

7. Levy, Y. Water and proteins : a love-hate relationship [Text] / Y. Levy, J. Onuchic // Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. – 2004. – Vol. 101, Issue 10. – P. 3325–3326. doi: 10.1073/pnas.0400157101
8. Bender, C. J. Computational and Instrumental Methods in EPR, in Biological Magnetic Resonance [Text] / C. J. Bender, L. J. Berliner. – Springer Verlag, 2006. – 387 p. doi: 10.1007/978-0-387-38880-9
9. Water Activity [Electronic resource] / Available at : \http://www.wateractivity.org/free-vs-bound-water – 04.06.2013. – Title from the screen.
10. Is there “Bound Water” in Foods? [electronic resource] / Decagon Devices, Inc. – Available at : \http://www.aqualab.com/education/is-there-bound-water-in-foods – 12.08.2013. – Title from the screen.
11. Погожих, М. І. Характеристики приладу для визначення вільної та зв'язаної вологи низькотемпературним калориметричним методом [Текст] / М. І. Погожих, М. М. Цуркан, А. О. Пак // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. пр. – 2005. – Вип.13. – С. 177–185.
12. Пат. 87562 UA : МПК G 01 N 24/10 Спосіб дослідження динамічної поведінки вологи в капілярно-пористих колоїдних матеріалах методом ЕПР-спінових міток під час сушіння [Текст] / Погожих М. І., Ромоданов І. С., Пак А. В., Пак А. О. – заявник та патентовласник ХДУХТ. – № u201310871; заявл. 10.09.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3 – 4 с.
13. Пат. 87368 UA : МПК G 01N 13/00, 24/12. Спосіб визначення коефіцієнта самодифузії молекул води у харчових продуктах методом ЯМР з використанням еталонного зразка [Текст] / Торяник О. І., Дьяков О. Г., Чеканов М. А. – заявник та патентовласник ХДУХТ. – № u201307754; заявл. 18.06.2013; опубл. 10.02.2014, Бюл. №3 – 4 с.
14. Погожих, М. І. Дослідження системної вологи крохмалю зернових культур методом ЕПР [Текст] / М. І. Погожих, А. О. Пак, А. В. Пак, М. В. Жеребкін // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – Т 5, № 6 (59). – С. 62–66. – Режим доступа: <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/4594/4255>

Представлено аналіз експериментальних даних щодо формування міжфазних адсорбційних шарів в пінах і емульсіях. Визначено вид та концентрації поверхнево-активних речовин, що дозволяють регулювати міцність міжфазних адсорбційних шарів в дисперсних системах на основі сухого знежиреного молока. Визначено раціональний склад суміші поверхнево-активних речовин, який регулює міцність міжфазних адсорбційних шарів, що дозволяє отримати піноемульсійні системи з високою піноутворюючою здатністю, стійкістю піни, пластичністю

Ключові слова: піна, емульсія, стійкість, міжфазний адсорбційний шар, піноемульсійна система, поверхнево-активна речовина

Представлен анализ экспериментальных данных формирования межфазных адсорбционных слоев в пенах и эмульсиях. Определен вид и концентрации поверхностно-активных веществ, позволяющих регулировать прочность межфазных адсорбционных слоев в дисперсных системах на основе сухого обезжиренного молока. Определен рациональный состав смеси поверхностно-активных веществ, который регулирует прочность межфазных адсорбционных слоев, что позволяет получить пеноэмульсионные системы с высокой пенообразующей способностью, стойкостью пены, пластичностью

Ключевые слова: пена, эмульсия, стойкость, межфазный адсорбционный слой, пеноэмульсионная система, поверхностно-активное вещество

УДК 664.3.032:544.77.051

DOI: 10.15587/1729-4061.2014.28009

ВИВЧЕННЯ МІЖФАЗНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ З МЕТОЮ РОЗРОБКИ ТЕХНОЛОГІЇ МОЛОЧНОЇ ПРОДУКЦІЇ

С. Б. Омельченко
Здобувач*

E-mail: gonch_sveta@mail.ru

А. Б. Горальчук

Кандидат технічних наук, доцент*

E-mail: abgora@gmail.com

*Кафедра технології харчування
Харківський державний
університет харчування та торгівлі
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

1. Вступ

Висока конкуренція серед виробників кондитерських виробів визначає високі вимоги до якості продукції при одночасному зниженні собівартості і збільшенні терміну придатності.

