

Соколова Євгенія Борисівна, асист., факультет товарознавства і торговельного підприємництва, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: 349-43-21; e-mail: laboratory119@mail.ru.

Соколова Евгения Борисовна, асист., факультет товароведения и торгового предпринимательства, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: 349-43-21; e-mail: laboratory119@mail.ru.

Sokolova Evgenia, assistant, Faculty of commodity science and commerce entrepreneurship, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Ukraine, 61051, Kharkiv, Klochkovs'ka str., 333; e-mail: laboratory119@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 664.3.032:544.77.051

ВИЗНАЧЕННЯ МІЦНОСТІ МІЖФАЗНИХ АДСОРБЦІЙНИХ ШАРІВ У ПІНОЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМАХ

С.Б. Омельченко, А.Б. Горальчук, О.О. Гринченко

Подано аналіз експериментальних даних щодо формування міжфазних адсорбційних шарів у піноемультійних системах. Установлено концентрації поверхнево-активних речовин і сухого знежиреного молока, що дозволяють регулювати міцність міжфазних адсорбційних шарів у піноемультійних системах.

Ключові слова: міцність, стійкість, піноемультійна система, піна, емульсія.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ МЕЖФАЗНЫХ АДСОРБЦИОННЫХ СЛОЕВ В ПЕНОЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.Б. Омельченко, А.Б. Горальчук, О.А. Гринченко

Представлен анализ экспериментальных данных по формированию межфазных адсорбционных слоев в пеноэмульсионных системах. Установлены концентрации поверхностно-активных веществ и сухого обезжиренного молока, позволяющие регулировать прочность межфазных адсорбционных слоев в пеноэмульсионных системах.

© Омельченко С.Б., Горальчук А.Б., Гринченко О.О., 2014

Ключевые слова: *прочность, устойчивость, пеноэмульсионная система, пена, эмульсия.*

DETERMINATION OF THE STRENGTH OF ADSORPTION LAYERS IN FOAM-EMULSIVE SYSTEMS

S. Omel'chenko, A. Goralchuk, O. Grinchenko

The authors specify the conditions for the formation of interfacial adsorption layers in whipped emulsion systems containing lacto-proteins and low molecular surface-active substances. The main aim of the research is to determine the concentrations of surface-active substances and proteins of dehydrated fat-free milk in the formation of interfacial adsorption layers. It gives an opportunity to specify the major ingredients providing the obtention of stable whipped emulsion systems, received from the emulsions with the subsequent fluffing.

The concentrations of major ingredients – dehydrated fat-free milk, low molecular surface-active substances (E472b, E472e, E322) are identified. They allow regulate the strength of interfacial adsorption layers and receive a stable whipped emulsion system.

Keywords: *strength, stability, whipped, emulsion, foam.*

Постановка проблеми у загальному вигляді. Аналіз ринку української продукції з гетерогенною структурою засвідчив, що виробництво харчової продукції з піноемульсійною структурою досліджується шляхом використання імпортованих напівфабрикатів. Вирішення питання імпортозаміщення можливо за рахунок розробки вітчизняних напівфабрикатів із високими технологічними й органолептичними показниками. Отримання оздоблювальних напівфабрикатів із піноемульсійною структурою з високими показниками якості вимагає наукового обґрунтування технології їх виробництва, обґрунтування концентрації поверхнево-активних речовин (ПАР), які повинні утворювати пряму емульсію з формуванням міжфазних адсорбційних шарів (МАШ) разом із білками молока за температур емульгування олій, забезпечуватимуть десорбцію білків молока з міжфазної поверхні вода-олія за температури 4...8°C під час збивання з утворенням піноподібної системи з високою пластичністю.

