УДК 637.134

ПЕРСПЕКТИВНИЙ НАПРЯМОК ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ДИСПЕРГУВАННЯ

Самойчук К. О., д.т.н., проф.,
Ковальов О. О., к.т.н., ст. викл.,
Паляничка Н. О., к.т.н., ст. викл.
Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна.

Постановка проблеми. Гомогенізація молока призводить до покращення смакових якостей молочних продуктів і збільшення терміну їх придатності, тому належить до нормативних операцій молокопереробної галузі й проводиться при виробництві більшості молочних продуктів [1, 2]. Метою проведення гомогенізації є (диспергування) зменшення середнього діаметра жирових кульок (СЖК) молока з 3–4 мкм в необробленому молоці до 0,75–0,85 мкм в готовому продукті. Такі значення відповідають показникам дисперсності найбільш поширених у промисловості клапанних гомогенізаторів [1]. Крім того в процесі гомогенізації забезпечується рівномірний розподіл вершків в знежиреному молоці. Однак для клапанних гомогенізаторів, при забезпеченні високого ступеня диспергування, енергетичні витрати процесу складають 6–8кВт·год/т гомогенізованого молока [1, 3]. Тому підвищення енергоефективності процесу гомогенізації є актуальною задачею науковців і фахівців харчової галузі промисловості.

Основні матеріали дослідження. Про актуальність напряму розвитку струминного диспергування емульсій свідчить значна кількість принципово різних конструкцій струминних гомогенізаторів молока, розроблених останнім часом. До них відносять: протитечійно-струминні, ударно-струминні, кавітаційні гідродинамічні, струминні з роздільним подаванням жирової фази, міні-міксери і мікрофлюідизатори [4]. Останні відносяться до найбільш прогресивного типу гомогенізаторів, що дозволяють отримати молочну емульсію з найдрібнішим дисперсним складом (СЖК 0,1 мкм і менше) [3]. Незважаючи на це, внаслідок високих питомих енерговитрат, які є більшими за клапанні гомогенізатори, і невисокої продуктивності промислових зразків, мікрофлюідизатори не отримали широкого впровадження на молокозаводах [4].

В праці [2] приведені результати досліджень, які свідчать, що досягти зниження енергетичних витрат можливо за рахунок використання міні–міксерів Т-подібної або П-подібної форми. У них до потоку вершків, які рухаються по центральному каналу зі швидкістю вище 100 м/с по каналах, розташованих перпендикулярно

до напрямку руху дисперсійного середовища, подається знежирене молоко. Показано, що такі конструкції характеризуються помірними витратами енергії (1,5–1,7 кВт·год/т), а СЖК після гомогенізації в них складає 1,0–1,1 мкм [2]. Обмеженням при подальшому вдосконалення пристроїв такого типу є необхідність у створенні високої швидкості потоку рідини. Оптимізація форми внутрішніх каналів міні-міксерів, результати якої приведені у [1,3] практично не вирішують цієї проблеми. Крім того в мікроміксерах не досягається ефективна дія потоку вершків на струмінь знежиреного молока [4]. Вирішити цю проблему можливо шляхом використання протитечійно-струминного гомогенізатора, конструкція якого описана у роботі [1]. Такий гомогенізатор містить дві зустрічно розташовані форсунки, завдяки чому диспергування жирової фази відбувається при зіткненні струменів молока. В праці [1] показано, що протитечійно-струминний гомогенізатор молока забезпечує СЖК на рівні 0,75–0,85 мкм, та має питомі енергетичні витрати на рівні 1,2–1,5 кВт·год/т. Але невирішеними залишились питання, пов'язані з піноутворенням, яке відбувається внаслідок дестабілізації білкових часток при контакті молочної емульсії з повітрям. Аналогічні проблеми має ударно-струминний гомогенізатор, в якому диспергування жирової фази відбувається при зіткненні струменя молока з твердими стінками різної форми. Такий тип гомогенізатора менш енергоефективний, ніж протитечійно-струминний, внаслідок чого його подальші дослідження були припинені [1,3].

