

УДК 637.134

ЗНИЖЕННЯ ПІНОУТВОРЕННЯ ПРИ ПРОТИТЕЧІЙНО-СТРУМЕНЕВІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Самойчук К.О., к.т.н.

Таврійська державна агротехнічна університет

Тел.(06192) 42-13-06

Анотація – проаналізовані методи зниження піноутворення та міри боротьби з цим явищем при протитечійно-струменевої гомогенізації молока.

Ключові слова – гомогенізація, піноутворення, протитечійно-струменева гомогенізація, молоко.

Постановка проблеми. Для вирішення проблеми надмірних енерговитрат на гомогенізацію запропоновано використовувати протитечійно - струменеву обробку, що має в декілька разів знижені енерговитрати при якості обробки на рівні клапанних гомогенізаторів[1, 2]. Істотним недоліком струменевих гомогенізаторів є підвищене утворення піни під час обробки молока, що знижує якість оброблюваного продукту. Тому необхідно розробити засоби для зниження кількості піни при протитечійно-струменевої гомогенізації.

Аналіз останніх досліджень. Молоко здатне утворювати піну при транспортуванні, зберіганні і переробці. При цьому відбувається його змішування з повітрям, унаслідок чого виникає дисперсна система газ-рідина. Молоко здатне утворювати піну, що складається як з бульбашок кулястої форми, так і з бульбашок, що мають форму багатокутника і розділених прошарками рідини (комірчасто-плівкова піна). Як вказує А. Тепел, в процесах переробки молока і виробництва різних видів молочних продуктів піноутворення може грати як негативну, так і позитивну роль. В наш час найбільшою мірою реалізована позитивна властивість молока і молочних продуктів утворювати стабільні піни: при виробництві вершкового масла способом збиття вершків, морозива, збитих вершків, комбінованих молочних збитих продуктів. Негативна роль піноутворення виражається в зниженні ефективності пастеризації молока, порушенні окремих технологічних процесів (при резервуванні, виробленні сухих

молочних продуктів, розливі молочних продуктів і т. д.), зниженні якості продуктів, що виробляються, порушенні режимів роботи устаткування (насосів, сепараторів). Відзначимо, що збільшення вмісту жирової фази в молочній рідині може як знижувати її піноутворювальну здатність (знежирене молоко), так і збільшувати, підвищуючи стабільність повітряної дисперсії (вершки). Руйнування піни жировими кульками справедливо лише для дуже низьких концентрацій жирової дисперсії. При цьому механізм несприятливого впливу жирових кульок на піноутворення достовірно не встановлений [3]. Деякі виробничі процеси супроводжуються піноутворенням, яке може викликати ряд технологічної і економічної проблем. Піноутворення може порушити ритмічність виробничого циклу в результаті забивання піною устаткування і комунікацій (трубопроводів, фільтрів, насосів, пасток, відстійників і ін.). Разом з піною з системи видаляється значна кількість корисних речовин. Заповнення піною апаратів викликає зменшення їх корисного об'єму і зниження продуктивної потужності цеху, збільшуючи витрати потужності.

Основна частина. Зменшення утворення піни можна здійснювати безпосереднім її руйнуванням шляхом введення в середу хімічних речовин або за допомогою спеціальних пристроїв, а також непрямыми способами (витягання з розчинів піноутворювачів, стабілізаторів піни або їх деструкція, ведення процесів, що обмежують або виключають утворення піни). Способи безпосереднього руйнування піни за допомогою спеціальних пристроїв, названі «нехімічними» на відміну від хімічного способу, умовно можна розділити на механічні і фізичні. Вживання нехімічних способів економічніше при постійному і інтенсивному піноутворенні. Можливим напрямом боротьби з піноутворенням, викликаним механічними діями може служити вживання антивспінювачів, тобто речовин, які витісняють піноутворювач з границь розділу фаз завдяки високій здатності розтікатися на рідинних плівках. При розтіканні вони захоплюють шар рідини, що пролягає нижче, завтовшки близько 10 мкм і внаслідок цього викликають розрив плівок. Антивспінювачі - це речовини, малорозчинні в пінистому розчині, наприклад силікон і вищі аліфатичні спирти, головним чином октанол і трибутилфосфат. Хімічний спосіб піногасіння в більшості випадків вельми ефективний, а інколи є єдиною прийнятним.

