

Л.Ф. Товма, здобувач

А.Д. Пуніна, студ.

А.Б. Горальчук, канд. техн. наук, доц.

ВИЗНАЧЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ФОРМУВАННЯ МІЖФАЗНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ У ТЕХНОЛОГІЇ ПОВІТРЯНО-ГОРІХОВОГО НАПІВФАБРИКАТУ

Наведено результати експериментальних досліджень міцності міжфазних адсорбційних шарів яєчного білка з поверхнево-активними речовинами. Розглянуто взаємодію білків та поверхнево-активних речовин, що забезпечують регулювання міцності міжфазних адсорбційних шарів. Експериментальні дані систематизовано, за результатами яких, зроблено висновки з раціонального використання поверхнево-активних речовин в рецептурному складі повітряно-горіхового напівфабрикату.

В работе приведено результаты экспериментальных исследований прочности межфазных адсорбционных слоев яичного белка с поверхностно-активными веществами. Рассмотрено взаимодействие белков и поверхностно-активных веществ, обеспечивающих регулирование прочности межфазных адсорбционных слоев. Экспериментальные данные систематизированы, по результатам которых, сделаны выводы по рациональному использованию поверхностно-активных веществ в рецептурном составе воздушно-орехового полуфабриката.

The results of experimental studies of the strength of interfacial adsorption layers of egg white with a surfactant. In the article the interaction of proteins and surfactants that provide guidance to the strength of interfacial adsorption layers. The experimental data are systematized, whose results and draw conclusions on the rational use of surface-active substances in the composition of the prescription semi-finished air-nut.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Стрімкий розвиток харчової промисловості України спонукає виробників до масштабування виробництва. Перехід до індустріальних обсягів виробництва кулінарних та кондитерських виробів, що потребує нових технологічних рішень. Виробництво індустріальними методами випечених напівфабрикатів із пінною структурою потребує значного корегування технологічного процесу та рецептурного складу з метою забезпечення заданих органолептичних властивостей.

Зазначені недоліки повітряно-горіхових напівфабрикатів зумовлені впливом технологічних чинників на стійкість складної

дисперсної системи. Зокрема введення та рівномірний розподіл жировмісної горіхової сировини до піноподібних систем на основі яєчного білка призводить до його руйнування, що викликане негативним впливом на стійкість пін жиру та твердих дисперсних частинок горіхової сировини.

Вирішення цього завдання можливе шляхом науково обгрунтованого використання поверхнево-активних речовин здатних стабілізувати дисперсну систему, зменшити негативний вплив жиру та загусників, які стабілізуватимуть дисперсні частинки горіхової сировини, що дозволяють здійснити виробництво випечених піноподібних напівфабрикатів із горіховою сировиною індустріальними методами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження поверхневих явищ на рідкій межі розділу фаз дозволяє обгрунтувати параметри одержання стійких пін та емульсій. Досягнення рівноважних значень адсорбції та її незворотності зумовлює формування двомірних структур (міжфазних адсорбційних шарів – МАШ), що характеризуються певними структурно-механічними властивостями. Стабільні системи одержують, за П.О. Ребіндером [1], у тому випадку, якщо міжфазні адсорбційні шари мають високу структурну в'язкість, пружність і міцність за умов одночасної гідратації поверхні таких оболонок дисперсійним середовищем. Встановлено, що в основі утворення двомірних структур, тобто міжфазного структуроутворення білків, лежать процеси утворення зв'язків між поліпептидними ланцюгами. Об'єктивною характеристикою міжфазного структуроутворення є визначення граничної напруги зсуву (ГНЗ) як міри міцності МАШ. У випадку використання суміші ПАВ, зокрема, білків та низькомолекулярних ПАР можна виділити три типи міжфазних адсорбційних шарів за різним типом утворення. Відмінності між трьома адсорбційними структурами, не завжди чітко виражені. Проте зазначені типи утворених шарів дозволяють обгрунтувати властивості МАШ та дисперсних систем.

1. Конкурентна адсорбція. У результаті конкуренції з іншими компонентами, що мають меншу поверхневу активність, ПАР витісняє їх з поверхні розділу, у результаті заміщення утворюється мономолекулярний шар, що містить на поверхні розділу один переважний вид молекул.