На сьогодні виробництво оздоблювальних напівфабрикатів для оздоблення кондитерських виробів

полягає у створенні нових видів оздоблювальних напівфабрикатів на основі рослинних олій з високими технологічними властивостями. Для підвищення конкурентоспроможності актуальним є підвищення технологічних властивостей, зокрема збільшення піноутворюючої здатності, стійкості піни, пластичності, що визначає можливість їх використання в широкому асортименті харчової продукції.

В умовах сьогодення актуальною є розробка піноемульсійних напівфабрикатів, які є основою для приготування оздоблювальних напівфабрикатів на основі рослинних олій, що вимагає наукового обґрунтування технології їх виробництва, обґрунтування виду і концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР) для отримання піноемульсійної продукції. Отримання оздоблювальних напівфабрикатів з піноемульсійною структурою з високими показниками якості досягається за рахунок реалізації функціонально-технологічних властивостей білків та поверхнево-активних речовин. Отже, актуальним є дослідження формування міжфазних адсорбційних шарів (МАШ) в емульсіях і пінах як показника який регулює стійкість системи в результаті чого можна отримати піноемульсійну систему з високою піноутворюючою здатністю, стійкістю піни та пластичністю.

2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

Вітчизняними та зарубіжними вченими проводяться дослідження з МАШ в пінах та емульсіях з використанням суміші ПАР (білків та низькомолекулярних ПАР).

Однак у літературі не виявлено досліджень направлених на вивчення поведінки МАШ в системах з використанням білоквмісних харчових продуктів таких як, сухе знежирене молоко, що характеризується різним фракційним складом білків з різною поверхневою активністю. Відсутні систематизовані дослідження направлені на цілеспрямоване регулювання МАШ як показника стійкості піноемульсійних систем та регулювання пластичності як кількості дестабілізованої емульсії. Основи отримання емульсій з використанням суміші ПАР та білків, які здатні за певних технологічних операцій до дестабілізації під час піноутворення закладені в роботах. Однак керуючись принципами підвищення харчової цінності та безпечності харчової продукції необхідним є використання ПАР, що мають статус GRAS.

Метою досліджень є вивчення шляхів регулювання міцності МАШ в пінних та емульсійних системах від вмісту ПАР, білків молока для обґрунтування раціонального вмісту основних рецептурних компонентів, що забезпечують отримання піноемульсійних пластичних систем.

Вітчизняними вченими: Ізмайловою В. М. [1], Дякіною Т. А. [2], Ізмайловою В. М. та Ребіндер П. А. [3] та зарубіжними вченими Dickinson E. та Hong S. [4], Dickinson E. і Tarai S. [5], Coripus Peereboom J. W. [6] проводяться дослідження з МАШ в пінах та емульсіях з використанням суміші ПАР (білків та низькомолекулярних ПАР).

Однак у літературі не виявлено досліджень направлених на вивчення поведінки МАШ в системах з вико-

ристанням білоквмісних харчових продуктів таких як, сухе знежирене молоко, що характеризується різним фракційним складом білків з різною поверхневою активністю [7]. Відсутні систематизовані дослідження направлені на цілеспрямоване регулювання МАШ як показника стійкості піноемульсійних систем та регулювання пластичності як кількості дестабілізованої емульсії [8]. Основи отримання емульсій з використанням суміші ПАР та білків, які здатні за певних технологічних операцій до дестабілізації під час піноутворення закладені в роботах [9]. Однак керуючись принципами підвищення харчової цінності та безпечності харчової продукції необхідним є використання ПАР, що мають статус GRAS.

3. Мета та задачі дослідження

Метою досліджень є вивчення шляхів регулювання міцності МАШ в пінних та емульсійних системах від вмісту ПАР, білків молока для обґрунтування раціонального вмісту основних рецептурних компонентів, що забезпечують отримання піноемульсійних пластичних систем.

Задачами дослідження, вирішення яких необхідно для досягнення цієї мети, обрано:

- визначення процесів, які відбуваються під час емульгування систем за участю білків молока;
- визначення процесів, які відбуваються під час емульгування систем за участю білків молока і однієї ПАР;
- визначення процесів, які відбуваються під час емульгування систем за участю білків молока і суміші ПАР.

