

Технічні науки

УДК 637

**Кравець Олег Ігорович**

*кандидат технічних наук, доцент*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

**Кравець Олег Игоревич**

*кандидат технических наук, доцент*

*Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя*

**Kravets Oleh**

*PhD*

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*

**Шинкарик Марія Миколаївна**

*кандидат технічних наук, доцент, професор*

*Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя*

**Шинкарик Мария Николаевна**

*кандидат технических наук, доцент, профессор*

*Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя*

**Shynkaryk Mariia**

*PhD, Docent*

*Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University*

**ФІЛЬТР ІЗ САМООЧИСНИМ ФІЛЬТРУВАЛЬНИМ ЕЛЕМЕНТОМ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ**

**ФИЛЬТР С САМООЧИСТНЫМ ФИЛЬТРУЮЩИМ ЭЛЕМЕНТОМ  
ДЛЯ ОЧИСТКИ МОЛОЧНОЙ СЫВОРОТКИ**

**FILTER WITH SELF-CLEANING FILTER ELEMENT FOR WHEY  
CLEANING**

**Анотація.** У статті представлено запропоновану конструкцію фільтра для очистки молочної сироватки із самоочисним фільтрувальним елементом, який дозволяє проводити безперервний процес розділення при стабільно високому значенні ступеня розділення.

**Ключові слова:** фільтрування, сироватка, очистка, білок.

**Аннотация.** В статье представлено предложенную конструкцию фильтра для очистки молочной сыворотки с самоочистным фильтрующим элементом, который позволяет проводить непрерывный процесс разделения при стабильно высоком значении степени разделения.

**Ключевые слова:** фильтрования, сыворотка, очистка, белок.

**Summary.** The article presents the design of a whey filter with a self-cleaning filter element. The filter allows a continuous separation process at a consistently high degree of separation.

**Key words:** filtering, whey, purification, protein.

**Вступ.** Найбільш цінним компонентом молочної сироватки є білок [1, с. 42; 2, с. 55]. У традиційному виробництві сирів, кисломолочних сирів та казеїну у сироватку переходить весь сироватковий білок. Також молочний білок у сироватку потрапляє у вигляді дисперсних частинок (та званого «сирного пилу») [3, с. 102; 4, с. 556], що є частинками сирної маси, розмір яких на порядок менший від розмірів середньостатистичної частки кисломолочного сиру. Дані частинки утворюється за рахунок дроблення сирних зерен під час різних технологічних операцій: перемішування, перекачування сирної маси насосами тощо. Також значна їх частина утворюється із молочної піни.

**Огляд.** Білкові дисперсні частинки відрізняється сильними адгезійними властивостями [5, с. 229], внаслідок чого відбувається їх налипання на металеві поверхні обладнання при наступній переробці

сироватки. Тому відділення дисперсного білка має вирішальне значення для ефективності спеціальних технологічних процесів – таких як виділення сироваткового білка, концентрація сироватки, стерилізація і т.п. Додатковим ефектом цієї операції є зниження експлуатаційних затрат при очистці стічних вод. Також відділення дисперсного білка дозволить збільшити об'єм готової продукції з 1 т перероблюваного молока. На її основі можливе виробництво широкого асортименту молочних продуктів, таких як нові види плавлених сирів, ковбасних натуральних і плавлених сирів, крем-сирів, сирних паст, термостабільних сирів і т.п.

Молочна сироватка із частинками білка є суспензією, яку можна розділити відомими шляхами: осаджуванням, фільтруванням, сепаруванням, центрифугуванням.

Враховуючи, що розміри частинок білка для різних видів молочної сироватки становлять в межах від 0,2 до 1,8 мм [6], то із усіх перелічених вище шляхів очистки сироватки доцільно зупинитися на фільтруванні. Перевагами застосування фільтрування є доступність для підприємств різної потужності та можливість здійснення очистки сироватки без доступу повітря.

Традиційно для розділення суспензій в харчовій промисловості використовують рамні фільтрпреси, які безперервно працюють протягом 2 – 2,5 год. Проте на даних фільтрах очистці підлягає лише попередньо відстояна сироватка. В результаті отримується фільтрат та осад вологістю 40 – 60%.

**Метою досліджень** було розроблення конструкції фільтра, що забезпечить безперервний та ефективний процес очистки молочної сироватки із поверненням відділеного дисперсного білка у технологічний процес.