Варіантом підвищення енергоефективності може бути розробка пристроїв, принцип дії яких заснований на кавітаційній гіпотезі диспергування жирової фази молочної емульсії. Саме такий підхід застосовано у роботах [2,4], де надається опис диспергаторів, в яких кавітація створюється при коливаннях пластин або інших робочих органів за рахунок струменя (потоку) молока. Показано, що такі гомогенізатори мають просту та надійну конструкцію. Але останні дослідження впливу кавітації на процес руйнування жирових кульок молока доведено, що цей процес не є визначальним фактором гомогенізації [3]. Ці результати поставили під сумнів розвиток конструкцій, в яких основною рушійною силою диспергування молочного жиру є кавітація.

Ефективним способом зниження енерговитрат на диспергування є роздільна гомогенізація жирової фази. В роботі [3], наводиться принцип дії струминного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків. В такому пристрої молоко перед обробкою сепарується і подається у гомогенізатор двома окремими потоками: вершки через тонкі канали вводяться у швидкісний потік знежиреного молока. Завдяки цьому забезпечується високі значення швидкості обтікання жирових кульок (критерій Вебера), що призводить до зменшення СЖК до 0,8–0,9 мкм і питомих енерговитрат –до 0,9

кВт·год/т [2,3]. Основним недоліком цього гомогенізатора є необхідність у використанні каналів з внутрішнім діаметром 0,6–0,9 мм, що призводить до їх облітерації, а отже і зниженню надійності його роботи.

До варіантів подолання проблеми низької енергоефективності диспергування слід віднести використання протитечійно-струминного та струминного гомогенізаторів з роздільною подачею жирової фази. Однак ці гомогенізатори мають ряд недоліків, до яких слід віднести:

– подачу дисперсної фази по вузьких каналах, що знижує надійність роботи гомогенізатора;

– контакт емульсії з повітрям, що призводить до погіршення якості гомогенізованої емульсії.

Ці недоліки усунено в конструкції струминно-щілинного гомогенізатора молока з роздільною подачею вершків. Пристрій поєднує в собі переваги роздільної гомогенізації, створення максимального значення критерія Вебера та можливості проведення нормалізації молока за жирністю, одночасно з гомогенізацією [4]. Згідно результатів проведених аналітичних досліджень при використанні СЩГРВ можливо отримати жирові кульки середнім діаметром 0,8–0,9 мкм. При цьому питомі енергетичні витрати гомогенізатора не будуть перевищувати 0,7–0,8 кВт·год/т гомогенізованої емульсії [4].

Висновки. Проаналізовано можливі напрямки розвитку перспективних з точку зору підвищення енергоефективності диспергування струминних гомогенізаторів. Найбільш низькі показники енерговитрат при одночасному забезпеченні дисперсності на рівні клапанних мають струминно-щілинні гомогенізатори молока.

Список використаних джерел

1. Дейниченко Г. В., Самойчук К. О., Ковальов О. О. Конструкції струминних диспергаторів жирової фази молока. Праці ТДАТУ. 2016. Вип. 16. Т. 1. С 219–227.

2. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksiienko V., Palianychka N., Dmytrevskyi D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Elaboration of the research method for milk dispersion in the jet slot type homogenizer. EUREKA: Life Sciences». 2020. No. 5. Pp 51–59.

3. Samoichuk K., Kovalyov A., Oleksiienko V., Palianychka N., Dmytrevskyi D., Chervonyi V., Horielkov D., Zolotukhina I., Slashcheva A. Determination of fat milk dispersion quality in the jet-slot type milk homogenizer. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 5/11 (107). Pp 16–24.

4. Самойчук К. О., Ковальов О. О., Паляничка Н. О. Аналітичні дослідження енергетичних показників і параметрів якості струминно-щільового гомогенізатора молока. Праці ТДАТУ. 2019. Вип.19. Т.1.С. 3–18.