

С.Л. Юрченко, канд. техн. наук

Н.В. Сороколат, асп.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЧИННИКІВ НА ВЛАСТИВОСТІ ПІНИ

Розглянуто процес піноутворення та чинники впливу на нього. Досліджено піноутворюючу здатність і стійкість піни систем, які в якості піноутворювачів містять гідроксипропілметилцелюлозу та поліоксиетиленсорбітанмонолаурат.

Рассмотрен процесс пенообразования и факторы влияния на него. Исследовано пенообразующую способность и стойкость пены систем, в которых гидроксипропилметилцеллюлоза и полиоксиэтиленсорбитан-монолаурат являются пенообразователями.

The problem of the process of foaming and factors of influence on him. Examined foaming capacity and foam stability systems in which hydroxypropylmethyl cellulose and polyoxyethylene sorbitan monolaurate are foamers.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Піни – це складні гетерогенні системи, які характеризують текстуру багатьох харчових продуктів. Вони надають об'єм і характерні органолептичні характеристики таким продуктам, як збиті вершки та морозиво, і легку, повітряну текстуру випеченим виробам. Неправильно сформована або нестабільна піна призводить до отримання щільних продуктів із низьким об'ємом, які не відповідають споживчим характеристикам.

Піни за своєю природою нестійкі, тому вчені постійно вивчають чинники, що впливають на властивості пін із метою отримання продукції зі стабільними показниками якості.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що збита десертна продукція – це складна пінна система, яка є надзвичайно нестійкою та потребує внесення різноманітних піноутворювачів та стабілізаторів. Численні експериментальні дані свідчать про те, що найбільш розповсюдженими піноутворювачами та стабілізаторами піни є білкові речовини, наприклад яєчний білок. Поряд із ним використовують желатин, агар, карагенан та інші поверхнево-активні речовини, які сприяють збільшенню в'язкості системи, а отже, стабілізації отриманих пінних систем. Проте механізми їх дії доволі

складні, що зумовлює актуальність експериментальних досліджень у цьому напрямку.

Мета та завдання статті полягають у визначенні основних властивостей піни та особливостей її формування в залежності від виду піноутворювача, який використовується, його концентрації в системі та впливу різних технологічних чинників.

Виклад основного матеріалу дослідження. У сучасних умовах діяльність закладів ресторанного господарства орієнтується на вирішення проблем, пов'язаних із розробкою та впровадженням конкурентоспроможних технологій і випуску продукції зі стабільними споживчими характеристиками.

У закладах ресторанного господарства (ЗРГ) значна частка продукції припадає на солодкі страви та напої, з яких найбільшим попитом користуються вироби з пінною структурою. Аналіз роботи діючих ЗРГ показав, що останнім часом виробництво солодких страв із пінною структурою значно збільшилося, також розширився асортимент даної групи продукції. Проте продукція, що виробляється і реалізується, в повному обсязі не задовольняє потреби споживачів. Чинниками, які стримують її виробництво, є трудомісткість, багатостадійність технологічного процесу виробництва, відсутність сировини зі стабільними показниками якості [1].

Складність виготовлення збитих солодких страв пояснюється тим, що піни – це термодинамічно нестійкі системи, оскільки мають розвинену поверхню поділу. Нестійкість викликана надлишком вільної енергії у поверхневому шарі, який розділяє дисперсійну фазу та дисперсійне середовище, внаслідок чого погіршуються органолептичні показники готової продукції. Для стабілізації виробів до їх складу вносять стабілізатори, які до того ж збільшують піноутворюючі властивості [2].

Дві найбільш важливі характеристики піни – це об'єм піни та її стабільність. Об'єм піни залежить від здатності піноутворювача до адсорбції на межі розподілу фаз і швидкого зниження поверхневого натягу та енергійності збивання. Стабільність піни залежить від здатності піноутворювача давати стабільні міжфазні плівки і в'язку безперервну фазу. Хоча всі поверхнево-активні речовини здатні до зниження поверхневого натягу та піноутворення, але не всі здатні до утворення стабільних пін. Насправді, деякі з них можуть гасити піну.

На основі літературних даних можна виділити такі основні властивості пін, що характеризують пінну систему: піноутворююча здатність, кратність, стабільність та дисперсність піни.

Піноутворююча здатність розчину – кількість піни, що

виражається її об'ємом (у мл) або висотою стовпа (у мм), що утворюється з постійного об'єму розчину у разі дотримання визначених умов протягом певного часу.