Основним недоліком використання хімічних піногасників є можливість забруднення напівфабрикатів, готового продукту, а також технологічної лінії, хоча більшість вживаних речовин-піногасників інертна, і вводять їх в обмежених кількостях. Крім того, вживання

піногасників підвищує собівартість вироблюваної продукції, оскільки витрата цих речовин на крупних промислових підприємствах може досягати декількох тонн в добу. Для введення хімічних піногасників в апарат потрібні спеціальні пристрої, а в деяких випадках необхідна попередня підготовка піногасників, наприклад емульгування, стерилізація. За принципом дії антивспінювачі можна розділити на дві групи. До першої відносяться речовини, принцип дії яких заснований на взаємодії їх з піноутворювачами з утворенням нерозчинних або малорозчинних з'єднань. Так, при додаванні розчинних солей кальцію і алюмінію, наприклад хлоридів, до піноутворюючого розчину натрієвих або калієвих солей жирних кислот або катіонних ПАР до розчину аніонних ПАР утворюються нерозчинні з'єднання, і піна руйнується. Чим менше з'єднання, що розчинно утворюється, тим більше ефективний антивспінювач. Ефективним способом вживання антивспінювачів цієї групи, при якому досягається прискорене руйнування піни, є подача їх у вигляді піни. Наприклад, піну, стабілізовану катіонними ПАР, подають на ту, що підлягає руйнуванню піну з розчину аніонних ПАР. У розчин катіонних ПАР зазвичай вводять в значній кількості солі кальцію або алюмінію. До недоліків антивспінювачів цієї групи слід віднести велику витрату речовини. Крім того, утворення нерозчинних з'єднань часто виявляється неприйнятним і умовам виробництва через можливості забруднення робочих розчинів.

До другої, більш багаточисельної групі антивспінювачів відносяться речовини, що хімічно не взаємодіють з піноутворювачами. Вони руйнують піну або попереджають її утворення в результаті різних фізичних процесів. Механізм дії антивспінювачів другої групи складніший. Ефективність цих антивспінювачів залежить від їх фізико-хімічних параметрів, що визначають властивості пінних плівок. Існують різні способи вживання антивспінювачів цієї групи. Їх можна вводити заздалегідь в робоче середовище (пінистий розчин) для запобігання небажаному піноутворенню у вигляді розчинів, і також у вигляді водних емульсій різного складу. Згідно іншому способу антивспінювачі вводять в піну, що вже утворилася. Слід зазначити, що ефективність антивспінювачів при цих двох способах вживання неоднакова [4]. У зв'язку з цим, при оцінці піногасної здатності антивспінювачів необхідно розрізняти їх ефективність при руйнуванні піни (власне при піногасінні), що вже утворилася, і при попередженні в процесі спінування. Зазвичай речовини, ефективні при попередженні піноутворення, одночасно добре руйнують і готову піну. В той же час багато антивспінювачів, ефективно руйнівні піну, при попаданні в розчин стають

малоефективними і не попереджають утворення піни. В цьому випадку для запобігання або зменшення піноутворення, а також для руйнування піни, що утворилася, застосовують різні механічні і фізичні способи боротьби. Перші два часто об'єднують в одну групу нехімічних способів піногасіння.

Механічні способи руйнування піни здійснюються за допомогою всіляких пристроїв (мішалки, диски, центрифуги, лопаті, крильчатки і ін.), що мають обертові робочі органи, струмені повітря, пари і рідини, переміщенням піни в циклонах і через тонкі отвори і так далі [5]. Недоліками механічних способів є мала ефективність при руйнуванні високостійких низькократних пін, складність і громіздкість устаткування і велика витрата енергії. Крім того, механічні способи піногасіння зазвичай лише знижують об'єм і кратність піни, але не руйнують її повністю. До фізичних способів відносять руйнування піни термічними діями (нагріванням, обробкою гострою парою, заморожуванням), акустичними хвилями (в основному ультразвуком), вібрацією, дією α - часток, створенням високого капілярного тиску в піні і так далі.

Сутність механічних способів піногасіння полягає в руйнуванні піни шляхом механічної дії на бульбашки. З цією метою найчастіше використовують різного типа пристрої (мішалки, крильчатки і так далі), що обертаються, які можуть бути змонтовані в технологічному апараті безпосередньо на валу перемішуючого пристрою у верхній його частині або встановлені автономно.

Термічний спосіб використовують для руйнування піни, що утворюється у випарних апаратах, а також для руйнування піни стічних вод. Цей спосіб заснований на випарюванні рідини з бульбашок піни, що полегшує їх розрив.

