

Список літератури

1. Дейниченко Г. В. Теоретические аспекты обработки пектиновых экстрактов / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Актуальные вопросы современной науки : междунар. науч.-практ. конф., 18–20 февраля 2012 г. – Курск : Курск. Ин-т кооперации, 2012. – С. 248–251.
2. Голубев В. Н. Пектин: химия, технология, применение / В. Н. Голубев, Н. П. Шелухина. – Москва, 1995. – 387 с.
3. Дейниченко Г. В. Особливості застосування нанотехнологій у виробництві пектинових концентратів / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, В. В. Гузенко // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті : 77 всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених і студентів, 11–12 квітня 2011 р. – К. : НУХТ, 2011. – Ч. 2. – С. 75.
4. Дейниченко Г. В. Використання мембранних методів під час виробництва пектинових концентратів / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. – 2004. – № 2. – С. 43–44.
5. Донченко Л. В. Пектин: основные свойства, производство и применение / Л. В. Донченко, Г. Г. Фирсов. – М. : ДеЛи, 2007. – 276 с.
6. Ильина И. А. Научные основы технологии модифицированных пектинов / И. А. Ильина. – Краснодар, 2001. – 312 с.
7. Лукин А. Л. Ионная очистка свекловичного пектина / А. Л. Лукин, С. В. Славгородский, В. В. Котов // Сорбционные хроматографические процессы. – 2005. – Т. 5, Вып. 3. – С. 105–108.
8. Дейниченко Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухина. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Г.В. Дейниченко, З.О. Мазняк, В.В. Гузенко, 2013.

УДК 542.816

Г.В. Дейниченко, д-р техн. наук, проф.

З.О. Мазняк, канд. техн. наук, доц.

О.В. Гафуров, здобувач

О.О. Підкорчевний, магістрант

РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ МЕМБРАННОЇ ОБРОБКИ БІЛКОВО-ВУГЛЕВОДНОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ

Наведено результати досліджень впливу основних параметрів процесу мембранної обробки білково-вуглеводної молочної сировини на продуктивність ультрафільтраційних мембран. Визначено раціональні параметри проведення процесу ультрафільтраційного концентрування.

Приведены результаты исследований влияния основных параметров процесса мембранной обработки белково-углеводного молочного сырья на производительность ультрафильтрационных мембран. Определены рациональные параметры проведения процесса ультрафильтрационного концентрирования.

The results of studies of the basic parameters effect of the process of membrane protein-carbohydrate processing of raw milk on the performance of ultrafiltration membranes are described. The rational parameters of the ultrafiltration process of concentration are determined.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Білково-вуглеводна молочна сировина є досить добре дослідженим об'єктом баромембранного розподілу. Продукти ультрафільтраційної (УФ) переробки знежиреного молока, скотин, молочної сироватки мають чіткий певний набір функціональних властивостей і мають широкий спектр промислового застосування. Це робить актуальним дослідження властивостей нових типів ультрафільтраційних мембран для промислових ультрафільтраційних установок малої та середньої потужності, що дозволить розширити впровадження ультрафільтрації у харчові галузі промисловості України та скоротити відставання нашої країни в цій області від провідних промислово розвинених країн світу [1; 2].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. З усіх баромембранних процесів для обробки білково-вуглеводної молочної сировини більшою мірою підходить ультрафільтрація (УФ). Процесу УФ притаманні такі переваги, як висока економічність, низька енергоємність, відсутність фазових перетворень білка. На відміну від зворотного осмосу і нанофільтрації процес УФ протікає за набагато більш низького тиску і в той же час забезпечує набагато більш високу селективність, ніж мікрофільтрація. Одночасно з концентрацією харчових розчинів УФ здійснює їх очищення від низькомолекулярних речовин, бактерій, зберігаючи постійне значення рН. Все вищевикладене обумовило широке використання процесу ультрафільтрації під час переробки молочної сировини, що викликає необхідність детального розгляду сучасних напрямів застосування УФ в технологіях молочних продуктів [3; 4].

Мета та завдання статті. Метою статті є вибір раціональних режимів проведення процесу мембранного розділення шляхом дослідження впливу таких параметрів як температура, тиск і тривалість обробки білково-вуглеводної молочної сировини.

