

Filter surface regeneration during whey treatment

Oleg Kravec', Maria Shinkarik

Ternopil Ivan Pul'uj National Technical University, Ukraine

ABSTRACT

Keywords:

Whey
Protein
Filter
Regeneration

Article history:

Received 15.10.2013
Received in revised
form
30.11.2013
Accepted 25.12.2013

Corresponding author:

Oleg Kravec'
E-mail:
kravets_o@tstu.edu.ua

Introduction. The study is aimed at establishing the effective method of filter's surface regeneration during whey cleaning.

Methods and materials. The whey obtained during cottage cheese and casein production were the research objects. The study was conducted using the cartridge type filter setting. There was a previously made set that the amount of casein particularities in milk whey is 2-3 kg/m³.

Results. There has been shown the importance of filtration processes during clearing the milk whey. The appropriateness of whey filtering has been reasoned herewith and influence of rheological features of protein dispersed phase of whey filtering has been analyzed. The peculiarities of whey filtering after regeneration of filter element with brushes and reverse feeding of purified whey have been defined. It is clear that the application of these recovery methods are not sufficient for fully restoration of the filter properties – it does not exceed 75 %. The design of self-cleaning filter element as a compression spring has been suggested and tested. It was defined that self-cleaning filtration element recover 92% of its potential properties during the regeneration process.

Conclusions. Based on the results it has been proved that using self-cleaning filter element provides efficient filter operation throughout the whole process of whey treatment.

УДК 637.022

Регенерація фільтрувальної поверхні при очистці молочної сироватки

Олег Кравець, Марія Шинкарик

Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя, Україна

Вступ

При виробництві молочних білкових продуктів (сиру, казеїну, сиру кисломолочного) побічним продуктом є молочна сироватка, що є суспензією, яка складається з власне сироватки та білкової дисперсної фази (так званого «сирного

пилу»). На даний час існують різноманітні технології переробки молочної сироватки [1-4]. Проте, незалежно від подальшої обробки, на першому етапі необхідно здійснити очистку сироватки від білкової дисперсної фази. Встановлено, що за рахунок повернення в технологічний процес дисперсних часток білка можна на 0,6 % [5] зменшити затрати на виробництво одиниці продукції. Додатковим ефектом очистки сироватки є зменшення навантаження на очисні споруди.

Протягом останніх років здійснювалися спроби створити обладнання для очистки сироватки [5], проте з причини недостатнього вивчення властивостей об'єкту розділення – суспензії сироватки і білкової дисперсної фази, на сьогодні ще немає рунтового підходу до вирішення цієї проблеми.

Відомо, що вміст білкових часток в молочній сироватці залежить від виду основного продукту і становить в межах $0,74-3,12 \text{ кг/м}^3$, причому близько 80% [5] від їх загальної маси мають середній розмір понад $0,5 \text{ мкм}$ [6]. Враховуючи це, очистку сироватки доцільно здійснювати шляхом фільтрування.

При фільтруванні сироватки утворюється стислий осад, питомий опір фільтруванню якого залежать від прикладеного тиску [7]:

$$r = r_0 + A\left(\frac{P}{p^*}\right)^{2,43} \quad (1)$$

де r_0 – значення питомого опору фільтруванню осаду за відсутності навантаження, м^2 . В залежності від виду основного продукту r_0 знаходиться в межах $2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^9 \text{ м}^2$,

A – емпіричний коефіцієнт, м^2 . Становить, в залежності від виду основного продукту, від $2 \cdot 10^8$ до $3,7 \cdot 10^9$;

P – тиск, Па;

p^* – дослідна константа, $p^* = 1 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

Необхідно відмітити, що при тиску $4,0-5,0 \text{ кПа}$ на фільтрувальній поверхні утворюється ущільнений пристінний шар осаду, який унеможливує розділення дисперсної системи. Іншим важливим фактором, який впливає на процес фільтрування, є адгезійні властивості казеїнових часток [8], та закупорювання пор в процесі фільтрування. Внаслідок сильних адгезійних властивостей білкова дисперсна фаза буде налипати на фільтрувальну поверхню. Міцність адгезійного зв'язку також буде залежати від тиску процесу фільтрування. Так для білкової дисперсної фази при виробництві сиру кисломолочного жирністю 9% ця залежність буде мати наступний вигляд (по відношенні до нержавіючої сталі):

$$P_a = 5,91P_k^{0,49} \quad (2)$$

де P_k – тиск контакту, Па;

Таким чином, для забезпечення ефективності фільтрування протягом тривалого часу потрібно здійснювати регенерацію фільтрувальної поверхні.