Кратність піни β являє собою відношення об'єму піни V_n до об'єму розчину V_p , що пішов на її утворення:

$$\beta = \frac{V_n}{V_p} = (V_z + V_p),$$

де V_n – об'єм піни; V_p – об'єм розчину; V_z – об'єм газу в піні.

Стабільність піни – це її спроможність зберігати загальний об'єм, дисперсний склад і перешкоджати витіканню рідини (синерезису). Часто в якості міри стабільності піни використовують час існування («життя») елемента піни (окремого пухирця, плівки) або визначеного її об'єму.

Дисперсність піни, яка може бути задана середнім розміром пухирця, розподілом пухирців за розмірами або поверхнею поділу розчинів – кількість газу в одиниці об'єму піни.

«Чисті» рідини не спроможні утворювати піни досить високої стабільності. Це положення добре відомо з практики і було підтверджено багатьма вченими на основі уявлень термодинаміки.

Однокомпонентна система з досить великою поверхнею (плівка, пухирець) швидко руйнується незалежно від значення поверхневого натягу. У таких системах не виявляються чинники стабілізації, характерні для пін, а процеси їх руйнації відбуваються самовільно і з дуже високою швидкістю. Так, за відсутності надлишку молекул ПАР у поверхневому прошарку, плівки чистих рідин руйнуються під впливом сил тяжіння ще за досить великої товщини.

Стабільність пін визначається природою піноутворюючої речовини. Було доведено, що низькомолекулярні сполуки утворюють піни, стійкість яких досягає максимального значення за деякої концентрації, після чого знижується практично до нуля [3].

Усі вищезазначені властивості пін, визначають її структурно-механічні властивості. На відміну від рідин піни мають особливості, що дозволяють розглядати їх як структуровані системи, що мають властивості твердих тіл. Зовнішньо це виявляється в здатності піни зберігати певний час початкову форму. Очевидно, є зв'язок між структурно-механічними властивостями піни, синерезисом і в'язкістю поверхневих прошарків. Високу в'язкість мають піни, що

характеризуються меншою швидкістю витікання рідини і високою в'язкістю адсорбційних прошарків. Ці властивості притаманні розчинам речовин, що містять полярні органічні групи (наприклад, насиченим жирним спиртам або кислотам), які гарно адсорбуються на поверхні поділу фаз рідина-газ [4].

Розглянемо основні чинники, які впливають на процес піноутворення:

- будова молекул ПАР;
- концентрація ПАР;
- температура;
- рН середовища;
- поверхневий натяг розчину;
- присутність інших речовин.

Будова молекул поверхнево-активних речовин (ПАР).

Піноутворююча здатність розчинів ПАР залежить від розташування в молекулі гідрофільної групи: чим ближче вона розташована до середини молекули, тим піноутворююча здатність розчинів вище. Порівняти літературні дані про піноутворюючу здатність ПАР різноманітних класів досить важко, що пояснюється різними умовами проведення дослідів і використанням різноманітних методів визначення цього чинника впливу.

Залежність піноутворюючої здатності від концентрації ПАР. Зі збільшенням концентрації ПАР піноутворення розчинів спочатку звичайно збільшується до максимального значення, потім залишається практично постійним аж до межі розчинності даного ПАР або знижується. Подібна залежність характерна для всіх речовин.

Збільшення піноутворюючої здатності зі збільшенням концентрації пов'язують із міцелоутворенням, оскільки у разі досягнення критичної концентрації міцелоутворення (ККМ) спостерігається максимальний об'єм піни. Крім того, в області ККМ відбувається завершення формування адсорбційного прошарку з максимальною механічною в'язкістю. При подальшому збільшенні концентрації ПАР у розчині (вище ККМ) швидкість дифузії молекул у поверхневий прошарок зменшується, чим і пояснюється, очевидно, деяке зниження піноутворюючої здатності.

Вплив температури на піноутворюючу здатність. В області позитивних температур піноутворення ПАР із підвищенням температури звичайно збільшується, а потім, пройшовши через максимум, починає знижуватися. Для низки речовин подібна залежність не дотримується і навіть за температури, близької до 100° С, об'єм утвореної піни залишається великим.

Вплив рН на піноутворюючу здатність. Жирні кислоти та їх лужні солі в кислому середовищі практично не утворюють піну. Максимальне піноутворення жирних кислот звичайно спостерігається за рН=8...9. За цих умов молекули жирної кислоти займають найбільшу площу, що припадає на одну молекулу в моношарі і, очевидно, в адсорбційних прошарках плівок піни. Зі збільшенням довжини гідрофобного ланцюга в низці натрієвих солей насичених жирних кислот максимум піноутворюючої здатності порушується у лужний бік.