2. Асоціативна адсорбція. Утворюється адсорбований шар, що складається із суміші декількох поверхнево-активних компонентів.

3. Пошарова адсорбція. Один компонент адсорбується поверх іншого [2].

Мета та завдання статті. Визначення впливу неіоногенних (E471) та іоногенних (E472e) на міцність міжфазних адсорбційних шарів білоквмісних систем. Визначити раціональні співвідношення білок : ПАР, що забезпечують максимальні значення міцності міжфазних адсорбційних шарів. Як на межі з повітрям так і на межі з олією, що має місце у технології повітряно-горіхового напівфабрикату.

Виклад основного матеріалу дослідження. Визначення ГНЗ, утворених МАШ, здійснювали через $2,5 \times 3600$ с експозиції за $t=20 \pm 1^\circ$ С на межі з рафінованою соняшниковою олією, що пов'язано з невисоким коефіцієнтом дифузії та значним періодом формування МАШ.

З метою вивчення впливу ПАР на процеси утворення МАШ визначено вплив концентрації яєчного альбуміну на ГНЗ МАШ на межі з олією та на межі з повітрям, що дозволяє вивчити процеси що відбуваються під час піноутворення білка та за введення жировмісної сировини (горіхової сировини) (рис. 1).

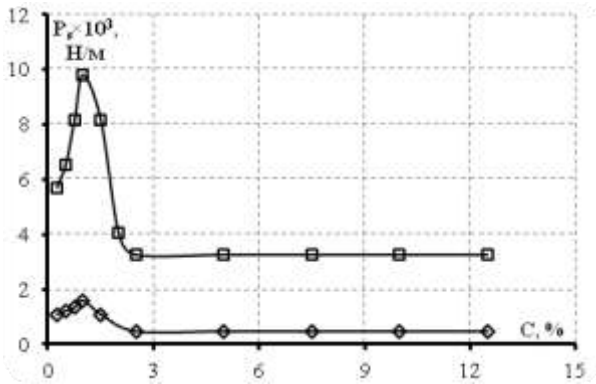


Рисунок 1 – Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації яєчного альбуміну на межі з олією (□) та на межі з повітрям (◇)

Встановлено, що міцність МАШ носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту білка 1% та становить $(9,8 \pm 0,2) \pm 10^{-3}$, та $(1,57 \pm 0,03) \pm 10^{-3}$ Н/м, ймовірно, така концентрація відповідає утворенню мономолекулярного шару, що має максимальну міцність. Видно, що міцність МАШ на межі з олією більше у 6,2 разів порівняно з МАШ на межі з повітрям, що ймовірно, пов'язано з

утворенням гідрофобних зв'язків між амінокислотними залишками та жирними кислотами. Виходячи з цього використання жиророзчинних ПАР сприятиме утворенню зв'язків білок-ПАР.

З метою вивчення впливу ПАР на міцність МАШ здійснено дослідження ГНЗ МАШ. Вивчення впливу ПАР на міцність МАШ проводили з введенням неіоногенного E471 та іоногенного E472e. ПАР вводили в жирову та водну фазу.

Нами визначено вплив E471, що вводили в жирову фазу на міцність МАШ. Аналіз отриманих результатів показав (рис. 2), що ГНЗ МАШ від концентрації E471 носить екстремальну залежність для всіх концентрацій білка з максимумом, що відповідає співвідношенню ПАР білок – 1:80. Слід відмітити, що за вмісту білка 1,0% введення E471 не дозволяє досягти значень ГНЗ чистого білка.

Імовірно, таку поведінку можна пояснити тим, що низькомолекулярна ПАР, маючи вищу поверхневу активність витісняє з поверхні розділу фаз білок, утворюючи легко рухливі міжфазні шари, тобто відбувається конкурентна адсорбція. Тому необхідно забезпечити умови не конкурентної адсорбції, тобто утворення асоціативної адсорбції білок-ПАР, що мають високу міжфазну міцність.

