

УДК 663.911.1:637.148.4

**О.С. Єфремова**, магістрант

**А.Б. Горальчук**, канд. техн. наук

**П.П. Пивоваров**, д-р. техн. наук

## **ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН У ТЕХНОЛОГІЇ РОСЛИННИХ ВЕРШКІВ**

*Здійснено огляд стану проблеми використання поверхнево-активних речовин у складі пін, обґрунтовано оптимальний кількісний та якісний склад емульгаторів для рослинних вершків.*

*Рассмотрено состояние проблемы использования поверхностно-активных веществ в составе пен, обоснован оптимальный количественный и качественный состав эмульгаторов для растительных сливок.*

*The state of the problem of surface-active substances in suds, has proved optimum quantitative and qualitative composition of emulsifiers for whipping cream.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У зв'язку із зростаючою необхідністю виробництва комбінованих молочних продуктів, збагачених різними харчовими добавками, з метою задоволення потреб в продуктах різних категорій населення виникає завдання детального вивчення складу, реологічних і функціональних властивостей молочних продуктів, виготовлених із застосуванням добавок.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У харчовій промисловості широко використовують замітник натуральних вершків – рослинні вершки, які мають низку переваг: стабільність під час зберігання; тривалий термін зберігання до 9 місяців; зручність у застосуванні; інертність до інших інгредієнтів, що входять до складу готової продукції; зниження собівартості готового виробу.

Для отримання рослинних вершків із заданими властивостями необхідне використання поверхнево-активних речовин у технології рослинних вершків, яке обумовлене утворенням дисперсної системи – емульсії та піни.

Структура збитих вершків формується за досить низьких температур шляхом насичення вершків бульбашками повітря, які дисперговані у олієводному комплексі. Протягом процесу збивання бульбашки повітря стабілізуються за рахунок адсорбції білків молока та агрегації глобул жиру. Вважається, що адсорбовані глобули білків денатурують на поверхні, що призводить до утворення в'язкопружної мембрани навколо повітряних бульбашок. Збивання вершків за

температури 0...7°С призведе до часткової коалесценції крапель жиру, які, в свою чергу, формують жорсткий каркас навколо повітряних пухирців. Як правило для рослинних вершків використовують жири з високою температурою плавлення. Сформований каркас забезпечує стабільність та текстуру кінцевого продукту [1].

Механізм утворення поверхневого шару жирової краплі вершків, що збиваються точно невідома. Пояснюється тим, що перший шар емульгатора адсорбується на поверхні жирової краплі, а другий білковий шар – прилеглий до першого шару через відносно слабкі водородні зв'язки. Коли вершки збивають, то білок відокремлюється від жирової краплі дуже легко і емульсія таким руйнується. Або білок та емульгатор формують змішаний поверхневий шар, в якому обидві речовини адсорбуються через гідрофобну взаємодію з поверхневим шаром. Це може призводити до локальних відмінностей у граничній напрузі поверхні (тобто між ділянками багатими на білок та багатими на емульгатор) жирових крапель, яка допомагає керувати адсорбцією краплі та їх частковим з'єднанням.

До емульгаторів ставляться наступні вимоги для використання у збитих вершках:

- здатність витіснити білки з олієводного поверхневого шару, що призведе до стабілізації вершків. Це змінює адсорбований склад шару та граничну напругу жирової крапельки;
- брати участь у початковій стабілізації;
- утворювати поверхні жирових крапель;
- поверхнево-активна речовина повинна мати занадто виражену схильність мігрувати до міжфазної поверхні;
- олієрозчинні ПАР переважно утворюють емульсії «вода в олії» (і навпаки);
- стійкі емульсії часто утворюються при використанні суміші гідрофільного і гідрофобного ПАР;
- чим полярніша жирова фаза, тим вище має бути гідрофільність емульгатора (і навпаки) [1; 2].

Біополімери які інколи додають до збитих вершків (камеді, желатин, йота-каррагінан, мікрокристалічна целюлоза, гідроксипропіл-метилцелюлоза) для покращення піноутворюючої здатності збільшують в'язкість водної фази, таким чаном уповільнюючи рух повітряних пухирців. Суть процесу піноутворення полягає в тому, що бульбашки газу оточуються адсорбційним шаром піноутворювача, спливають до поверхні [1; 3].