Розроблення фільтра для очистки сироватки проводилось із врахуванням гранулометричного складу частинок білка в сироватці, їх реологічних та адгезійних властивостей [4-6].

Запропоновано конструкцію фільтра [7], що складається з циліндричного корпусу 1 (рис. 1), патрубків вводу 2 і виводу 3 рідини, вала 4, напрямного стакана 5 зі шнеком 6, фільтрувального елемента 7, підпружиненого конуса 8 та направляючих 9. У верхній частині корпусу на валу 4 встановлений електромагніт 10, який періодично взаємодіє із кільцем 11, що розміщене над фільтрувальним елементом та може переміщатися вздовж осі вала 4.

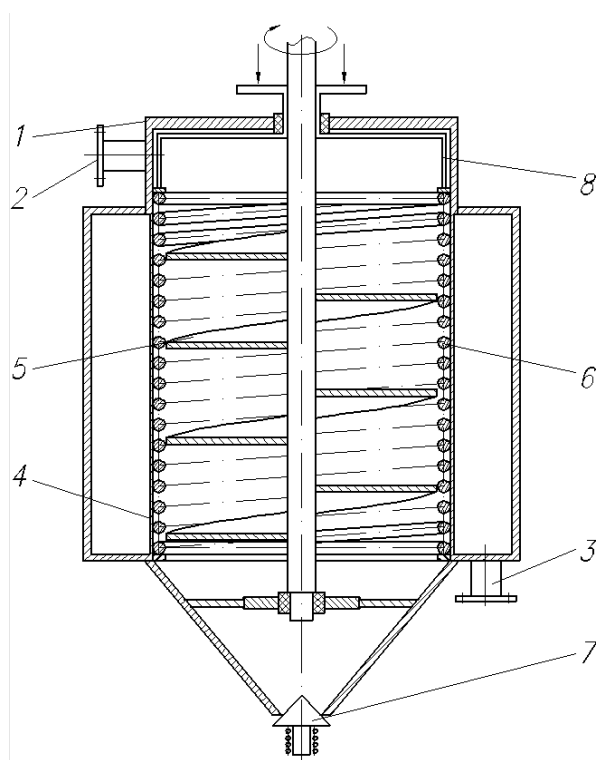


Рис. 1. Фільтр для очистки сироватки [7]

1 – корпус; 2, 3 – патрубки; 4 – напрямний стакан; 5 – шнек; 6 – фільтрувальний елемент; 7 – підпружинений конус.

Рідина через патрубок 2 тангенціально подається у стакан 5. Із стакана рідина проходить крізь фільтрувальний елемент 7. Частилки білка, що утворюють осад на фільтрувальному елементі транспортується шнеком 6 в нижню частину корпусу 1, де вони, проходячи крізь кільцевий зазор між корпусом 1 та підпружиненим конусом 8, зневоднюється. Фільтрат виходить із фільтра крізь патрубок 3. Фільтрувальний елемент 7 представляє собою циліндричну пружину стиску.

Кільце 11 при періодичному вмиканні електромагніту 10 переміщається

вниз вздовж осі вала 4 і, тим самим, деформує пружину, – це забезпечує регенерацію фільтрувального елемента. Направляючі 9 забезпечують рівномірну деформацію фільтрувальному елементу 7 не дозволяючи його формі відхилитися від циліндричної. Направляючі 9 виконані таким чином, що можуть зменшуватися під дією кільця 11. Регенерація триває менше 1 с та не передбачає зупинки роботи фільтра. Розмір отворів фільтрувального елемента (ширина зазору між витками пружини) можна регулювати в межах від 0,5 до 2,0 мм шляхом відповідної деформації пружини.

Проведено випробування розробленого фільтра для очистки сироватки. У випробуванні використовували сироватку, отриману при виробництві сиру кисломолочного періодичним способом з масовою часткою жиру 9%. Попередньо встановлено, що вміст білкової дисперсної фази в даній сироватці становить близько 2,0 кг/м<sup>3</sup> [6, с. 268].

При випробуванні фільтра тривалість кожного дослідження становила 10 хв. Протягом цього часу кожні 10 с фіксували об'єм фільтрату та визначали швидкість фільтрування за формулою:

$$v = \frac{q_{\phi}}{\tau_{\phi} \cdot F_{\phi.п.}} \quad (1)$$

де  $v$  – швидкість фільтрування, м/с;

$q_{\phi}$  – об'єм фільтрату, м<sup>3</sup>;

$F_{\phi.п.}$  – площа фільтрувальної поверхні, м<sup>2</sup> ( $F_{\phi.п.} = 0,3 \text{ м}^2$ ).