Білкові розчини виявляють максимальну піноутворюючу здатність, як правило, у ізоелектричній точці. Розчини желатину і лактальбуміну мають максимальну піноутворюючу здатність за рН=4,5. При рН біля 2 їх піноутворююча здатність також підвищується.

Збільшення піноутворюючої здатності розчинів желатину спостерігається й у лужному середовищі. У разі додавання електролітів відбувається зсув ізоелектричної точки, одночасно з цим зміщується і максимум піноутворення.

Залежність піноутворюючої здатності від поверхневого натягу розчину. Зі зменшенням поверхневого натягу розчину його піноутворююча здатність збільшується; із зменшенням необхідно прикласти менше зусиль для одержання однакового об'єму піни [5].

З урахуванням вищезазначеного та у зв'язку з різноманітністю харчових добавок, які є на українському ринку, нами були досліджені властивості таких піноутворювачів як гідроксипропілметилцелюлоза (ГПМЦ) з різною в'язкістю та поліоксиетиленсорбітан монолаурат (або Твін 20).

У ході експерименту було досліджено залежність піноутворюючої здатності (ПЗ) та стійкості піни (СП) від концентрації ПАР (ГПМЦ D5, D50, D4000 та Твін 20) та моменту введення цих речовин у модельні системи. В якості модельних систем було обрано розчини чистих ПАР у діапазоні концентрацій 0,25...1,0% та 10% систему клейстеризованого крохмалю, в яку ПАР вносили до та після клейстеризації.

На рис. 1, 2 наведено результати визначення піноутворюючої здатності та стійкості піни чистих розчинів ПАР. З даних видно, що піноутворююча здатність розчинів ГПМЦ D5 та D4000 збільшується зі збільшенням їх концентрації в системі, в той час як розчини ГПМЦ D50 та Твін 20 мають іншу залежність. Піноутворююча здатність розчинів ГПМЦ D50 за концентрації 0,25% становить 372%, подальше збільшення концентрації ПАР в діапазоні 0,5...0,75% призводить до

зменшення ПЗ (332%), а за концентрації 1,0% система знову набуває значення 372%.

У модельних системах, які містять Твін 20 максимальна ПЗ проявляється за концентрації ПАР в системі 0,5% і становить 410%. Подальше збільшення концентрації призводить до зменшення показників ПЗ. Таким чином можна зазначити, що показники ПЗ модельних систем ПАР коливаються в діапазоні 324...410%.

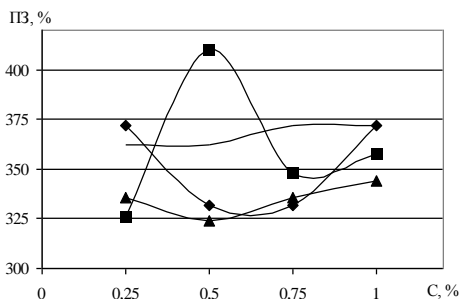


Рисунок 1 – Залежність піноутворюючої здатності чистих розчинів ПАР від концентрації: —■— D5; —◆— D50; —▲— D4000; —■— Твін 20

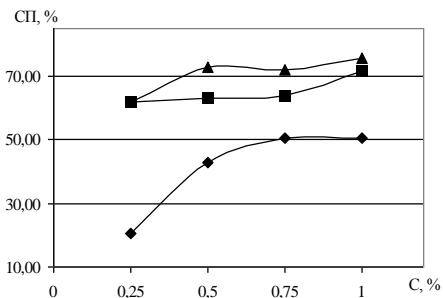


Рисунок 2 – Залежність стійкості піни чистих розчинів ПАР від концентрації: —◆— D50; —▲— D4000; —■— Твін 20

З рис. 2 видно, що стійкість піни модельних систем зростає зі збільшенням концентрації всіх ПАР, окрім ГПМЦ D5, для якої життя піни складає лише 2-3 хв. Найбільшою стійкістю піни характеризується система з ГПМЦ D4000, концентрація якої складає 1,0%, а значення показника становить 75,58%.

Подальші дослідження були спрямовані на визначення впливу ПАР на крохмальні клейстери 10% концентрації, в які ПАР вносили до (рис. 3) та після моменту клейстеризації (рис. 4).