Отже, актуальним є визначення концентрації поверхнево-активних речовин у формуванні МАШ як показника, який регулює стійкість системи, у результаті чого можна отримати піноемульсійний продукт із високою піноутворюючою здатністю, стійкістю піни та пластичністю.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У літературних джерелах наведено теоретичні моделі та експериментальні дослідження реологічних властивостей МАШ-систем, що містять білки (желатин, казеїни, яєчний альбумін та ін.) та ПАР (лецитин, моно- та дигліцериди, Твіни, ефіри гліцерину та жирні кислоти та їх похідні на межі розділу фаз вода-олія та вода-повітря, але такі дані стосуються виключно емульсій або пін, нехарчових емульсій, що не дозволяють обґрунтувати технологічні параметри одержання піноемульсійних систем [1–3]. Дослідження МАШ, що містять білки та ПАР у піноемульсійних системах, несистемні розрізнені та здебільшого стосуються обґрунтування параметрів одержання морозива [4], що не дозволяє повною мірою перенести їх на процес виробництва оздоблювальних напівфабрикатів.

Установлено, що системи, які містять білок та низькомолекулярну ПАР, можуть утворювати змішані адсорбційні шари зі збільшенням міцності МАШ або між ними може виникати конкуренція з витісненням менш активного компонента з адсорбційного шару зі зменшенням міцності МАШ. Конкурентна адсорбція та, зокрема, витіснення білка з міжфазної поверхні залежать від концентрації ПАР, природи ПАР (іоногенний, неіоногенний), величини гідрофільно-ліпофільного балансу (ГЛБ), послідовності додавання компонентів у суміші [5–9]. Вибір концентрацій ПАР повинен базуватися на врахуванні поверхневої активності, ГЛБ, концентрації білка, що визначатиме поведінку суміші поверхнево-активних речовин у системі. У результаті це визначатиме пластичність і стійкість піноемульсійної системи. У літературі дані стосовно стабілізації піноемульсійних систем мають розрізнений характер, а одержані закономірності не можуть бути розповсюджені на широкий спектр білоквмісної сировини та низькомолекулярних поверхнево-активних речовин. Це вимагає проведення експериментальних досліджень, спрямованих на визначення концентрації поверхнево-активних речовин і сухого знежиреного молока, що забезпечують стійкість піноемульсійних систем.

Мета статті. Метою дослідження є визначення концентрацій ПАР із метою регулювання міцності МАШ, що забезпечать отримання пластичних стійких піноемульсійних систем.

Виклад основного матеріалу дослідження. Із метою визначення механізму формування МАШ в піноемульсійних системах нами було вдосконалено поверхневий віскозиметр Ребіндера-Трапезнікова. Зокрема, моделюючи технологічний процес отримання оздоблюючих напівфабрикатів необхідним є забезпечення умов

утворення прямої емульсії, охолодження її для кристалізації олії та збивання. Ураховуючи те, що в такій технологічній системі як піноемульсія одночасно наявні дві фази – повітряна й жирова, які відрізняються за полярністю. Та за вихідних умов різниця полярності вода-олія вище, ніж вода-повітря, що визначає переважаючу адсорбцію ПАР на міжфазі вода-олія. Регулюючи полярність жирової фази, можна регулювати стійкість піноемульсійних систем, експериментальним підтвердженням чого може бути міцність МАШ у системах, які моделюють піноемульсійну систему. Для моделювання піноемульсійної системи та визначення міцності МАШ нами було використано два кристалізатори, що з'єднані між собою трубою. У кристалізатор №1 наливали водний розчин, зверху олію та залишали на 2×3600 с, що моделює емульгування, після чого відкривали кран, водний розчин переливався в кристалізатор №2. Систему, у якій водний розчин одночасно контактує з жировою та повітряною фазою, витримували 4×3600 с для формування МАШ на межі розділу фаз вода-повітря, після чого визначали ГНЗ МАШ.