4. Результати дослідження закономірностей формування міжфазних адсорбційних шарів в емульсіях і пінах на основі сухого знежиреного молока і поверхнево-активних речовин та їх обговорення

Попередніми дослідженнями [10] встановлено, що відновлене знежирене молоко характеризується високою піноутворюючою здатністю, але низькою стійкістю піни, що не дозволяє використовувати лише знежирене молоко в рецептурному складі оздоблювальних напівфабрикатів на основі рослинних олій з високою температурою плавлення, що представляють собою піноемульсійні системи. Введення жиру в відновлене знежирене молоко призводить до зниження піноутворюючої здатності та незначному збільшенню стійкості піни на фоні невисокої пластичності. Дані системи не відповідають вимогам щодо оздоблювальних напівфабрикатів, через низьку піноутворюючу здатність, стійкість піни та пластичність. Вирішення зазначених недоліків можливо шляхом використання ПАР, що потребує вивчення механізму їх поведінки, зокрема, регулювання міцності МАШ емульсій і піни.

На основі попередньо проведених досліджень піноутворюючої здатності (ПЗ) і стійкості піни (СП) [11] залежно від виду і концентрації ПАР встановлено, що для забезпечення високих показників ПЗ і СП необхідним є використання трьох емульгаторів – E472e (ефіри гліцерину і диацетилвинної та жирних кислот

DATEM) з ГЛБ 8-10, E472b (ефіри гліцерину молочної та жирних кислот LАСТЕМ) з ГЛБ 3-5 та E322 (лецитин) з ГЛБ 4, що дозволяють отримати піноемульсійну систему з високою піноутворюючою здатністю, стійкістю та пластичністю.

З метою визначення поведінки кожної ПАР в утворенні піноемульсійних систем та їх ролі в утворенні МАШ проведені дослідження ГНЗ МАШ, що сформовані на розділі фаз за $t = 20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ протягом $4 \times 3600 \text{ с.}$, тобто часу, необхідного для дифузії, адсорбції та формування МАШ за участю білків.

Для визначення процесів, які відбуваються під час емульгування систем за участю білків молока вивчено вплив відновленого знежиреного молока на ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-олія та вода-повітря. Встановлено, що збільшення вмісту відновленого знежиреного молока сприяє збільшенню ГНЗ МАШ. Так, зі збільшенням вмісту молока з 2,5 % до 4,5 % ГНЗ збільшується з $(1,00 \pm 0,05) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ до $(3,00 \pm 0,15) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ на межі розділу фаз вода-олія (рис.1, крива-о) та з $(0,150 \pm 0,007) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ до $(0,57 \pm 0,02) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ на межі розділу фаз вода-повітря (рис. 1, крива-Δ) відповідно. Збільшення ГНЗ МАШ із збільшенням вмісту молока можна пояснити збільшення кількості адсорбованого білка на міжфазній поверхні. Відсутність максимуму говорить про неповне заповнення міжфазного адсорбційного шару. Слід відмітити, що одержання піни так само як і одержання емульсії на основі відновленого знежиреного молока можливе, але з низькими показниками стійкості в області зазначених концентрацій, ймовірно через неповне заповнення адсорбційного шару. На основі одержаних даних можна констатувати, що за температури вище температури плавлення жиру піноутворення емульсії не представляється можливим так як міцність МАШ на межі розділу фаз вода-олія вище в 5,3 рази. Така гіпотеза базується на правилі Ребіндера вирівнювання полярності. Тобто ПАР адсорбуються на тій поверхні розділу фаз на якій різниця полярності вища. Тому піноутворення в такій системі практично не відбувається. Тому логічно припустити, що збільшивши полярність жирової фази можна підвищити адсорбцію білків на розділі фаз вода-повітря у присутності жирової фази. Збільшення полярності жирової фази досягається використанням ПАР.