Виклад основного матеріалу дослідження. В якості основних видів білково-вуглеводної молочної сировини (БВМС)

використовували знежирене молоко, сколотини й сирну сироватку. Оскільки кожний із зазначених видів сировини отримують за різними технологічними схемами, вони відрізняються один від одного складом, властивостями, тому можна прогнозувати, що і процес ультрафільтрації кожного виду сировини матиме свої особливості.

З метою визначення характеристик процесу мембранного розподілу БВМС нами була використана математична модель за методом планування експерименту. Рівняння регресії отримані шляхом дослідження зміни параметрів УФ концентрування білково-вуглеводної молочної сировини, забезпечує вивчення процесів, які проходять під час ультрафільтрації молочної сировини, а також визначення оптимальних умов УФ концентрування БВМС для одержання їхніх концентратів із різним значенням продуктивності УФ мембран типу ПАН [5].

Для дослідження процесу мембранного розподілу білково-вуглеводної молочної сировини нами було обрано наступні основні вхідні параметри процесу: t - температура УФ концентрування, °С; τ - тривалість процесу УФ концентрування, с²; P - тиск фільтрації, МПа.

Для обраних параметрів встановлені рівні та інтервали варіювання (табл. 1).

Для дослідження процесу ультрафільтрації білково-вуглеводної молочної сировини нами була проведена серія експериментів. Дослідження проводилися в кілька етапів.

При проведенні експериментів з виявлення залежності швидкості ультрафільтрації від робочого тиску та температури концентрат повертали назад у ємність для вихідного продукту. Тиск всередині експериментального модуля утворювали за допомогою компресора. Величину тиску регулювали за допомогою редуктора, який знаходиться на виході тиску із компресора.

Таблиця 1 – Рівні та інтервали варіювання

Умови проведення експерименту	Позначення	Параметр впливу		
		t , °С	τ , год	P , МПа
Головний рівень	X_0	45	2	0,35
Інтервал варіювання	ΔX	25	2	0,15
Верхній рівень	X_1	70	4	0,5
Нижній рівень	X_2	20	0,25	0,2

Постійну температуру продукту утворювали за допомогою подачі гарячої води до рубашки експериментального модуля: холодну воду нагрівали в ультратермостаті УТ-15 до заданої позначки і за допомогою насоса подавали до рубашки; температуру змінювали від 20 до 70° С за допомогою спеціального термометра.

У результаті проведених експериментів та регресійного і кореляційного аналізу сукупності впливу всіх трьох чинників на продуктивність напівпроникних УФ мембран типу ПАН виявлений вид цих залежностей, які представлені нижче.

Продуктивність мембрани ПАН-100 для сколотин:

$$G1_{п} = 4,826 - 0,062t + 4,299P - 1,849\tau + 8,828 \cdot 10^{-4}t^2 - 0,023P^2 + 0,332\tau^2 + 0,032t \cdot P - 1,786 \cdot 10^{-3}t \cdot \tau - 0,08P \cdot \tau. \quad (1)$$

Продуктивність мембрани ПАН-100 для знежиреного молока:

$$G1_{м} = -5,161 + 0,096t + 42,85P - 0,194\tau - 1,423 \cdot 10^{-4}t^2 - 51,096P^2 - 2,431 \cdot 10^{-3}\tau^2 - 0,015t \cdot P - 8,266 \cdot 10^{-3}t \cdot \tau - 0,124P \cdot \tau. \quad (2)$$

Продуктивність мембрани ПАН-100 для сирної сироватки:

$$G1_{с} = -0,145 + 0,157t + 27,611P - 1,914\tau - 8,411 \cdot 10^{-4}t^2 - 30,829P^2 + 0,221\tau^2 + 1,022 \cdot 10^{-3}t \cdot P - 7,603 \cdot 10^{-3}t \cdot \tau + 1,058P \cdot \tau. \quad (3)$$