Визначено вплив відновленого знежиреного молока на граничну напругу зсуву (ГНЗ) МАШ на межі розділу фаз вода-повітря систем «молоко-тверда олія», «молоко-рідка олія». Установлено, що залежності мають екстремальний характер (рис. 1) із максимумом, що відповідає концентрації молока 4,0%. Так, ГНЗ МАШ збільшується з ростом концентрації молока до 4,0% і досягає максимального значення $(0,31 \pm 0,01) \times 10^{-3}$ Н/м системи «молоко-рідка олія» (рис. 1, крива – Δ). Максимальне значення ГНЗ МАШ системи «молоко-тверда олія» становить $(0,54 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 1, крива – \square). Таким чином, раціональним вмістом молока, що забезпечує максимальну міцність МАШ, є вміст 3,5...4,2%, тобто міцність МАШ системи «молоко-тверда олія» більше в 1,7 раз. Таку поведінку можна пояснити тим, що адсорбція білка в рідкому жирі вища, ніж у твердому, це у свою чергу підтверджує необхідність кристалізації жиру з метою отримання піноемульсійної продукції з високими піноутворюючою здатністю та стійкістю піни.

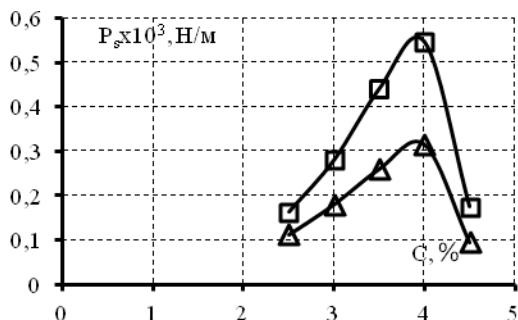


Рис. 1. Залежність ГНЗ МАШ від вмісту відновленого знежиреного молока за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$ на межі поділу фаз «вода-повітря» систем:
 □ – «молоко – тверда олія»; Δ – «молоко–рідка олія»

Із метою підвищення гідрофільності жирової фази вводили низькомолекулярні ПАР із високим ГЛБ – E472e та з низьким ГЛБ – E472b, E322. Досліджено залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472e системи «молоко-E472e» на межі розділу фаз вода-повітря за температури 4°C , залежність має лінійний характер (рис. 2). Зі збільшенням концентрації ПАР E472e з 0,2 до 0,8% ГНЗ МАШ збільшується з $(0,34 \pm 0,01) \times 10^{-3}$ до $(0,42 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 2, крива – Δ), що імовірно, пов'язано з утворенням змішаних адсорбційних шарів. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації ПАР E472b системи «молоко-E472b» на межі розділу фаз вода-повітря зменшується зі збільшенням концентрацій. Так, зі збільшенням концентрації E472b до 0,8% в системі «молоко-E472b» ГНЗ МАШ зменшиться з $(0,18 \pm 0,01) \times 10^{-3}$ Н/м до $(0,06 \pm 0,005) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 2, крива – ◇), що пов'язано з десорбцією білків із міжфазної поверхні. Визначено вплив ПАР E322 системи «молоко-E322» на формування МАШ. Отримані дані свідчать, що ПАР E322 з ростом концентрації до 0,8% сприяє зменшенню ГНЗ МАШ із $(0,060 \pm 0,003) \times 10^{-3}$ Н/м до $(0,035 \pm 0,001) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 2, крива – □). Таким чином, можна констатувати, що ПАР із високим ГЛБ сприяють збільшенню міцності МАШ на межі з повітрям у піноемulsійній системі, а ПАР із низьким ГЛБ сприяють зменшенню міцності МАШ.

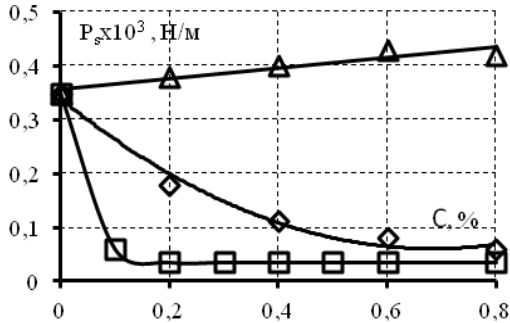


Рис. 2. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації ПАР системи «молоко-ПАР» за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$ на межі поділу фаз «вода-повітря» за вмісту ПАР: Δ – E472e; \diamond – E472b; \square – E322

Нами було проведено дослідження з визначення піноутворюючої здатності й стійкості піни, яке засвідчило перспективність використання суміші ПАР із низьким та високим ГЛБ, що дозволяють збільшити піноутворюючу здатність і стійкість піни. Тому нами досліджено ГНЗ МАШ-систем, що містять білки молока та дві ПАР.