Метою досліджень було встановлення ефективного способу регенерації фільтрувальної поверхні при очистці молочної сироватки.

Матеріали та методи

Об'єктом досліджень була молочна сироватка одержана при виробництві сиру кисломолочного з масовою часткою жиру 9% (СКЖ 9%), сиру кисломолочного жирністю 2% (СКЖ 2%) і казеїну технічного (КТ).

Серед відомих способів регенерації фільтрувальної поверхні для випробувань було вибрано механічне очищення за допомогою щіток та шляхом періодичної подачі фільтрату у зворотному напрямку (протитечійна регенерація).

Випробування проводили на експериментальній фільтрувальній установці, яка складалася з циліндричного корпусу 1 (рис. 1), патрубків 2 і 3 подачі і відведення сироватки відповідно, напрямого стакану 4 зі шнеком 5, патрубку для відведення осаду 6, фільтрувального елемента 7, ємності 8, мірної ємності 9, відцентрового насоса (НЦС-12-10, тип 36-3ЦЗ.5-10) 10, манометра 11, щіток 12, кільця 13. Матеріал фільтрувального елемента – нержавіюча сталь; діаметр отвору – 0,9 мм, живий переріз – 70%.

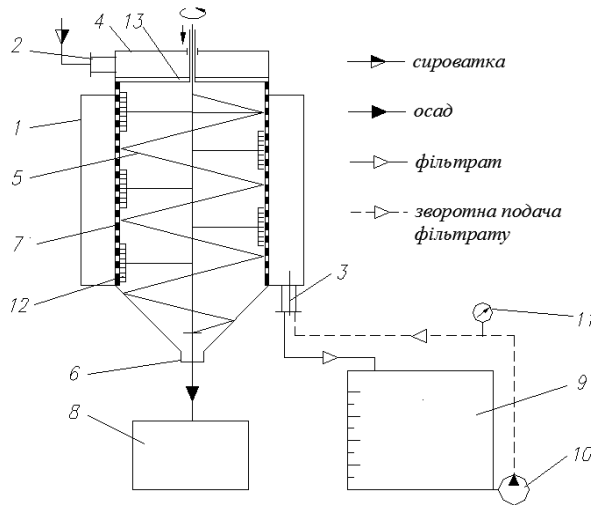


Рис. 1. Схема експериментальної установки

Сироватку на експериментальну установку подавали під тиском 3,0 кПа. Сироватка через патрубок 2 проходила тангенціально у стакан 4, казеїнові частки утворювали осад на фільтрувальному елементі 7, який транспортувався шнеком 5 в конічну частину корпусу 1, звідки періодично вивантажувалася крізь патрубок 6 в ємність 8. Фільтрат крізь патрубок 3 надходив у мірну ємність 9. Шнек приводився в рух від електродвигуна 15 через редуктор 16 та пасову передачу 17. Частота обертання шнека становила 9 об/хв.

Протягом всього процесу кожні 10 с фіксували об'єм фільтрату та визначали швидкість фільтрування за залежністю:

$$q = \frac{Q}{S \cdot \tau}, \quad (3)$$

де Q – кількість фільтрату, м^3 ;

S – площа фільтрувальної поверхні, м^2 ;

τ – тривалість процесу, с.

Також визначали вміст казеїнових часток в профільтрованій сироватці. Об'єм отриманого у кожному з дослідів фільтрату – 0,78-0,83 м^3 .

При випробуванні щіткового способу регенерації очистка фільтрувального елемента здійснювалася з допомогою капронових щіток 12, що жорстко кріпилися до валу шнеку.

При протитечійній регенерації фільтрувальної поверхні на 300-ій секундї роботи фільтра припиняли подачу сироватки і вмикали насос 10 (рис. 1), який здійснював зворотну подачу фільтрату із ємності 9 під тиском 0,1 МПа. На 330-ій секундї насос 10 вимикали і відновлювали подачу сироватки.

Запропоновано як фільтрувальний елемент фільтра використовувати циліндричну пружину стиску, розмір зазору між витками якої відповідає розміру найменшої частки БДФ, яку потрібно затримати.

Самоочисний фільтрувальний елемент був виконаний у вигляді пружини стиску ST10826 (матеріал: сталь EN10270-1-SM, жорсткість 5,1 Н/мм).

Діаметр і висота пружини відповідали розмірам фільтрувального елемента, а зазор між витками – діаметру фільтрувальних отворів. Також експериментальну установку додатково оснащували кільцем 13 (рис. 1). Регенерація здійснювалася шляхом стиску пружини в результаті переміщення кільця 13 вниз вздовж осі вала 11. Тривалість регенерації становила близько 1 с.