Часто піну руйнують гострою парою або дією на неї тепла, що випромінюється від нагрітої поверхні. Термічний піноруйнувач включає сопло для подачі пари, циліндрову трубу, закріплену співісно соплу. Сопло встановлене в реакторі під кутом до горизонту $10-30^\circ$ в зоні утворення піни над рівнем робочої рідини. Як тільки вспінена маса піднімається і покриє пристрій для гасіння піни, відкривають вентиль на робоче середовище в трубопроводі, що підводить, і пару поступає в сопло. Струмінь пари з сопла ударає в масу піни і руйнує її на своїй дорозі [5].

Акустичний спосіб піногасіння застосовують в різних галузях промисловості. Описаний пристрій для ультразвукового піногасіння на основі пневмонічної сирени. Звукові хвиля відбиваються від рефлектора і у вигляді щільного пучка падають на поверхню пінного

шару, руйнуючи його. Для руйнування стовпа піни діаметром 12 см і заввишки 8 см потрібний всього 4 с.

Піногасіння може мати місце навіть тоді, коли між джерелом звуку і оброблюваним середовищем знаходиться тонка мембрана. В цьому випадку повітря, що виходить з генератора, не вступає в контакт з повітряним простором над оброблюваним пінистим середовищем. Проте при цьому ефективність піногасіння знижується на 50%. Для забезпечення ефективного піногасіння у в'язких середовищах застосовують джерела звуку з частотою від 0,7 до 30 кГц. Рівень інтенсивності звуку повинен складати 145-150 децибел. Акустичний спосіб із-за значних звукових перешкод може бути застосований для руйнування піни невеликих об'ємів на обмеженій площі. Запропонований спосіб гасіння піни дією височастотного хвильового випромінювання. Цей спосіб використовує вісім паралельно направлених ультразвукових хвильових полів, які проникають в структуру піни і руйнують її. В разі молока, наприклад, час дії 0,2 сек, буде достатнім, аби повністю зруйнувати шар піни заввишки 7,5 див.

Також відомий спосіб гасіння піни шляхом дії інфрачервоного випромінювання. Для гасіння піни використовують когерентне випромінювання лазера, довжина хвилі якого збігається із смугою поглинання речовин плівок рідини. Руйнування піни відбувається унаслідок вибіркового поглинання енергії лазерного променя плівками двофазної системи. В результаті поглинання лазерного імпульсу відбувається миттєвий випар долі рідини, що міститься в плівці.

Може виявитися ефективним спосіб піногасіння за допомогою електричного, розряду. Пристрій містить джерело високої напруги (ДВН), обмежувач струмового розряду (ОСР) і блок розрядних електродів. Блок виконаний у вигляді окремих голчаних електродів, розміщених на електроізоляційній підставі, причому кожен з електродів підключений до ДВН через індивідуальний ОСР. Пристрій забезпечений порожнистими штангами з електроізоляційного матеріалу і кабелями, розміщеними в порожнині кожній з штанг і що сполучають розрядний електрод з відповідним ОСР, який виконаний у вигляді наборів послідовно сполучених високовольтних конденсаторів. При включенні в мережу ДВН висока напруга подається на загальну шину, звідки через обмежувачі розряду і коаксіальні кабелі поступає на голчані розрядні електроди, на вістрях яких концентруються електричні заряди великої величини. Електричне поле великої напруженості, що виникає при цьому,

наводить до електричного розряду між вістрями електродів і поверхнею піни, внаслідок чого піна руйнується.

Не дивлячись на різноманіття прийомів і засобів нехімічних способів боротьби з піноутворенням, використовуваних в різних галузях промисловості, всі вони володіють тими або іншими недоліками, які або обмежують їх вживання, або взагалі не дозволяють їх використовувати в деяких системах.

При виконанні експериментальних досліджень впливу піноутворення при протитечійно-струменевій гомогенізації можна використовувати як хімічні так і нехімічні методи, кожен з яких має свої переваги і недоліки. Фізичні способи ефективні, але вимагають додаткового дорогого устаткування, але також можуть наводити до істотних змін технологічних властивостей молочної сировини, що звужує можливість їх використання. На наш погляд, найбільш перспективним є використання хімічних способів піногасіння. Вони дешеві, легко реалізуються і є досить ефективними.

При експериментальних дослідженнях використовували стандартні методи досліджень. Середню пробу для досліджень складала, користуючись, ГОСТ 9404; ГОСТ 5667; ГОСТ 3622. Пінотворну здатність (спінювання) молока визначали методом кратності пін і виражали в відсотках. Стійкість піни за певний проміжок часу обчислювали як відношення початкової висоти піни до кінцевої і виражали у відсотках. Пінозапобіжну здатність визначали як відношення висоти піни з піногасником до висоти піни без піногасника і виражали у відсотках. З метою розробки об'єктивних критеріїв за оцінкою ефективності дії рослинних олій як піногасник нами був запропонований коефіцієнт специфічності піногасника, під яким пропонуємо розуміти відношення суми масових долей октадеценової і октадекадієнної кислот до суми масових долей гексадеканової і октадеканової кислот, що містяться в маслі (жирі) (таблиця 1). При цьому в роботі не було встановлено, який з ізомерів (цис- або транс-) володіє більш вираженою пінопригнічуючою здатністю.