Отримані дані свідчать, що порядок внесення ПАР у модельну систему «10% крохмальний клейстер-ПАР» практично не здійснює впливу на показник піноутворюючої здатності. Виняток становить модельна система з ГПМЦ D50, яка характеризується наступною поведінкою залежно від моменту внесення ПАР: при внесенні ПАР до початку клейстеризації, піноутворююча здатність зменшується зі збільшенням концентрації, в той час як при внесенні ПАР після клейстеризації показник ПЗ збільшується і досягає максимального значення за концентрації ПАР 0,5% (209,64%), а потім зменшується при збільшенні концентрації ПАР до 179,50%.

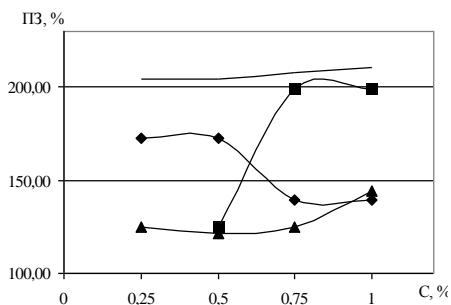


Рисунок 3 – Залежність ПЗ модельних систем «10% крохмальний клейстер-ПАР» від концентрації ПАВ до моменту клейстеризації: — D5; —◆— D50; —▲— D4000; —■— Твін 20

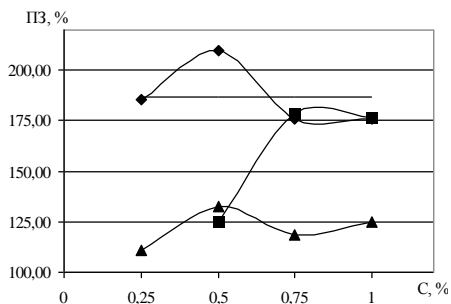


Рисунок 4 – Залежність ПЗ модельних систем «10% крохмальний клейстер-ПАР» від концентрації ПАВ після моменту клейстеризації: — D5; —◆— D50; —▲— D4000; —■— Твін 20

Модельні системи крохмального клейстеру з ГПМЦ D5, ГПМЦ D4000 та Твін 20 характеризуються зростанням показника ПЗ залежно від їх концентрації в системі. Найменше значення показника ПЗ становить 121,51% для ГПМЦ D4000 з концентрацією 0,5%; найбільше – 210,75% для ГПМЦ D5. Слід відзначити, що збільшення концентрації ПАР ГПМЦ D50 в модельних системах призводить до зменшення показника ПЗ з 179,29 до 139,76%.

Результати проведених експериментальних досліджень свідчать, що модельна система з 10% крохмальним клейстером та ПАР Твін 20 у діапазоні концентрацій ПАР 0,25...1,0% характеризується показником ПЗ на рівні 187,10%.

Слід також зазначити, що всі модельні системи «10% крохмальний клейстер-ПАР» характеризуються гарним показником стійкості піни, значення якого для всіх систем становить 100%.

Висновки. Встановлено вплив чистих розчинів ПАР на показники піноутворюючої здатності та стійкості піни модельних систем. Визначено, що піноутворююча здатність чистих розчинів ПАР приблизно у 2 рази вища, ніж 10% систем клейстеризованого крохмалю. Показник стійкості піни у модельних системах із крохмальним клейстером становить 100% у порівнянні з чистими розчинами ПАР, максимальне значення якого становить 75,58% (для ГПМЦ D4000).

Список літератури

1. Гніцевич В. А. Актуальні проблеми виробництва солодких страв з пінною структурою / В. А. Гніцевич, О. А. Васильєва // Обладнання та технології харчових виробництв: темат. зб. наук. праць. Т. 2. / відп. ред. В. О. Сукманов. – Донецьк : ДонДУЕТ, 2000. – Вип. 4. – С. 182–185.
2. Vaclavik V. A. Essentials of food science / Vickie A. Vaclavik, Elizabeth W. Christian. – Springer Science+Business Media, LLC, 2008.
3. Просеков А. Ю. Роль межфазных поверхностных явлений в производстве дисперсных продуктов с пенной структурой / А. Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 8. – С. 24–27.
4. Просеков А. Ю. Влияние различных технологических факторов на качество пенообразных пищевых масс / А. Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 10. – С. 15–17.
5. Просеков А. Ю. Устойчивость пенообразных масс / А. Ю. Просеков // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2001. – № 7. – С. 40–45.

Отримано 01.05.2013. ХДУХТ, Харків.
© С.Л. Юрченко, Н.В. Сороколат, 2013.