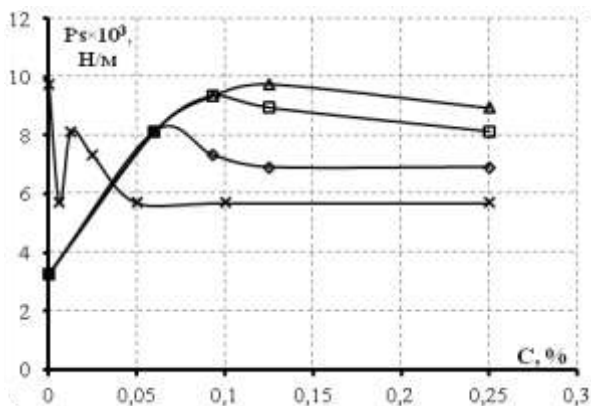


Рисунок 2 – Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації E471 на межі з олією за концентрації білка:
 × – 1,0%; ◇ – 5,0%; □ – 7,5%; Δ – 10,0%

За концентрації білка 10% та E471 0,125% ГНЗ МАШ збільшується до $(9,4 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ Н/м тобто відбувається збільшення міцності МАШ у 2,9 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. Імовірно, ефект збільшення міцності МАШ за концентрацій яєчного альбуміну вище 1,0% у присутності ПАВ можна пояснити тим, що за високих концентрацій білка відбувається пошарова адсорбція білка з утворенням полімолекулярних шарів, що характеризуються меншою міцністю, введення ПАР призводить до конкурентної адсорбції з витісненням білка з міжфазної поверхні наближаючись до мономолекулярного шару. Підтвердженням цієї гіпотези може бути те, що міцність МАШ 1,0% яєчного альбуміну при введенні ПАР не досягає міцності МАШ 1,0% яєчного білка (рис. 2 крива \diamond), що є свідченням конкурентної адсорбції ПАР та білка. Тобто низькомолекулярна ПАР витісняє білок із міжфазної поверхні. Наявність максимуму на кривій за вмісту E471 0,0125%, ймовірно пов'язано з асоціативною адсорбцією білка та ПАР.

Аналогічна поведінка спостерігається для систем «яєчний білок-E471» на межі розділу фаз розчин повітря (рис. 3). Для диспергування E471 у воді нами використовувалась обробка розчину ультразвуком (420 секунд) після чого вводили наважку яєчного білка.

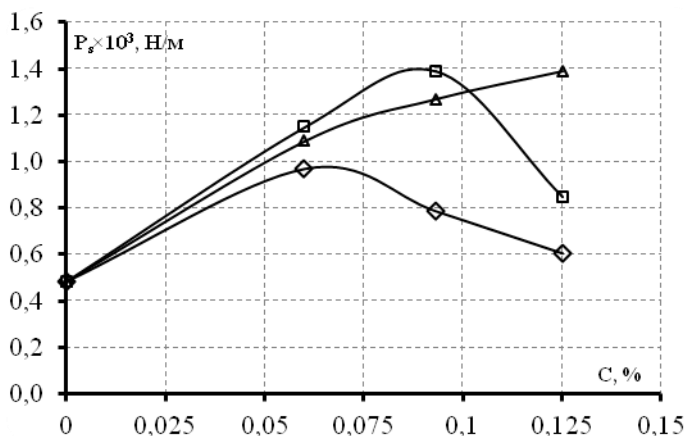


Рисунок 3 – Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрацій E471 на межі з повітрям за концентрації білка:
 \diamond – 5,0%; \square – 7,5%; \triangle – 10,0%

Аналіз отриманих даних показав, що співвідношенню ПАР білок складає 1:80, за яких спостерігається екстремум ГНЗ МАШ. За концентрації білка 10% та E471 0,125% ГНЗ МАШ збільшується також у 2,9 рази як і для систем на межі з олією.

Досліджено вплив (іоногенної ПАР) E472e на міцність МАШ яєчного білка на межі з олією (рис. 4). Встановлено, що залежність носить екстремальний характер для концентрацій білка 5...10% з максимумом, що відповідає співвідношенню ПАР білок – 1:100. Видно, що за концентрацій білка 5...10% введення E472e не дозволяє досягти значень міцності чистого 1% яєчного білка, ймовірно таку поведінку можна пояснити тим, що E472e є аніоноактивною ПАР, що викликає відштовхування поліпептидних ланцюгів білка враховуючи те, що вище ізоелектричної точки переважає негативний заряд на білковій молекулі.