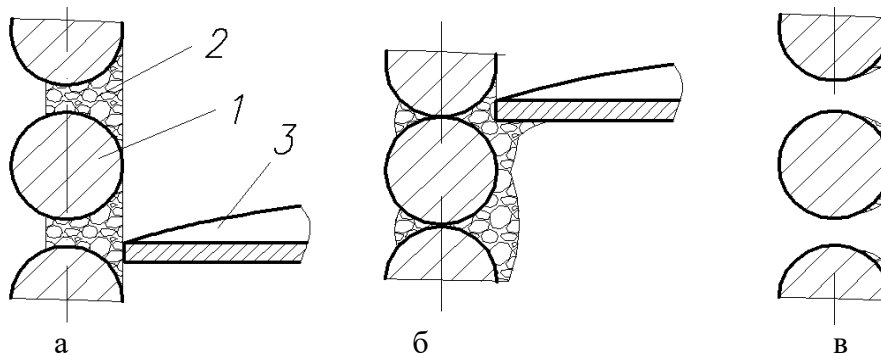
Кожні 60 с відбирали проби фільтрату об'ємом по 200 мл з метою встановлення вмісту дисперсного білка у фільтраті. Дослід повторювали п'ять разів.

Встановлено, що фільтр запропонованої конструкції дозволяє затримати близько 80% від загальної маси білкової дисперсної фази сироватки. Ще вищого ступеня розділення можна досягти про проведенні

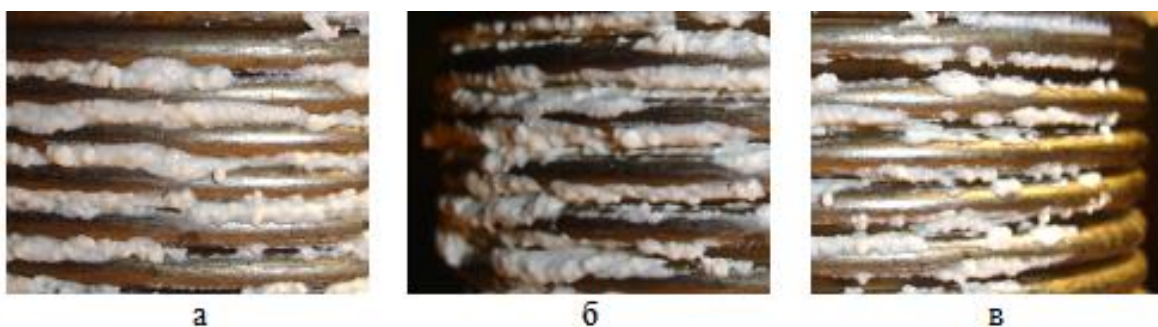
фільтрування у два етапи: спочатку на фільтрі грубої очистки, а потім на фільтрі тонкої очистки.

Проте у процесі очистки сироватки визначальне значення має не стільки ступінь розділення, скільки стабільність роботи фільтра, тобто важливою є здатність фільтра зберігати заданий ступінь розділення протягом усього процесу фільтрування.

В процесі випробування встановлено, що при стиску пружини 1 (рис. 2) відбувалася деформація частинок осаду 2, які закупорювали простір між витками (рис. 3). Далі шнек 3 частково відводив осад і пружина відновлювалася.



**Рис. 2. Схема роботи самоочисного фільтрувального елемента (розробка автора):**  
а) до регенерації; б) під час регенерації; в) після регенерації



**Рис. 3. Фото самоочисного фільтрувального елемента (розробка автора):**  
а) до регенерації; б) під час регенерації; в) після регенерації

При регенерації частина осаду, що перебуває у заглибині між витками пружини 1, не транспортується шнеком і залишається на фільтрувальному елементі (рис. 2.в, 3.в). Проте це не впливає на ефективність процесу

фільтрування, оскільки відсутнє закупорювання фільтрувальних отворів і перекривання живого перерізу фільтрувальної поверхні.