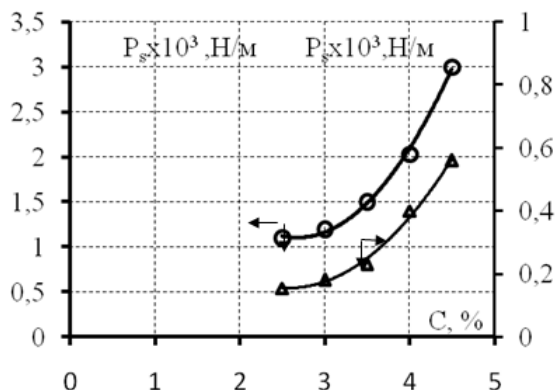


Рис. 1. Залежність ГНЗ МАШ від вмісту відновленого знежиреного молока за температури $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ на межі розділу фаз: ○ – вода-олія; Δ – вода-повітря

На першому етапі досліджень визначено вплив однієї ПАР на ГНЗ МАШ систем «молоко-ПАР» з метою визначення механізмів поведінки кожної з ПАР окремо, зафіксувавши вміст знежиреного молока на рівні 3,5 %.

Встановлено, що введення 0,1 % ПАР E472e призводить до зниження ГНЗ МАШ тобто міцність МАШ зменшується. Збільшення концентрації з 0,1 до 0,8 % E472e приводить до збільшення ГНЗ МАШ з $(0,60 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ до $(1,50 \pm 0,07) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ на межі розділу фаз вода-олія (рис. 2, крива – □). Видно, що лише за вмісту 0,8 % E472e міцність МАШ відповідає міцності МАШ системи на основі знежиреного молока. Таку поведінку можна пояснити тим, що введення ПАР E472e призводить до десорбції білків молока з міжфазної поверхні вода-олія. За високих концентрацій, ймовірно, утворюються комплекси «білок-E472e».

Залежність ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-повітря носить лінійний характер. Встановлено, що введення E472e у присутності білків молока сприяє збільшенню стійкості систем. Таку різну поведінку E472e в залежності від контактуючих фаз можна, ймовірно, пояснити тим, що утворення комплексів «білок-ПАР» на межі розділу фаз визначено видом контактуючих фаз та поверхневою активністю ПАР, що приймають участь в утворенні між фазного шару. Так зі збільшенням концентрації ПАР E472e з 0,1 до 0,8 % ГНЗ МАШ збільшується з $(0,43 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ до $(1,00 \pm 0,06) \times 10^{-3} \text{ Н/м}$ на межі розділу фаз вода-повітря (рис. 2, крива – ◇). Тобто міцність МАШ за введення E472e у дозованих концентраціях збільшується в 2,2...5 разів.

Таким чином міцність МАШ на межі розділу фаз вода-олія вище ніж на межі фаз вода-повітря, що дозволяє констатувати, що утворення піни на основі емульсії, що містить відновлене знежирене молоко та E472e у якості емульгаторів та піноутворювачів не раціонально однак дозволяє зменшити різницю поперечностей між різними формами. Слід відмітити можливість одержання стійких піни на основі знежиреного молока та E472e за умов відсутності жиру, що підтверджується збільшенням ГНЗ МАШ для всіх концентрацій E472e систем «молоко-E472e». Отримані закономірності на розділі фа вода-повітря погоджуються з [9].

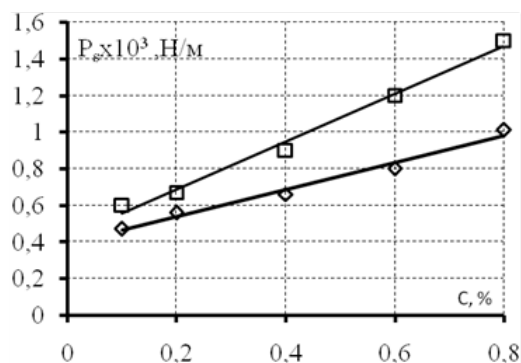


Рис. 2. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472e системи «молоко-E472e» за температури $20 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ на межі розділу фаз: □ – вода-олія; ◇ – вода-повітря

Встановлено, що ГНЗ МАШ від концентрації ПАР E472b на межі розділу фаз вода-олія носить екстре-

мальний характер з максимумом, що відповідає концентрації E472b 0,6 % та становить $(3,60 \pm 0,18) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 3, крива – \diamond), тобто міцність збільшується в 2,4 рази, що, ймовірно, обумовлено утворенням змішаних адсорбційних шарів, збільшенням концентрації ПАР E472b до 0,8 % призводить до зменшення ГНЗ МАШ, що ймовірно, пов'язано з десорбцією білків з міжфазної поверхні.