Стабільні піни характеризуються піноутворюючою здатністю і стійкістю. Мірою піноутворюючої здатності є об'єм піни відразу після її одержання, а мірою стійкості – час життя піни, що утворилася. Розчини білків мають дуже низьку піноутворюючу здатність, але утворюють високостійкі піни, тоді як розчини деяких ПАР виявляють

високу піноутворюючу здатність, але погану стійкість пін. Поєднання білків молока та ПАР у рослинних вершках дозволяє одержати стійкі піни з високою піноутворюючою здатністю.

Необхідною умовою піноутворення є таке: один з розчинених компонентів повинен бути поверхнево-активним, пінні плівки повинні мати поверхневу пружність; поверхнева пружність повинна виявлятися протягом всього часу розтягування і відновлення плівки.

Щоб пінна плівка мала пружність, піноутворювач (ПАР) не повинен дифундувати з плівки до знов виникаючої поверхні, раніше ніж плівка повернеться в початковий стан. Поверхнево-активні речовини з великими значеннями ККМ, що забезпечують високі концентрації в розчині молекулярно розчиненого ПАР, не утворюють стійких пін, оскільки при цьому дифузія ПАР з плівки до знов виникаючих поверхонь призводить до адсорбції на них ПАР до релаксації плівки.

Важливим аспектом в утворенні та стабілізації пін є розуміння сил, що діють на піну: сила гравітації, капілярні сили, різниця тиску газу усередині бульбашки в залежності від його розміру; перекривання подвійних електричних шарів (ПЕШ), що створюються адсорбційними шарами ПАР на межі рідина-повітря. Чинником, який має очевидний вплив на час життя пін – є в'язкість рідини. Природно, що дуже в'язким пінам притаманна підвищена стійкість, як у збитих вершках.

Для регулювання піноутворюючої здатності використовують ПАР з різним критичним параметром упаковки (КПУ). Це обумовлене тим, що різне КПУ характерне для ПАР на основі гліцерину та жирних кислот, які, в свою чергу, характеризуються різним йодним числом. Таким чином йодне число моно- та дигліцеридів є чинником, який характеризує упаковку ПАР на між фазній поверхні. Збільшення КПУ системи ПАР впливає на піну двояко: когезія в плівці збільшується, що підвищує піноутворюючу здатність, і вірогідність утворення дірки збільшується (що знижує піноутворюючу здатність). Тому можна чекати, що піноутворювальна здатність проходить через максимум у міру зміни КПУ [2; 4; 5].

**Мета та завдання статті.** Метою досліджень є визначення оптимального кількісного та якісного складу ПАР для рослинних вершків.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Об'єктом досліджень були рослинні вершки. Основними рецептурними компонентами рослинних вершків є жировий компонент (олія пальмоядра), який сприяє формуванню структури вершків, її стабілізації, покращує текстуру та консистенцію, піноутворювачі (молоко сухе знежирене, ПАР) для формування пінної структури, цукор, стабілізатори (мікрокристалічна целюлоза, йота-каррагінан,

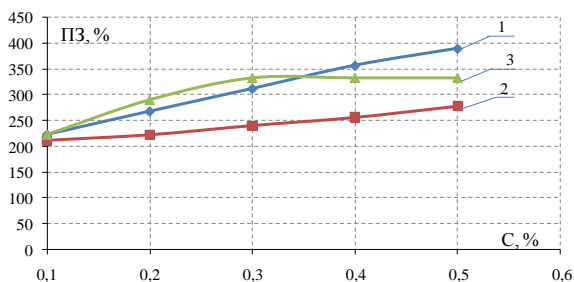
гідроксипропіл-метилцелюлоза 4000), що стабілізують пінну структуру вершків, формують текстуру та консистенцію.

Під час досліджень використовували моногліцерид Е 471 з йодними числами 3, 60, 80 г /100 г, ефір молочної кислоти моно- та дигліцеридів жирних кислот Е 472 в, ефір полігліцеролу рослинних жирних кислот Е 475, Твін 20 Е 432, Твін 60 Е 435, Твін 80 Е 433.

Для досліджень використовували систему, що моделює за своїм складом рослинні вершки. Концентрацію емульгаторів змінювали у діапазоні 0,1...0,5 %.

Піноутворюючу здатність та стійкість піни збитих рослинних вершків визначали за методами Лур'є.

З метою визначення КПУ на піноутворюючу здатність та стійкість піни визначено вплив моногліцериду Е 471 з йодним числом 3, 60 та 80 г.



