

BADANIA NAD OCZYSZCZANIEM PRODUKTÓW CUKROWNICZYCH METODĄ ELEKTRODIALIZY

L. D. Bobrownik, L. A. Fiedorienczenko

Kijowski Instytut Technologiczny Przemysłu Spożywczego
Kijów, USRR

Elektrodializa przy użyciu membran jonitowych jest jedną z perspektywicznych uniwersalnych metod głębokiego oczyszczania produktów przemysłu cukrowniczego [8, 13, 14, 17]. Zestawienie elektrodializy w przemyśle cukrowniczym wpływa nie tylko na zwiększenie wydajności cukru, ale także umożliwia racjonalne wykorzystanie niecukrów [2, 7, 15].

Opłacalność elektrodializy w znacznym stopniu zależy od jakości membran. Przemysł cukrowniczy stawia pewne wymagania membranom. Jednym z nich jest niewielki opór dyfuzji sacharozy. Opór dyfuzji właściwy membranę może być scharakteryzowany współczynnikiem dyfuzji sacharozy w membranę [3, 13]. Współczynnik dyfuzji określono równaniem:

$$D = \frac{V \cdot V_g}{0,4343 \cdot S \cdot \tau (V_g + V)} \{ \lg C_o V - \lg [C_o V - C_g (V_g + V)] \} \quad (1)$$

gdzie:

- V — objętość roztworu dializowanego,
- V_g — objętość dylutu,
- C_o — początkowe stężenie sacharozy w dializowanym roztworze,
- C_g — stężenie sacharozy w dyluacie w danym momencie,
- τ — czas dyfuzji,
- S — powierzchnia dyfuzji.

WPLYW JONÓW NA STRATY SACHAROZY

W pracy badano wpływ jonu o ładunku przeciwnym w stosunku do ładunku jonitu membrany („przeciwjonu”) na dyfuzyjne przenoszenie sacharozy. Badano membrany produkcji krajowej: kationitową MK-40 oraz aninitowe MA-40, MA-41-60, MATI.

Tabela 1

Dyfuzja sacharozy przez membranę w zależności od rodzaju jonów

Jony występujące w membranie MK-40	Współczynnik dyfuzji m^2/s
Na^+	$3,56 \cdot 10^{-11}$
K^+	$3,15 \cdot 10^{-11}$
Mg^{2+}	$6,16 \cdot 10^{-12}$
Ca^{2+}	$2,72 \cdot 10^{-12}$

W tab. 1 przedstawiono wartości otrzymanych współczynników dyfuzji przez membranę kationitową MK-40 obsadzoną różnymi kationami w temperaturze $40^\circ C$.

Porównując otrzymane wartości współczynników dyfuzji sacharozy przez membranę kationitową MK-40 obsadzoną różnymi kationami, można stwierdzić, że według wielkości oporu dyfuzji membrany można uszeregować następująco: obsadzona $Ca > Mg > K > Na$.

Określony przez nas charakter oporu dyfuzyjnego membran związany z rodzajem jonu, którym obsadzona jest membrana, może być wyjaśniony w następujący sposób. Oprócz dyfuzyjnego przenoszenia sacharozy od dializowanego roztworu do dylutu następuje także osmotyczne przenoszenie rozpuszczalnika — wody w kierunku przeciwnym do kierunku dyfuzji: od dylutu ($C_{sach} \cong 0$) do dializowanego roztworu ($C_{sach} \neq 0$). Osmotyczne przenoszenie wody jest intensywniejsze w kapilarach tego układu, w którym warstwa dyfuzyjna jest bardziej stłoczona. W naszych badaniach odnosi się to przede wszystkim do membran w formie wapniowej i magnezowej, ponieważ kationy wapnia i magnezu mają silniejsze powinowactwo do ładunku jonitu w złożu niż kationy metali alkalicznych. Wewnątrz grup kationitowych warstwa dyfuzyjna jest bardziej rozmyta w przypadku kationów Na^+ niż kationów K^+ , Mg^{2+} niż Ca^{2+} . Osmotyczne przenoszenie wody w membranie jonitowej prowadzi do przemieszczenia ładunków jonów, którymi obsadzony jest jonit w membranie [9]. Ładunki te równoważą ładunki złoża. To powoduje powstanie ukierunkowanego pola elektrycznego, które ogranicza osmotyczne prze-

noszenie wody. Ta przeciwnie działająca siła jest tym większa, im większe jest przenoszenie ładunków. Jest ona większa u jonów metali alkalicznych, a mniejsza u metali ziem alkalicznych. Dlatego w membranach obsadzonych jonami z dwoma ładunkami elektroosmotyczne przenoszenie wody powinno być znaczne. Jak powiedziano wyżej, hamuje ono dyfuzyjne przenoszenie sacharozy. Otrzymane przez nas dane o wpływie jonów w jonicie membrany ma charakter dyfuzyjnego przenoszenia nieelektrolitu wskazują także na to, że we współzawodniczącym działaniu dwóch czynników — indukowanego ukierunkowanego pola elektrycznego i hydratacji jonów w membranie — przewagę wykazuje przeciwdziałanie pola elektrycznego.

Oznaczono współczynnik dyfuzji sacharozy w membranie kationitowej MK-40, eksploatowanej przez dłuższy okres. Wynosi on $2,4 \cdot 10^{-12}$ m²/s. Wartość ta jest bliska $2,72 \cdot 10^{-12}$ m²/s dla membrany obsadzonej wapniem. Kationitowa membrana w procesie dializy przemysłowych roztworów cukrowniczych w 85—90% przechodzi w formę wapniową.

Oznaczono także współczynniki dyfuzji sacharozy w membranach anionitowych MA-40, MA-41-60, MATI i MA-40, używane w ciągu długiego okresu w procesie oczyszczania roztworów odcieku ciemnego (tab. 2).