Продуктивність мембрани ПАН-50 для сколотин:

$$G2_{п} = -2,851 + 0,142 \cdot 10^{-3}t + 28,825P - 0,554\tau - 6,672 \cdot 10^{-4}t^2 - 30,826P^2 + 0,061\tau^2 - 0,01t \cdot P - 8,48 \cdot 10^{-3}t \cdot \tau - 2,2 \cdot 10^{-4}P \cdot \tau. \quad (4)$$

Продуктивність мембрани ПАН-50 для знежиреного молока:

$$G2_{м} = 1,027 + 0,106t + 19,39P - 1,737\tau - 1,943 \cdot 10^{-4}t^2 - 24,413P^2 + 0,34\tau^2 + 0,011t \cdot P - 0,02t \cdot \tau + 1,671P \cdot \tau. \quad (5)$$

Продуктивність мембрани ПАН-50 для сирної сироватки:

$$G2_{с} = 2,078 + 0,136t + 31,969P - 1,442\tau - 5,202 \cdot 10^{-4}t^2 - 39,575P^2 + 0,223\tau^2 - 3,333 \cdot 10^{-3}t \cdot P - 0,014t \cdot \tau + 1,467P \cdot \tau. \quad (6)$$

Аналіз отриманих регресійних рівнянь показав, що значення продуктивності УФ мембран типу ПАН, залежить від тиску, тривалості й температури. Але основний вплив мають температура й тиск. Причому продуктивність УФ мембран збільшується з підвищенням температури процесу УФ концентрування білково-вуглеводної молочної сировини та високому робочому тиску. Істотний вплив на продуктивність УФ мембран має тривалість процесу УФ концентрування, а також парний вплив температури й тривалості, температури й тиску процесу ультрафільтрації.

Порівняльний аналіз розрахункових та експериментальних характеристик отриманих УФ концентратів показав повний збіг розрахункових і експериментальних даних за продуктивністю для обох типів мембран.

За допомогою створеної нами математичної моделі були визначені умови проведення процесу УФ концентрування з використанням двох типів напівпроникних мембран типу ПАН для забезпечення раціональних показників продуктивності, а також можливого максимального значення зазначеної характеристики за оптимальних параметрів.

Результати оптимізації, які розраховані за допомогою математичної моделі, представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Розрахункові значення оптимальних параметрів мембранної обробки БВМС на УФ мембранах типу ПАН в тупиковому режимі

Максимальна продуктивність УФ мембран, Y_{\max}	Параметр оптимізації			
	t, °C	$\tau \cdot 10^{-2}$, с	P, МПа	Y_{\max}
За сколотинами, G (дм ³ /м ² ·год)	70	0,25	0,45	9,9
За знежиреним молоком, G (дм ³ /м ² ·год)	70	0,25	0,4	11,01
За сирною сироваткою, G (дм ³ /м ² ·год)	70	0,25	0,4	15,0

Оптимізація технологічних режимів процесу УФ досліджуваних видів білково-вуглеводної молочної сировини у тупиковому режимі дозволила одержати об'ємні графічні залежності, які характеризують зазначені процеси (рис. 1-3). Найбільш раціональні режими проведення процесів ультрафільтрації позначені на графічних залежностях відповідним штрихуванням.

У результаті проведених досліджень були визначені раціональні технологічні параметри проведення УФ концентрування білково-вуглеводної молочної сировини в тупиковому режимі з використанням УФ мембран типу ПАН. Доведено, що максимальна ефективність процесу УФ всіх досліджених видів білково-вуглеводної молочної сировини в тупиковому режимі досягається при значеннях тиску фільтрації – 0,4...0,5 МПа, температури мембранної обробки БВМС – 40...50° С, тривалості процесу – 1,5...2,0 години.