Встановлено, що ГНЗ МАШ від концентрації ПАР E 472b системи «молоко-E472b» на межі розділу фаз вода–повітря збільшується з ростом концентрацій. Так, за концентрації ПАР E472b 0,6 % ГНЗ МАШ стає новий $(0,56 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 3, крива – \square) подальше збільшення концентрації до 0,8 % E472b призводить до незначного зменшення ГНЗ МАШ до $(0,55 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м. Введення E472b сприяє підвищенню стійкості як емульсії так і піни. Міцність МАШ на межі вода–повітря нижче в 6,5 разів, таким чином збивання такої емульсії, що містить відповідно знежирене молоко та E472b недоцільно.

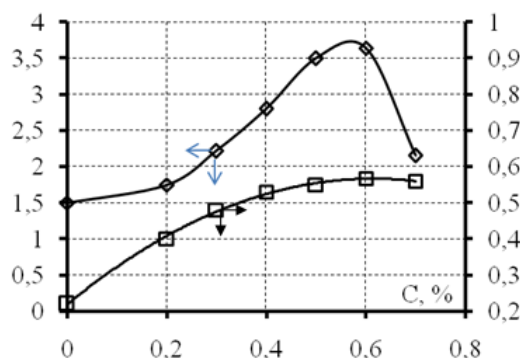


Рис. 3. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472b системи «молоко-E472b» за температури 20 ± 1 °C на межі розділу фаз: \diamond – вода-олія; \square – вода-повітря

При визначенні впливу ПАР E322 встановлено, що залежності носять екстремальний характер з максимумом, що відповідає концентрації E322 0,4 %, як на межі вода–олія, так і на межі вода–повітря. ГНЗ МАШ збільшується з ростом концентрації до 0,4 % на межі розділу фаз вода–олія і досягає максимального значення $(3,40 \pm 0,17) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 4, крива – \square) тобто міцність збільшується в 2,3 рази. На межі розділу фаз вода–повітря максимальне значення ГНЗ МАШ становить $(0,83 \pm 0,04) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 4, крива – \diamond). Тобто міцність МАШ на межі розділу фаз вода–повітря нижче в 4,1 разів.

Екстремальні залежності ГНЗ МАШ в системах «молоко-E322», ймовірно, обумовлено утворенням комплексів «білок-E322», екстремуми, яких відповідають раціональним співвідношенням «білок:E322», які забезпечують раціональне співвідношення гідрофільних та гідрофобних груп у комплексі, збільшуючи кількість зв'язків між молекулами в поверхневому шарі тим самим сприяючи збільшенню міцності МАШ. Збільшення кількості E322 може призводити до десорбції комплексу «білок-E322», так як E322 володіє вищою поверхневою активністю, ніж комплекс «білок-E322» або надлишок E322 утворює міцели у розчині в утворенні яких включаються білки, що підтверджується

екстремальним характером кривої ГНЗ МАШ від концентрації E322.

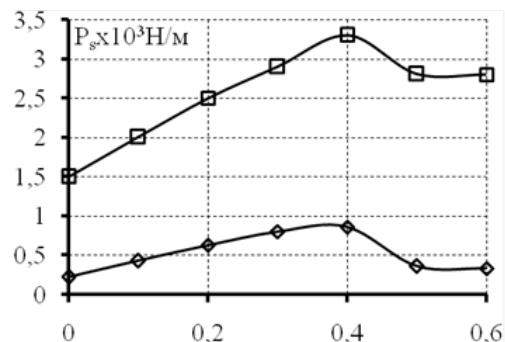


Рис. 4. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E322 системи «молоко-E322» за температури 20 ± 1 °C на межі розділу фаз: \square – вода-олія, \diamond – вода-повітря

Використання лише одного з ПАР на ряду з білками молока не дозволяє отримати піно емульсійної системи з використанням піноутворюючої здатності, стійкістю піни та пластичністю. Використання обгрунтованих сумішей ПАР з високим та низьким ГЛБ дозволяють досягти кращих результатів.