Результати та обговорення

При контакті щіток безпосередньо з фільтрувальною поверхнею осад практично не утворюється. Незважаючи на це, в процесі роботи фільтра має місце поступове зменшення швидкості фільтрування (рис. 2).

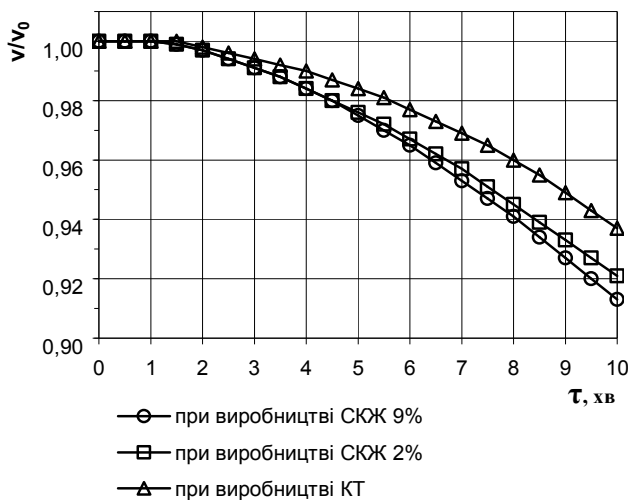


Рис. 2. Залежність швидкості фільтрування від тривалості процесу при щітковій регенерації фільтрувального елемента.

Причиною цього є накопичення в порах перегородки певної кількості казеїнових часток. Вони створюють, так зване залишкове забруднення фільтрувального елемента.

Ступінь залишкового забруднення фільтрувальної поверхні залежить від різних факторів, але вирішальний вплив здійснюють властивості осаду, зокрема часткове

його руйнування та здатність до адгезійної взаємодії з фільтрувальною поверхнею. Тому повна регенерація є можливою лише за умови порушення адгезійних зв'язків між частками осаду та стінками отворів фільтрувального елемента.

При протитечійній регенерації спостерігається нерівномірне (часткове) очищення фільтрувальної поверхні в ділянках з шаром осаду з меншою висотою. Властивості фільтрувального елемента відновлюються частково.

Недостатня ефективність протитечійної регенерації пов'язана із тим, що забруднення фільтрувальної поверхні, як правило, не рівномірне по площі, а рідина йде шляхом меншого опору, тобто крізь ділянки, що є менш забрудненими.

Таким чином, протитечійна регенерація не забезпечує повного відновлення властивостей фільтрувального елемента. Крім цього, вона передбачає ускладнення конструкції фільтра, збільшення витрат електроенергії та неможливість одночасної роботи фільтра та регенерації фільтрувальної поверхні.

В процесі випробування самоочисного фільтрувального елемента встановлено, що при стиску пружини 1 (рис. 3.) проходить деформація часток осаду 2, які закупорюють простір між витками. Далі шнек 3 частково відводить осад і пружини відновлюється.

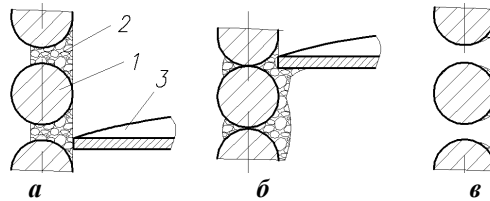


Рис. 3. – Схема роботи самоочисного фільтрувального елемента:
а - до регенерації; б - під час регенерації; в - після регенерації.

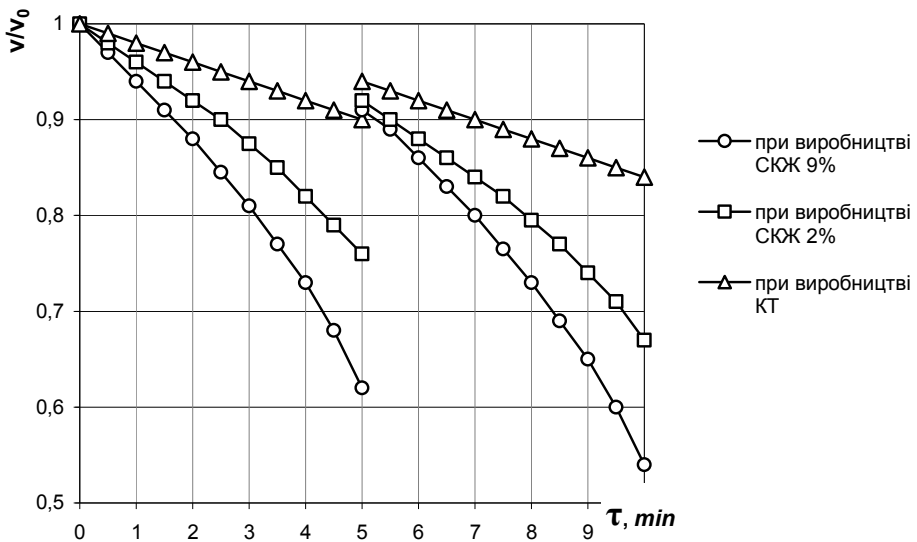


Рис. 4. Залежність швидкості фільтрування від тривалості процесу при випробуванні експериментальної установки з пружним фільтрувальним елементом.