**Рисунок 1 – Залежність піноутворюючої здатності моногліцеридів Е 471 з різним йодним числом: 1 – ЙЧ=3; 2 – ЙЧ=60; 3 – ЙЧ=80**

Встановлено, що збільшення концентрації моногліцериду Е 471 з різними йодними числами сприяє збільшенню піноутворюючої здатності з різною швидкістю. Так, за збільшення моногліцериду з ЙЧ 3 та 60 з 0,1 до 0,5% сприяє збільшенню піноутворюючої здатності в 1,77 рази з 220±1 до 390±1 % та в 1,27 рази з 210±1 до 280±1 % відповідно. При використанні моногліцериду з йодним числом 80 встановлено, що збільшення концентрації з 0,1 до 0,3 % сприяє збільшенню піноутворюючої здатності в 1,5 рази з 220±1 до 330±1%, подальше збільшення концентрації не призводить до збільшення піноутворюючої здатності.

Отримані дані дозволяють констатувати, що використання однакових ПАР, але з різним йодним числом, а отже і з різною КПУ можна отримати системи з різною піноутворюючою здатністю. При цьому максимальна ПЗ характерна для ПАР з нижчим йодним числом, тобто вищим КПУ. З огляду на літературні дані, що КПУ впливає

двоєко на пінні системи, а саме підвищує ПЗ, але поряд із цим знижує стійкість піни, вибір виду і концентрації ПАР повинен ґрунтуватися на поєднанні цих двох показників.

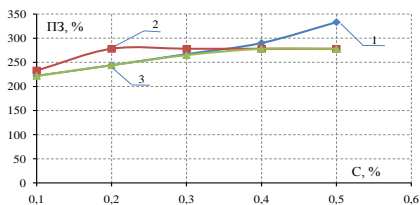
Досліджено вплив моногліцеридів з різним йодним числом на стійкість піни, результат наведено в табл. 1.

*Таблиця 1 – Вплив моногліцеридів на стійкість піни*

Концентрація Е 471, %	Стійкість піни, %		
	ЙЧ = 3	ЙЧ = 60	ЙЧ=80
0	40±1	40±1	40±1
0,1	100	98±1	100
0,2	95±1	95±1	100
0,3	96±1	95±1	94±1
0,4	94±1	95±1	90±1
0,5	100	94±1	93±1

На основі отриманих даних встановлено, що в системі, яка не містить моногліцериду стійкість піни становить 40±1 %. При внесенні моногліцериду в концентрації 0,1...0,5 % піни характеризуються високою стійкістю. Тому вибір ПАР повинен здійснюватися на основі ПЗ.

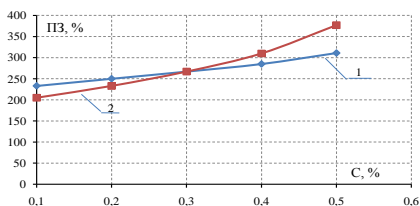
Для визначення впливу гідрофільності (показником якої є ГЛБ) поверхнево-активної речовини на піноутворюючу здатність досліджено вплив Твінів (Твін 20 Е 432; Твін 80 Е 433; Твін 60 Е 435) та ефірів (ефір молочної кислоти та моно-, дигліцеридів Е 472 в, ефір полігліцеролу рослинних жирних кислот Е 475) на рис. 2, 3.



**Рисунок 2 – Залежність піноутворюючої здатності Твінів із різним ГЛБ:  
1 – Твін 20 Е 432; 2 – Твін 80 Е 433; 3 – Твін 60 Е 435**

Встановлено, що збільшення концентрації Твінів (Е 432, Е 433, Е 435) сприяє збільшенню піноутворюючої здатності з різною швидкістю. Збільшення концентрації Твіну 20 з 0,1 до 0,5 % сприяє

збільшенню ПЗ в 1,5 рази з  $220 \pm 1$  до  $330 \pm 1$ %. Збільшення концентрації Твін 80 з 0,1 до 0,2% сприяє збільшенню піноутворюючої здатності в 1,22 рази з  $230 \pm 1$  до  $280 \pm 1$ %, подальше збільшення концентрації не призведе до збільшення піноутворюючої здатності. Збільшення концентрації Твін 60 з 0,1 до 0,4% сприяє збільшенню піноутворюючої здатності в 1,27 рази з  $220 \pm 1$  до  $280 \pm 1$ %, подальше збільшення концентрації не призведе до збільшення піноутворюючої здатності. Ймовірно, таку поведінку можна пояснити насиченням міжфазних адсорбційних шарів та нижчим значенням ККМ у випадку використання Твіну 80 в концентрації до 0,2% та 60 в концентрації до 0,4%. У Твіна 20 ця концентрація лежить в області більшої за 0,5%.