Зі збільшенням концентрації ПАР E472e системи «молоко-E472b-E472e» з 0,2 до 0,8% за наявності E472b 0,2% залежність має лінійний характер ГНЗ МАШ збільшується з $(0,11 \pm 0,05) \times 10^{-3}$ до $(0,45 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 3, крива – \diamond). Зі збільшенням концентрації E472e за наявності E472b 0,4% ГНЗ МАШ збільшується з $(0,08 \pm 0,04) \times 10^{-3}$ до $(0,53 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 3, крива – Δ). За концентрації ПАР E472e 0,2...0,8% системи «молоко-E472b-E472e» зі збільшенням концентрації E472e та вмісту E472b 0,6% ГНЗ МАШ збільшується з $(0,07 \pm 0,04) \times 10^{-3}$ до $(0,41 \pm 0,02) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 3, крива – \square), що підтверджує доцільність використання ПАР із високим та низьким ГЛБ для збільшення міцності МАШ.

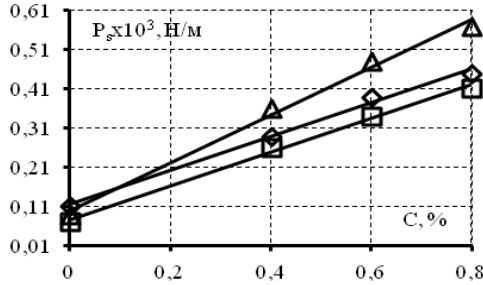


Рис. 3. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E472e системи «молоко–E472b–E472e» за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$ на межі поділу фаз «вода–повітря» за вмісту E472b, %: \diamond – 0,2; Δ – 0,4; \square – 0,6

Попередніми дослідженнями встановлено, що суміш ПАР E472e і E472b не забезпечує отримання необхідних реологічних властивостей піноемulsionних продуктів, хоча й підвищують піноутворюючу здатність і стійкість піни піноемulsionних систем. Характерним недоліком таких систем є низька формостійкість, імовірно, через низький вміст дестабілізованої емульсії. Уведення ПАР E322 забезпечує необхідну кристалізацію та агломерацію жиру. Тому нами визначено ГНЗ МАШ-систем, що містять білки молока й суміш трьох ПАР. Установлено, що залежність ГНЗ МАШ-системи «молоко–E322–E472b–E472e» за вмісту E 472e 0,6%, E 472b 0,4% на межі розділу фаз вода-повітря від концентрації ПАР E322 має екстремальний характер із максимумом, що відповідає концентрації E322 0,3% та становить $(1,12 \pm 0,05) \times 10^{-3}$ Н/м (рис. 4).

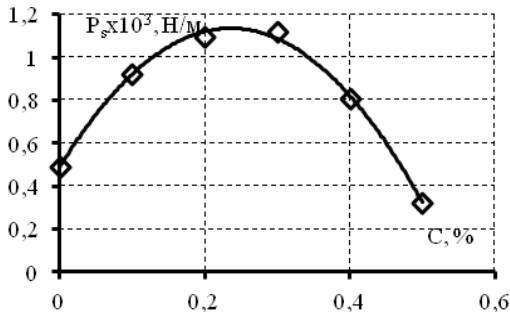


Рис. 4. Залежність ГНЗ МАШ від концентрації E322 системи «молоко–E322–E472b–E472e» за температури $4 \pm 1^\circ\text{C}$ на межі поділу фаз «вода–повітря» за вмісту E472e 0,6%, E472b 0,4%

Таким чином, використання суміші ПАР дозволяє підвищити міцність МАШ на межі розділу фаз вода-повітря та забезпечити стійкість піноемulsionьсїйних систем.