Таким чином забезпечується ефективна регенерація фільтрувального елемента (рис. 4).

Висновки

Застосування фільтрувального елемента у вигляді пружини, дозволяє здійснювати його повну регенерацію без зупинки процесу фільтрування.

Запропонована конструкція фільтра має техніко-економічні переваги в порівнянні з існуючим обладнанням для очистки сироватки, що полягають у поєднанні в ній ефективності, простоти обслуговування, малої собівартості та можливості використання на підприємствах різної потужності.

Література

1. Baldasso C. Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration / C. Baldasso, T.C. Barros, I.C. Tessaro // *Desalination*. – 2011. – V. 278, № 3. – P. 381-386.
2. Aider M. Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions / M. Aider, D. Halleux, I. Melnikova // *Food Science & Emerging Technologies*. – 2009. – V. 10, № 3. – P. 334-341.
3. Hinkova A. Potential of membrane Separation Processes in Cheese whey Fractionation and Separation / A. Hinkova, P. Zidova, V. Pour, // *Procedia Engineering*. – 2012. – № 42. – P. 1425-1436
4. Fidaleo M. Electrodialysis Applications in The Food Industry / M. Fidaleo, M. Moresi // *Advances in Food and Nutrition Research*. – 2006. – № 51. – P. 265-360.
5. Приболотный А.В. Первичная обработка сыворотки, или как заработать на ней деньги // *Молочная промышленность*. – 2009. – №6. – С. 23-24.
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. Шинкарик М.М. Дослідження компресійно-фільтраційних характеристик білкової дисперсної фази / М.М. Шинкарик, О.І. Кравець // *Прогресивна техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі*. – 2012. – №1(15). – С.476-484.
8. Шинкарик М.М. Дослідження адгезійних характеристик сирної маси при виробництві сирів із підплавленням / М. М.Шинкарик, Л. В. Радіо, О. А. Савченко // *Наукові праці українського державного університету харчових технологій*. – 2001. – №10 – С.135-136.

References

1. C. Baldasso, T.C. Barros, I.C. Tessaro (2011), Concentration and purification of whey proteins by ultrafiltration, *Desalination*, 278 (3), pp. 381-386.
2. M. Aider, D. Halleux, I. Melnikova (2009), Skim acidic milk whey cryoconcentration and assessment of its functional properties: Impact of processing conditions, *Food Science & Emerging Technologies*, 10(3), pp. 334-341.

3. A. Hinkova, P. Zidova, V. Pour (2012), Hinkova A. Potential of membrane Separation Processes in Cheese whey Fractionation and Separation, *Procedia Engineering*, 42, pp. 1425-1436
4. M. Fidaleo, M. Moresi (2006), Electrodialysis Applications in The Food Industry, *Advances in Food and Nutrition Research*, 51, pp. 265-360.
5. Pribolotnyy A.V. (2009), Pervichnaya obrabotka syvorotki, ili kak zarabotat' na ney den'gi, *Molochnaya promyshlennost'*, 6. pp. 23-24.
6. Shynkaryk, O.I. Kravets (2011), Analiz hranulometrychnoho skladu bilkovoï dyspersnoi fazy, *Naukovi pratsi Odeskoi natsionalnoi akademii kharchovykh tekhnolohii*, 2(40), pp. 266-269.
7. M.M. Shynkaryk, O.I. Kravets (2012), Doslidzhennia kompresiino-filtratsiinykh kharakterystyk bilkovoï dyspersnoi fazy, *Prohresyvna tekhnika ta tekhnolohii kharchovykh vyrobnytstv restorannoho hospodarstva i torhivli*, 1(15), pp. 476-484.
8. M.M. Shynkaryk, L.V. Radio, O.A. Savchenko (2001), Doslidzhennia adheziinykh kharakterystyk syrnoi masy pry vyrobnytstvi syriv iz pidplavleniam, *Naukovi pratsi ukrainskoho derzhavnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii*, 10, pp. 135-136.