**Рисунок 3 – Залежність піноутворюючої здатності поверхнево-активних речовин: 1 – ефір молочної кислоти і моно- та дигліцеридів Е 472 в; 2 – ефір полігліцеролу та жирних кислот Е 475**

Встановлено, що збільшення концентрації ефірів (молочної кислоти та монодигліцеридів Е 472в і полігліцеролу жирних кислот Е 475) з 0,1 до 0,5% сприяє збільшенню ПЗ в 1,35 рази з  $230 \pm 1$  до  $310 \pm 1$  та в 1,85 рази з  $205 \pm 1$  до  $380 \pm 1$ % відповідно, залежність носить лінійний характер.

Отримані дані свідчать про значний вплив на ПЗ зазначених ПАВ, зокрема, полігліцеролу та жирних кислот Е 475, що може бути пов'язане з величиною його ГЛБ, та певними величинами КПУ.

Досліджено вплив Твінів (Твін 20 Е 432; Твін 80 Е 433; Твін 60 Е 435) та ефірів (ефір молочної кислоти і моно- та дигліцеридів Е 472 в, ефір полігліцеролу та жирних кислот Е 475) на стійкість піни, результати наведено у табл. 2.

Таблиця 2 – Вплив поверхнево-активних речовин на стійкість піни

Концентрація ПАР, %	Стійкість піни, %				
	Е 432	Е 433	Е 435	Е 472 в	Е 475
0	40±1	40±1	40±1	40±1	40±1
0,1	90±1	95±1	87±1	98±1	98±1
0,2	91±1	80±1	91±1	95±1	95±1
0,3	96±1	80±1	95±1	96±1	96±1
0,4	96±1	84±1	92±1	96±1	96±1
0,5	87±1	88±1	92±1	96±1	99±1

На основі отриманих даних встановлено, що системи з використанням гідрофобних емульгаторів є більш стійкими, ніж системи з використанням гідрофільних емульгаторів. Твіни в порівнянні з ефірами характеризуються нижчою стійкістю, яка складає 80...96%. Виключення становить лише ефір полігліцеролу та жирних кислот Е 475, який характеризується значною ПЗ та високою стійкістю піни, але дана ПАР характеризується гранично допустимими концентраціями для використання у харчових продуктах, поряд із цим моногліцериди не мають обмежень щодо використання в харчових продуктах.

Таким чином можна констатувати, що значення ГЛБ емульгатора є важливою характеристикою поверхнево-активної речовини, яка впливає на піноутворюючу здатність та стійкість пін.

Встановлено, що максимальною піноутворюючою здатністю 390% та стійкістю 100% характеризуються системи із вмістом моногліцериду Е 471 з йодним числом 3 г за концентрації 0,5%. Тому вважаємо доцільним дослідити вплив поверхнево-активної речовини на в'язкість системи як параметра, що забезпечує стійкість дисперсних систем (рис. 4).

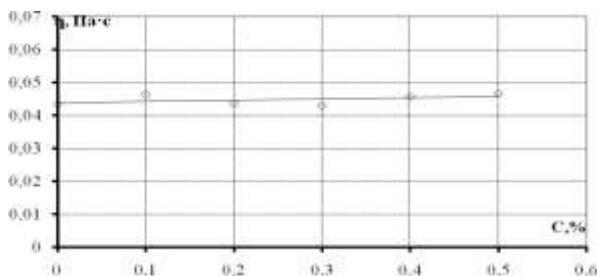
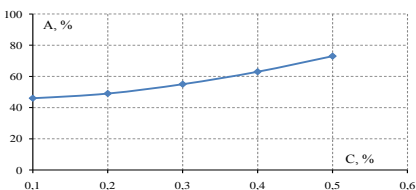


Рисунок 4 – Залежність ефективного в'язкості систем від концентрації моногліцериду Е 471 з ЙЧ = 3 (за  $\dot{\gamma} = 300 \text{ c}^{-1}$ )

Дослідження показали, що збільшення концентрації моногліцериду до 0,5 % практично не впливає на в'язкість піни та складає  $0,044 \pm 0,001$  Па·с. Таким, чином, можна стверджувати, що стійкість піни за введення моногліцериду Е 471 визначається суто міжфазними процесами.