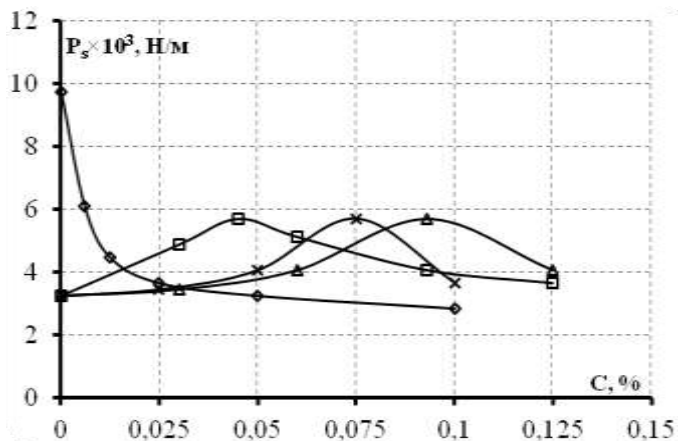


Рисунок 4 – Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації E472e на межі з олією за концентрацій білка:
 ◇ – 1,0%; × – 5,0%; □ – 7,5%; △ – 10,0%

З метою визначення методу введення ПАР нами проведено визначення ГНЗ МАШ за умови введення ПАР в водне середовище з наступною обробкою ультразвуком із метою диспергування ПАР (E471) та міцності МАШ за умови введення ПАР в жирову фазу (рис. 5). Встановлено аналогічну залежність міцності МАШ обробленого ультразвуком водного розчину ПАР та введеного ПАР в жирову фазу.

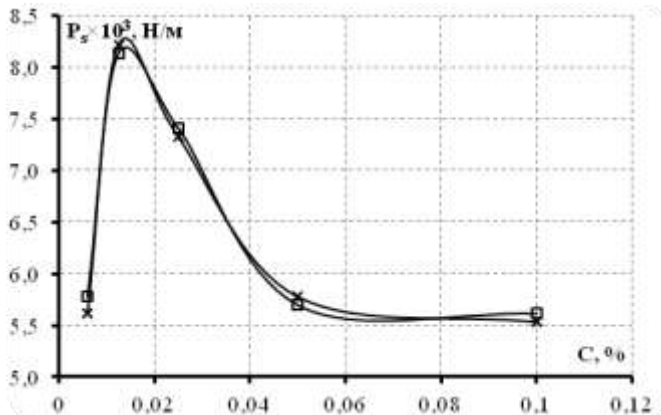


Рисунок 5 – Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації Е471 на межі з олією: × – контроль; □ – оброблений ультразвуком

Базуючись на даних міцності МАШ вважаємо за необхідне використовувати Е471 за співвідношення ПАР:білок – 1:80 та змішування ПАР під час подрібнення горіхової сировини, що дозволить диспергувати ПАР у жировій фазі.

Висновки. Визначено закономірності формування міжфазних адсорбційних шарів білками з неіоногенним Е471 та іоногенним ПАР Е472е. Встановлено, що за співвідношень яєчний Е471:білок, максимальна міцність МАШ досягається за співвідношення 1:80, а Е472е:білок – 1:100. Показано можливість використання ультразвукової обробки для диспергування Е471 у воді, що дає можливість використовувати ПАР, що не розчиняється у воді тобто за допомогою ультразвукової обробки здійснювати активацію ПАР.

Для досягання найкращих емульгуючих та стабілізуючих властивостей необхідно використовувати суміші декількох ПАР, що дасть змогу досягти кращих результатів. Метою подальших досліджень є визначення раціональних співвідношень суміші ПАР та визначення впливу високих концентрацій цукру на асоціативну адсорбцію білків з ПАР.

Список літератури

1. Ребиндер П. А. Поверхностные явления в дисперсных системах / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1978. – 368 с.
2. Пищевые эмульгаторы и их применение / под ред. Дж. Хазенхюттля, Р. Гартела ; пер. с англ. В. Д. Широкова под науч. ред. канд. техн. наук Т. П. Дорожкиной – СПб. : Профессия, 2008. – 288 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Л.Ф.Товма, А.Д. Пуніна, А.Б. Горальчук, 2013.