Зіставляючи результати досліджень можна констатувати, що чим менше значення коефіцієнта специфічності піногасника, тим більшою мірою виражена його пінозапобіжна здатність. Отримані результати можна використовувати для вибору рослинних олій, що володіють добрими пінозапобіжними властивостями. Коефіцієнт специфічності корелює з традиційним показником жирів і масел - йодним числом, В наших випадках найбільшою пінозапобіжною здатністю володіє пальмове масло. Воно дешеве і доступне, володіє необхідними технологічними властивостями. Його відрізняє від

інших, досліджуваних масел найвища температура застигання, обумовлена максимальним вмістом насичених кислот C_{16} і C_{18} . У подальших дослідженнях нами використано пальмове масло (ТУ 9141-012-00333530-01) з температурою застигання 30°C і йодним числом 55.

Таблиця 1 - Коефіцієнтів специфічності рослинних олій (піногасників)

Масло (піногасник)	Коефіцієнт піногасіння
Пальмове	1,16
Бавовняне	3,17
Кукурудзяне	4,24
Соеве	5,43
Оливкове	6,67
Соняшникове	8,03

Висновки. При експериментальних дослідженнях гомогенізації на розробленому пристрої внаслідок невеликих об'ємів молока кількість піни була незначною, і не впливала на якість гомогенізації. При промислових випробуваннях розробленого гомогенізатора в робочій камері спостерігалось значне піноутворення. Для боротьби з цим явищем застосовували комбінування механічного та хімічного методів. На виході з камери гомогенізатора розташований піногасник, що представляє собою камеру з отворами, що розбиває молоко на велику кількість тонких струменів. Крім того було вирішено застосувати внесення рафінованого і дезодорованого пальмового масла у кількості 0,5% і емульгатору "Альгінат натрію" у кількості 0,02% від об'єму молока [5]. Такі добавки не погіршують фізико-хімічні та органолептичні показники молока. Масло і емульгатор підігрівались до температури $70...80^{\circ}\text{C}$ і вносились до гомогенізації, що підвищувало ефективність піногасіння. Ці міри дозволили знизити кількість утвореної піни до рівня, що не перевищує такий при обробці в інших типа гомогенізаторів.

Висновок випробувальної лабораторії харчової продукції продовольчої сировини та будівельних матеріалів мелітопольської філії випробувального центру "ЗАПОРІЖЖЯСТАНДАРТ-МЕТРОЛОГІЯ" свідчить про відповідність молока, що пройшло

гомогенізацію у розробленій машині, вимогам ДСТУ 2661-94.

Література:

1. Луканіна К. Протитечійно-струменева гомогенізація молока / К. Луканіна // Харчова і переробна промисловість, № 8, 1998 – с.34.
2. Самойчук К.О. Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: автореф. дис. на получ. науч. звания канд. техн. наук : спец. 05.18.12 "Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних і фармацевтичних виробництв" / К.О. Самойчук. – Донецьк, 2008. – 20 с.
3. Белоусов А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок / А.П. Белоусов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. - 264 с.
4. Кругляков П.М. Пена и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова. - М.: Химия, 1990.-432 с.
5. Юрьева С.Ю. Исследование и разработка способов борьбы с нежелательным пенообразованием в молочной промышленности : автореф. дис. на получ. науч. звания канд. техн. наук : спец. 05.18.04 "Технология мясных, молочных, рыбных продуктов и холодильных производств" / С.Ю. Юрьева. – Кемерово, 2003. – 20 с.

СНИЖЕНИЕ ПЕНООБРАЗОВАНИЯ ПРИ ПРОТИТЕЧИЙНО-СТРУМЕНЕВОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА

Самойчук К.О.

Аннотация - проанализированные методы снижения пенообразования и меры борьбы с этим явлением при протитечійно-струменевої гомогенізації молока.

DECLINE OF FOAM FORMATION DURING THE OPPOSITE-FLOW STREAM HOMOGENIZATION OF MILK

K. Samoichuk

Summary

The methods of decline of foam formation are analysed and measures of prevention of this phenomenon during the opposite-flow stream homogenization of milk are represented.