Диференційний розподіл дисперсної фази є важливим показником, який характеризує стійкість дисперсних систем та їх стійкість у часі. Нами визначено диференційний розподіл бульбашок повітря у піні від концентрації моногліцериду Е 471. Встановлено, що розподіл бульбашок повітря знаходиться в інтервалі 8...36 мкм, виділено бульбашки розміром 8...14 мкм, оскільки саме вони визначають стійкість системи. Видно (рис. 5), що збільшення концентрації моногліцериду Е 471 до 0,5 % сприяє збільшенню кількості бульбашок з зазначеним розміром з  $44 \pm 0,5$  до  $73 \pm 0,5\%$ , тобто відбувається зменшення кількості бульбашок з великим розміром та формуванням монодисперсної системи, яка характеризується високою стійкістю.



**Рисунок 5 – Залежність кількості бульбашок повітря розміром 8...14 мкм від концентрації моногліцериду Е 471 з ЙЧ = 3 у системі, що моделює рослинні вершки**

**Висновки.** Таким чином проведені дослідження дозволяють обрати оптимальний кількісний та якісний склад поверхнево-активних речовин для рослинних вершків. Найбільша піноутворююча здатність та стійкість піни притаманна системам з використанням моногліцериду Е 471 з йодним числом 3 та концентрацією 0,5%.

Перспективним вважаємо дослідження впливу на рослинні вершки жирових, стабілізуючих компонентів, детальне дослідження структури піни та прогнозування стійкості піни на основі її макроструктури, більш детальне вивчення взаємного впливу компонентів суміші рослинних вершків.

#### *Список літератури*

1. Google Книги: Food emulsions: principles, practices, and techniques [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<http://books.google.com.ua>>.



2. Google Книги: Food Emulsifiers and Their Applications [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <<http://books.google.com.ua>>.

3. Поверхностно-активные вещества и полимеры в водных растворах [Текст] / К. Холмберг [и др.] ; пер. с англ. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. – 528 с.

4. Нечаев, А. П. Пищевая химия [Текст] / А. П. Нечаев, С. Е. Траубенберг, А. А. Кочеткова; – 2-е изд. перераб. и испр. – СПб. : ГИОРД, 2003. – 640 с.

5. Тихомиров, В. К. Пены. Теория и практика их получения и разрушения [Текст] / В. К. Тихомиров. – М. : Химия, 1975. – 264 с.

6. Фролов, Ю. Г. Курс коллоидной химии. Поверхностные явления и дисперсные системы [Текст] / Ю. Г. Фролов. – 2-е изд. перераб. и доп. – М. : Химия, 1988. – 464 с.

Отримано 31.03.2010. ХДУХТ, Харків.

© О.С. Єфремова, А.Б. Горальчук, П.П. Пивоваров, 2010.

УДК 664.34

**А.Д. Архіпова**, магістр

**М.Б. Колеснікова**, канд. техн. наук, доц.

**Т.О. Колісниченко**, канд. техн. наук, доц.

## ТЕХНОЛОГІЯ ХОЛОДНИХ СОУСІВ З ЕЛАМІНОМ

*Запропоновано нову технологію соусів, збагачених біоорганічними сполуками йоду, шляхом використання еламіну. Визначено умови відновлення, емульгуючі та стабілізуючі властивості еламіну.*

*Предложена новая технология соусов, обогащенных биоорганическими соединениями йода, путем использования эламина. Определены условия восстановления, эмульгирующие и стабилизирующие свойства эламина.*

*New technology of sauces with bioorganic compounds of iodine is offered, by the use of elamin. Terms of renewal, emulsifying and antihunt properties of elamin have been established.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Харчування є визначальним фактором життя. За допомогою харчових продуктів людина задовольняє потребу в енергетичних ресурсах, незамінних факторах харчування, що мають біологічну активність (вітаміни, мікроелементи, антиоксиданти), детоксикантах (харчові волокна та інші природні ентеросорбенти). Кількість харчових речовин, які потрапляють до організму, повинна відповідати витратам цих речовин, як в кількісному, так і в якісному вираженні.