**The summary** – in work influence of emulsifier on foam ability and firmness of foam, durability of interphase layers on the basis of egg albumin is considered, ways of regulation of firmness of foam systems with fat introduction in them are shown.