Встановлено, що використання двох ПАР E472b та E472e сприяє збільшенню піноутворюючої здатності (ПЗ) та стійкості піни (СП) піноемульсійних систем [11]. Тому, нами досліджено вплив системи «молоко-E472b-E472e» на ГНЗ МАШ (рис. 5). Встановлено, що за низького вмісту E472b 0,2 % залежність ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода – олія носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту E472e 0,4 % та становить $(5,7 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 5, крива – \square) за вищих концентрацій E472b 0,4–0,6% збільшення вмісту E472e сприяє збільшенню ГНЗ МАШ. Так, за вмісту E472b 0,4 % зі збільшенням E472e з 0,2 до 0,8 % ГНЗ МАШ збільшується з $(4,5 \pm 0,2) \times 10^{-3}$ Н/м до $(7,7 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 5, крива – \diamond), за вмісту E472b 0,6 % зі збільшенням вмісту E472e з 0,2 до 0,8 % ГНЗ МАШ збільшується з $(6,3 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ Н/м до $(9,5 \pm 0,4) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 5, крива – Δ).

Порівняння величини ГНЗ МАШ в молочних системах з двома ПАР та систем, що містять одну ПАР на границях розділу фаз вода–олія (рис. 2, 3, 4) видно, що введення двох ПАР сприяє значному зростанню міцності міжфазних адсорбційних шарів на межі розділу фаз вода–олія.

Так, максимальна міцність МАШ за введення ПАР E472b 0,6 % становить $(3,6 \pm 0,1) \times 10^{-3}$ Н/м, за введення E472e – $(1,5 \pm 0,03) \times 10^{-3}$ Н/м, а за одночасного введення E472b 0,6 % та E472e 0,8 % ГНЗ МАШ становить $(9,5 \pm 0,4) \times 10^{-3}$ Н/м, тобто міцність збільшується в 2,6 та 6,3 разів відповідно.

Залежності ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода–повітря (рис. 6) носить аналогічний характер, але абсолютні значення ГНЗ менші близько в 10 разів. Так, за вмісту ПАР E472b 0,2 % максимальне значення досягається за вмісту E472e 0,6 % та становить $(0,68 \pm 0,03) \times 10^{-3}$ Н/м, за вмісту E472b 0,4 % та E472e 0,6 % – $(0,81 \pm 0,04) \times 10^{-3}$ Н/м; за вмісту E472b 0,8 % та E472e 0,8 % – $(0,98 \pm 0,04) \times 10^{-3}$ Н/м. Міцність збільшується в 1,2...1,4 рази.

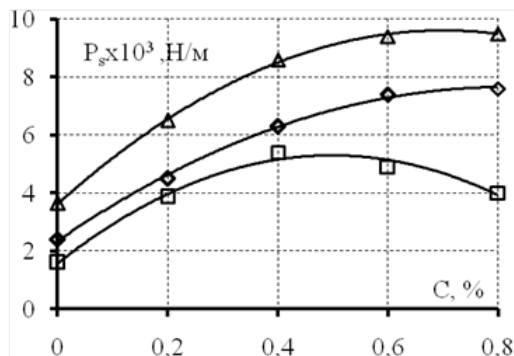


Рис. 5. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472e системи «молоко- E472b-E472e» за температури 20±1 °С на межі розділу фаз вода-олія за вмісту E472b, % : □ – 0,2; ◇ – 0,4; Δ – 0,6

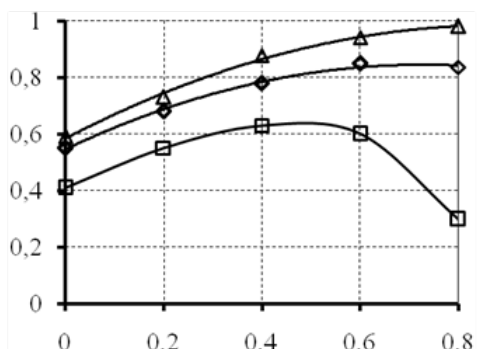


Рис. 6. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472e системи «молоко-E472b-E472e» за температури 20±1 °С на межі розділу фаз вода-повітря за вмісту E472b, % : □ – 0,2; ◇ – 0,4; Δ – 0,6