Висновки. Проведені дослідження дозволили обґрунтувати концентрації ПАР і сухого знежиреного молока з метою регулювання міцності МАШ для отримання пластичних стійких піноемulsionьсїйних систем. Установлено, що використання молока в концентрації 3,5...4,2% сприяє збільшенню ГНЗ МАШ на межі розділу фаз вода-повітря. ПАР із низьким ГЛБ E322 у концентраціях 0,05...0,5% і E472b у концентрації 0,2...0,8% зменшують міцність МАШ на межі розділу фаз вода-повітря. Використання ПАР із високим ГЛБ E472e в концентрації 0,2...0,8% сприяє збільшенню міцності МАШ на межі розділу фаз вода-повітря в 2,2 рази.

Установлено, що використання суміші з двох ПАР із високим ГЛБ E472e в концентрації 0,6...0,8% та низьким ГЛБ E472b 0,4...0,8% дозволяють підвищити міцність МАШ на межі з повітрям порівняно із системами з однією ПАР. Уведення E322 в інтервалі концентрацій 0,05...0,5% до системи «молоко-E472e-E472b» дозволяє збільшити міцність МАШ на межі розділу фаз вода-повітря в 2,1 рази у порівнянні з системами з двома ПАР.

Результати експериментальних досліджень дозволили визначити шляхи регулювання міцності МАШ та концентрації основних рецептурних компонентів: сухе знежирене молоко – 3,5...4,2%, E472e – 0,5...0,6%, E472b – 0,4...0,5%, E322 – 0,3...0,4% і довести, що використання суміші трьох ПАР дозволяє підвищити міцність МАШ, що забезпечує стійкість піноемulsionьсїйних систем.

Список джерел інформації / References

1. Просеков А. Ю. Роль межфазных поверхностных явлений в производстве дисперсных продуктов с пенной структурой / А. Ю. Просеков // *Хранение и переработка сельхоз. сырья.* – 2001. – № 8. – С. 24–27.

Prosekov, A.Y. (2001), «The role of interfacial phenomena in the production of particulate product with a foamy structure» [«Rol' mezhfaznykh yavleniy v proizvodstve tverdykh chastits produkta s penistoy strukturoy»], *Poultry farming. raw materials*, № 8, pp. 24–27.

2. Маркина З. М. Влияние природы межфазной границы раздела на поверхностную активность ПАВ из водних растворов / З. М. Маркина, Н. М. Задимова, Н. Н. Цикурина // *Коллоидный журнал.* – 1982. – Т. 44, № 6. – С. 1073–1076.

Markina, Z.M., Zadimova, N.M., Tsikurina, N.N. (1982), «The influence of the nature of the interface section on the surface activity of the surfactant from the aqueous solution» [«Vliyaniye prirrody sektsii interfeysa na poverkhnostnoy aktivnosti poverkhnostno-aktivnogo veshchestva iz vodnogo rastvora»], *Colloid Journal*, P. 44, № 6, pp.1073–1076.

3. Товма Л. Ф. Визначення закономірностей формування міжфазних адсорбційних шарів у технології повітряно-горіхового напівфабрикату / Л. Ф. Товма, А. Д. Пуніна, А. Б. Горальчук // Прогресивна техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі. – X : ХДУХТ, 2013. – Вип. 1 (17). – С. 109–115.

Tovma, L.F., Punina, A.D., Goralchuk, A.B. (2013), «Viznachennya zakonomirnostey formuvannya mizhfaznih adsorbtsiynih shariv in tehnologii povitryano-gorihovogo napivfabrikatu» [«Viznachennya zakonomirnostey formuvannya mizhfaznih adsorbtsiynih shariv v tehnologii povitryano-gorihovogo napivfabrikatu»], *Progressive tehnika that tehnologii nutritive virobnitstv, restaurant gospodarstva i torgivli*, HDUHT, Kharkiv, Vol. 1 (17), pp. 109–115.