Для оцінки якості регенерації фільтрувальної поверхні використовували коефіцієнт відновлення фільтрувальних властивостей, який визначали за формулою [4, с. 558]:

$$\Phi = \frac{v_{\text{рег}}}{v_0}, \quad (2)$$

де  $\Phi$  – коефіцієнт відновлення фільтрувальних властивостей;

$v_0$  – швидкість фільтрування на початку процесу фільтрування, м/с;

$v_{\text{рег}}$  – швидкість фільтрування після регенерації, м/с.

Встановили, що при наступних циклах регенерації відбувалося незначне зменшення коефіцієнта відновлення фільтрувальних властивостей (рис. 4).

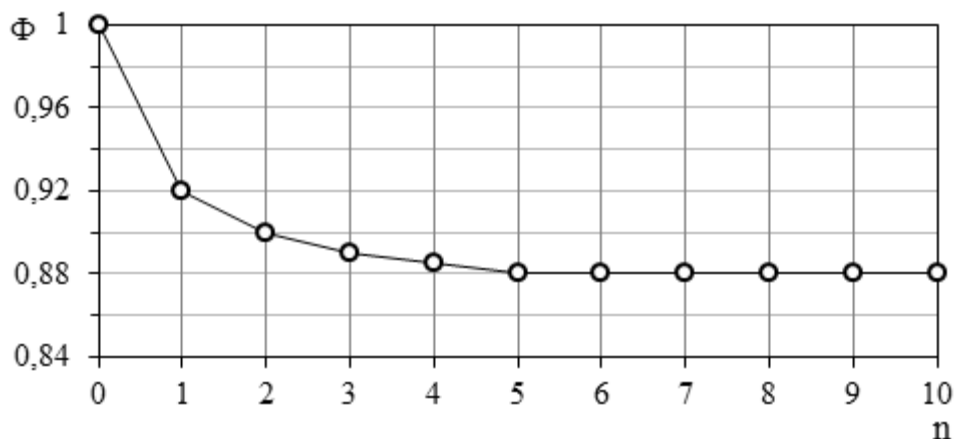


Рис. 4. Залежність коефіцієнта відновлення фільтрувальних властивостей фільтрувальної поверхні від числа циклів регенерації

Дане зменшення коефіцієнта  $\Phi$  супроводжувало перші п'ять циклів регенерації, а далі коефіцієнт відновлення фільтрувальних властивостей залишається незмінним і становить 0,88.

**Висновки.** Запропонована конструкція фільтра із самоочисним фільтрувальним елементом дозволяє проводити безперервний процес очистки сироватки при стабільно високому ступені розділення.

Застосування запропонованого фільтра для очистки сироватки, у разі її зливання у стічні води, створить умови для зниження рівня забруднення навколишнього середовища відходами молокоперобних підприємств за рахунок зменшення частки органічних речовин в сироватці.

### **Література**

1. Капленко, Н. Н. Научные и практические аспекты технологии сыров с чеддеризацией и плавлением массы / Н. Н. Капленко, А. Н. Капленко // *Переработка молока*, 2011. №5. С. 40-43.
2. Токаев Э.С. Сывороточные белки для функциональных напитков / Э.С.Токаев, Е.Н. Баженова // *Молочная промышленность*, 2007. №10. С. 55.
3. Храмцов А.Г. Технология кормовых добавок нового поколения из вторичного молочного сырья / А.Г. Храмцов, И.Е. Евдокимов. М.: ДеЛи принт, 2006. 286 с.
4. Кравець О.І. Регенерація фільтрувальної поверхні при очистці молочної сироватки / О.І. Кравець, М.М. Шинкарик // *Ukrainian Food Journal*, 2013. № 4. С. 555-561.
5. Шинкарик М.М. Дослідження адгезійних властивостей білкової дисперсної фази при виробництві сиру кисломолочного / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // *Вісник Донецького національного університету економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського*, 2012. №1(53). С. 226-230.
6. Шинкарик М.М. Аналіз гранулометричного складу білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // *Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій*, 2011. Т. 2, № 40. С. 266-269.
7. Пат. на кор. мод. 77749 України, МПК В 01 D 35/28. Фільтр для очистки молочної сироватки від сирного пилу / Шинкарик М.М.,



Кравець О.І., Шинкарик М.В.; заявник і власник Тернопільський нац. тех. ун. ім. І. Пулюя. заявл. 14.08.12; опубл. 25.02.13, Бюл. № 5.