З попередніх досліджень встановлено, що суміш ПАР E472e і E472b не забезпечують пластичність піноемulsійних систем, характерним недоліком таких систем є низька формостійкість, ймовірно, через низький вміст дестабілізованої емульсії. Введення ПАР E322 забезпечує кристалізацію та агломерацію жиру. Додавання ПАР E322 забезпечує пластичність піно емульсійних систем. Досліджено ГНЗ МАШ систем «молоко-E472e-E472b-E322». Видно, що залежність ГНЗ МАШ від концентрації E322 системи «молоко-E472e-E472b-E322» носить лінійну залежність (рис. 7). Так, збільшення концентрації E322 з 0,05 до 0,5 % за вмісту E472e 0,6 % та E472b 0,4 %, сприяє збільшенню ГНЗ МАШ з $(4,1 \pm 0,2) \times 10^{-3}$ Н/м до $(7,3 \pm 0,3) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 7, крива – ◇). За вмісту E472e 0,6 % та E472b 0,6 % в системі «молоко-E472e-E472b-E322» зі збільшенням концентрації E322 з 0,1 до 0,5 % ГНЗ МАШ збільшується з $(4,7 \pm 0,2) \times 10^{-3}$ Н/м до $(9,3 \pm 0,4) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 7, крива – Δ).

Однак порівнюючи абсолютні значення ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода – олія системи «молоко-E472e-E472b-E322» з ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода – олія системи «молоко-E472e-E472b», видно, що введення ПАР E322 в інтервалі концентрацій 0,05...0,5 % не дозволяє досягти значень ГНЗ систем з двома ПАР, що дозволяє стверджувати, що E322 призводить до зниження міцності МАШ на межі розділу

фаз вода – олія, тобто за визначених технологічних параметрів це сприятиме дестабілізації емульсії.

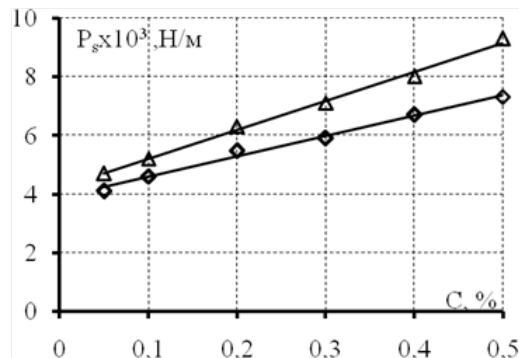


Рис. 7. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E322 системи «молоко- E472e-E472b-E322» за температури 20±1 °С на межі розділу фаз вода-олія за вмісту: ◇ – E472e 0,6 %, E472b 0,4 %; Δ – E472e 0,6 %, E472b 0,6 %

Встановлено, що зі збільшенням концентрації E322 в системі «молоко-E472e-E472b-E322» ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-повітря збільшується (рис. 8).

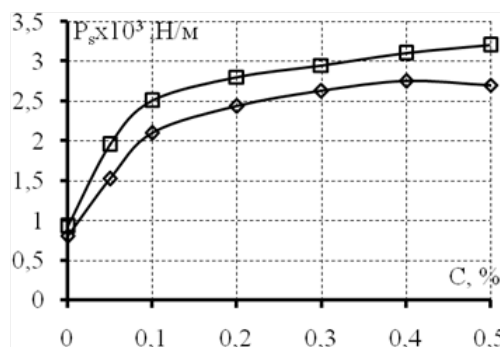


Рис. 8. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E322 системи «молоко- E472e-E472b-E322» за температури 20±1 °С на межі розділу фаз вода-повітря за вмісту: ◇ – E472e (0,6 %), E472b (0,4 %); □ – E472e (0,6 %), E472b (0,6 %)

Так, за вмісту E472e 0,6 %, E472b 0,4 % залежність ГНЗ МАШ носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає концентрації E322 0,4 %, та становить $(2,75 \pm 0,10) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 8, крива – ◇). За вмісту E472e 0,6 %, E472b 0,6 % не спостерігається екстремуму та зі збільшенням концентрації E322 з 0,05 до 0,5 % ГНЗ МАШ збільшується з $(1,80 \pm 0,09) \times 10^{-3}$ Н/м до $(3,2 \pm 0,1) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 8, крива – □), тобто міцність МАШ збільшується в 3,4 разів. Можна стверджувати, що використання в молочних системах трьох ПАР дозволяє значно підвищити міцність МАШ на межі розділу фаз вода-повітря.