4. Симоненкова А. П. Разработка технологии мороженого на основе растительных заменителей молока : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.04 / Симоненкова А. П. – Орел, 2006. –171 с.

Simonenkova, A.P. (2006), «Development of the technology of ice cream on based on vegetable milk substitutes» [“Razrabotka tekhnologii morozhenogo na osnove rastitel'nykh zameniteley moloka”: dis. ... kand. tehn. nauk], Eagle, 171 p.

5. Wustneck, R., Kragel, J., Miller, R. (1996), «The adsorption of surface active complexes between β -casein, β -lactoglobulin and ionic surfactants and their shear rheological behavior», *Colloids and Surfaces*, pp. 255–265.

6. Dickinson, E., Hong, S-t. (1997), «Influence of an anionic surfactant on the rheology of heat-set β -lactoglobulin-stabilized emulsion gels», *Colloids Surfaces A: Physicochemical and Engeneering Aspects*.127 pp. 1–10.

7. Dickinson, E. (1998), «Proteins at interfaces and in emulsions. Stability, rheology and interactions», *Journal of the Chemical Society, Faraday Transactions*, № 94, pp. 1657–1669.

8. Kelley, D., McClements, D. (2003), «Interactions of bovine serum albumin with ionic surface in aqueous solutions», *Food Hydrocolloids*, № 17, pp. 73-85.

9. Choi, E., Foster, M. (2003), «Surfactant displacement of human serum albumin adsorbed on loosely packed self-assembled monolayers: cetyl trimethyl ammonium bromide versus sodium dodecyl sulfate», *Journal of Colloid Interface Science*, № 261 (2), pp. 273-282.

Омельченко Світлана Борисівна, здобувач, кафедра технології харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (066)2184230; e-mail: gonch_sveta@mail.ru.

Омельченко Светлана Борисовна, соискатель, кафедра технологии питания, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (066)2184230; e-mail: gonch_sveta@mail.ru.

Omel'chenko Svetlana, applicant, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (066)2184230; e-mail:gonch_sveta@mail.ru.

Горальчук Андрій Богданович, канд. техн. наук, доц., кафедра технології харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (066)0903807; e-mail: abgora@gmail.com.

Горальчук Андрей Богданович, канд. техн. наук, доц., кафедра технології питаня, Харьковський державний університет питаня и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (066)0903807; e-mail: abgora@gmail.com.

Goralchuk Andrii, candidates of Technical Sciences, Associate Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Str. Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (066)0903807; e-mail: abgora@gmail.com.

Гринченко Ольга Олексіївна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри технології харчування, кафедра технології харчування, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (098)4141579; e-mail: grinol@mail.ru.

Гринченко Ольга Алексеевна, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри технології питаня, кафедра технології питаня, Харьковський державний університет питаня и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (098)4141579; e-mail: grinol@mail.ru.

Grinchenko Olga, Doctor of Technical Sciences, Professor, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (098)4141579; e-mail: grinol@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 641.887.001.5:634.7

ВПЛИВ АРОМАТИЧНИХ ДОБАВОК НА БІОФЛАВОНОЇДИ ЯГІДНИХ СИСТЕМ

Л.П. Малюк, Н.Ю. Балацька

Досліджено вплив ароматичних рослинних добавок на збереженість фенольних сполук у ягідних системах. Застосування ароматичної сировини чинить значну позитивну дію на стабільність біофлавоноїдів ягід малини й бузини та дозволяє використовувати їх у технології солодких соусів для отримання продукту з підвищеним вмістом біологічно активних речовин із високими органолептичними показниками.

Ключові слова: біофлавоноїди, ароматичні рослинні добавки, стабілізуючий ефект, ягідні маси, якість.