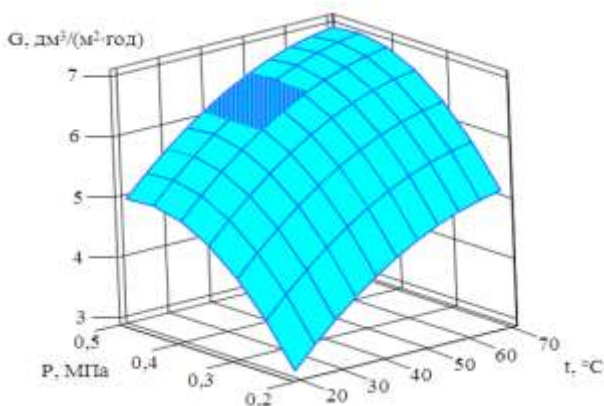


Рисунок 1 – Оптимізація технологічних параметрів процесу мембранного розділення сколотин

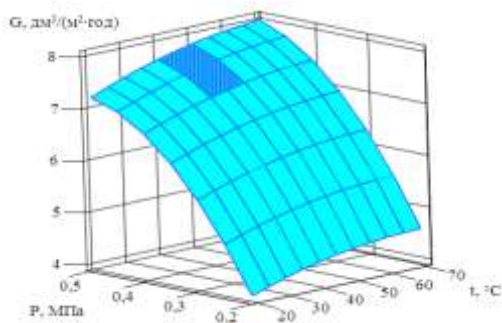


Рисунок 2 – Оптимізація технологічних параметрів процесу мембранного розділення знежиреного молока

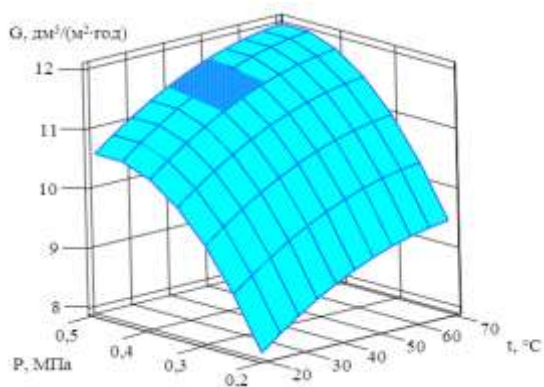


Рисунок 3 – Оптимізація технологічних параметрів процесу мембранного розділення сирної сироватки

Висновки. Відсутність комплексних наукових досліджень процесів мембранної обробки молочної сировини, зокрема ультрафільтрації зумовлює необхідність проведення досліджень технічних характеристик сучасних напівпроникних мембран та

визначення раціональних параметрів технологічного процесу УФ концентрування окремих видів сировини.

Встановлено, що за швидкістю фільтрації, селективністю за білком і лактозою, іншими характеристиками мембрани типу ПАН є перспективними для здійснення процесу УФ білково-вуглеводної молочної сировини. Визначено раціональні технологічні параметри процесу УФ білково-вуглеводної молочної сировини в тушковому режимі. Встановлено, що робочий тиск процесу повинен дорівнювати 0,4...0,5 МПа, температура фільтрації – 40...50 °С, тривалість процесу – 1,5...2,0 години. Отримані результати можуть бути використані під час дослідження інших параметрів процесу ультрафільтрації БВМС, що дозволить запровадити одержані результати у виробництво харчових продуктів на об'єктах переробки молочної сировини харчової промисловості України.

Список літератури

1. Дейниченко Г. В. Ультрафільтраційні процеси та технології раціональної переробки білково-вуглеводної молочної сировини / Г. В. Дейниченко, З. О. Мазняк, І. В. Золотухіна. – Х. : Факт, 2008. – 208 с.
2. Брык М. Т. Мембранная технология в пищевой промышленности / М. Т. Брык, В. Н. Голубев, А. П. Чагаровский. – К. : Урожай, 1991. – 224 с.
3. Фетисов Е. А. Мембранные и молекулярно-ситовые методы переработки молока / Е. А. Фетисов, А. П. Чагаровский. – М. : Агропромиздат, 1991. – 272 с.
4. Дытнерский И. Ю. Баромембранные процессы. Теория и расчет / И. Ю. Дытнерский – М. : Химия, 1986. – 272 с.
5. Дьяконов В. П. Справочник по MathCAD PLUS 6.0 PRO. / В. П. Дьяконов. – М.: СК Пресс, 1997. – 336 с.

Отримано 01.02.2013. ХДУХТ, Харків.

© Г. В. Дейниченко, З.А. Мазняк, О.В. Гафуров, О.О. Підкорчевний, 2013.