5. Висновки

Проведені дослідження дозволяють визначити механізми стійкості дисперсних систем, що містять суміш білків молока та декілька ПАР, що є технологічно необхідним для забезпечення високих показ-

ників якості. Встановлено, що використання ПАР з низьким ГЛБ Е322 у концентрації 0,05...0,5 % та Е472b у концентрації 0,2...0,8 % дозволяють збільшити міцність МАШ на межі розділу фаз вода-олія в 2,3...2,4 рази. Використання ПАР з високим ГЛБ Е472e у концентрації 0,2...0,8 % сприяє збільшенню міцності МАШ на межі розділу фаз вода-повітря в 2,2...5 разів, але зниженню міцності МАШ на межі розділу фаз вода-олія.

Установлено, що використання суміші з двох ПАР з високим ГЛБ Е472e у концентрації 0,6...0,8 % та низьким ГЛБ Е472b 0,4...0,8 % дозволяють підвищити міцність МАШ на межі з олією в 2,6...6,3 разів у порівнянні з системами з однією ПАР та в 1,2...1,4 рази на межі з повітрям.

Введення Е322 в інтервалі концентрацій 0,05...0,5 % до системи молоко-Е472e-Е472b дозволяє знизити міцність МАШ на межі розділу фаз вода-олія, для збільшення міцності МАШ вода-повітря в 3,4 разів

Література

1. Измайлова, В. Н. Поверхностные явления в белковых системах [Текст]: учеб. / В. Н. Измайлова, Г. П. Ямпольская, Б. Д. Сумм. – М.: «Наука», 1985. – 270 с.
2. Дякина, Т. А. Свойства межфазных слоев желатини с лецитином и реологические свойства концентрированных эмульсий [Текст]: дис. ... канд. хим. наук: 02.00.11 / Т. А. Дякина. – М.: РГБ, 2006. – 150 с.
3. Измайлова, В. Н. Структурообразование в белковых системах [Текст]: учеб. / В. Н. Измайлова, П. А. Ребиндер. – М.: Наука, 1974. – 268 с.
4. Dickinson, E. Influence of an anionic surfactant on the rheology of heat-set β -lactoglobulin-stabilized emulsion gels [Text] / E. Dickinson, S. Hong // *Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. – 1997. – Vol. 127, Issue 1-3. – P. 1–10. doi: 10.1016/s0927-7757(96)03891-5
5. Dickinson, E. Temperature dependence of the competitive displacement of protein from the emulsion droplet surface by surfactants [Text] / E. Dickinson, S. Tarai // *Food Hydrocolloid*. – 1992. – Vol. 6, Issue 2. – P. 163–171. doi: 10.1016/s0268-005x(09)80357-3
6. Copirus Peereboom, J. W. Theory on the renaturation of alkaline milk phosphates from pasteurized cream [Text] / J. W. Copirus Peereboom // *Milch wissens chaft*. – 1969. – Bd. 24, Vol. 5. – P. 266–269.
7. Dickinson, E. Orthokinetic destabilisation of a protein-stabilised emulsion by a water-soluble surfactant [Text] / E. Dickinson, R. Owusu, A. Williams // *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*. – 1993. – Vol. 89, Issue 5. – P. 865. doi: 10.1039/ft9938900865
8. Pelan, B. On the stability of aerated milk protein emulsions in the presence of small molecule surfactants [Text] / B. Pelan, K. Watts, I. Campbell, A. Lips. – *Dairy Sci.*, 1997. – 80 p.
9. Barfod, N. Effects of emulsifiers on protein – fat interaction in jee cream mix during ageing. Quantitative analyses [Text] / N. Barfod, N. Krog, G. Larsen, W. Buchheim // *Fett Wissenschaft Technologie*. – 1991. – Vol. 93, Issue 1. – P. 24–29. doi: 10.1002/lipi.19910930104
10. Омельченко, С. Б. Обоснование рецептурного состава молочных пеноэмульсионных продуктов с использованием растительных жиров [Текст]: сб. науч. трудов / С. Б. Омельченко, А. Б. Горальчук // материалы Международной научно-практической конференции. – Саратов, 2013. – Вып. 1. – С. 141–147.
11. Omel'chenko, S. B. Argumentation of emulsifier part in the recipe of foam and emulsion dairy products containing vegetable fats [Text] / S. B. Omel'chenko, A. B. Goralchuk, O. O. Goralchuk // *The Science Advanced*. – 2014. – Vol. 2014, Issue 7. – P. 28–32. doi: 10.15550/asj.2014.07.028