Tabela 2

Dyfuzja sacharozy przez membrany anionitowe

Charakterystyka membran	Współczynnik dyfuzji m ² /s
MA-40 obsadzony Cl	$4,40 \cdot 10^{-11}$
MA-40 używany	$8,00 \cdot 10^{-12}$
MA-41-60 obsadzony Cl	$1,38 \cdot 10^{-11}$
MATI obsadzony Cl	$2,53 \cdot 10^{-11}$

Tak więc używana membrana anionitowa zawierająca zaadsorbowane substancje barwne wykazuje największy opór dyfuzji sacharozy. Sorpcja substancji barwnych następuje nie tylko według mechanizmów jonowymiennych i molekularnych, lecz także na drodze specyficznych reakcji chemicznych, które prowadzą do utworzenia trwałych kowalentnych wiązań w fazie sorbentu [16]. Oczywiście takie membrany są zdolne do wydatniejszego przepuszczania rozpuszczalnika pod wpływem ciśnienia osmotycznego, co hamuje dyfuzyjne przenoszenie sacharozy.

W tab. 3 przedstawiono współczynniki dyfuzji sacharozy w krajowych membranach homogennych.

Tabela 3

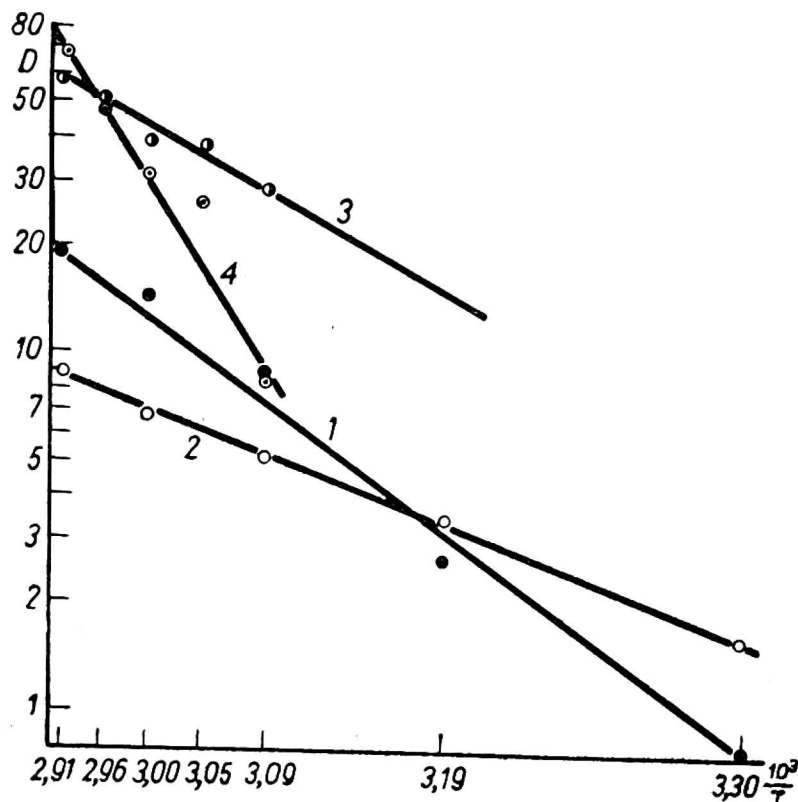
Dyfuzja sacharozy przez membrany homogenne

Symbol membrany	Współczynnik dyfuzji m^2/s
MPF-2	$7,1 \cdot 10^{-12}$
MP-FS	$3,97 \cdot 10^{-10}$
GK	$1,0 \cdot 10^{-11}$
GA	$1,57 \cdot 10^{-10}$

Kationitowe membrany homogenne wykazują wysoki opór dyfuzyjny, zbliżony do oporu membran heterogennych. Membrany anionitowe wykazują opór dyfuzyjny o dwa rzędy niższy od heterogennych, co czyni je nieprzydatnymi w przemyśle cukrowniczym.

WPLYW TEMPERATURY

Elektrolizę prowadzono także w podwyższonych temperaturach [6, 8]. Dlatego oznaczyliśmy współczynniki dyfuzji sacharozy w membranach kationowych i anionitowych MK-40, MA-40 i membranach MATI w temperaturach 30, 40, 50, 55, 60, 65, 70°C.



Rys. 1. Zależność współczynnika dyfuzji sacharozy D w membranach jonitowych od temperatury (T)

1 — MK-40, 2 — MA-40, 3 — MATI kationitowa, 4 — MATI anionitowa

Na rys. 1 przedstawiono krzywe zależności współczynnika dyfuzji od temperatury. Zależności te dla wszystkich membran mają charakter funkcji wykładniczej ujętej prawem Frenkla.

$$D = Ae^{-\frac{B}{T}} \quad (2)$$

W całym badanym zakresie temperatur między D i wielkością $\frac{1}{T}$ występuje zależność prostoliniowa (rys. 1). Ekstrapolacja otrzymanych prostych pozwala określić współczynniki w szerszym zakresie temperatur: 20—90°C, to jest w realnie możliwych warunkach prowadzenia elektrodializy.

ELEKTROSMOTYCZNE PRZENOSZENIE SACHAROZY

W polu elektrycznym można zaobserwować wzmożone przenoszenie sacharozy. Elektroosmotyczne przenoszenie sacharozy jest intensywniejsze od dyfuzyjnego o 1—2 rzędy wielkości [5, 12].

Intensywność przenoszenia sacharozy jest ściśle związana z warunkami elektrotechnicznymi i elektrodynamicznymi w elektrodializatorze. Zależy także od technologicznych warunków procesu.

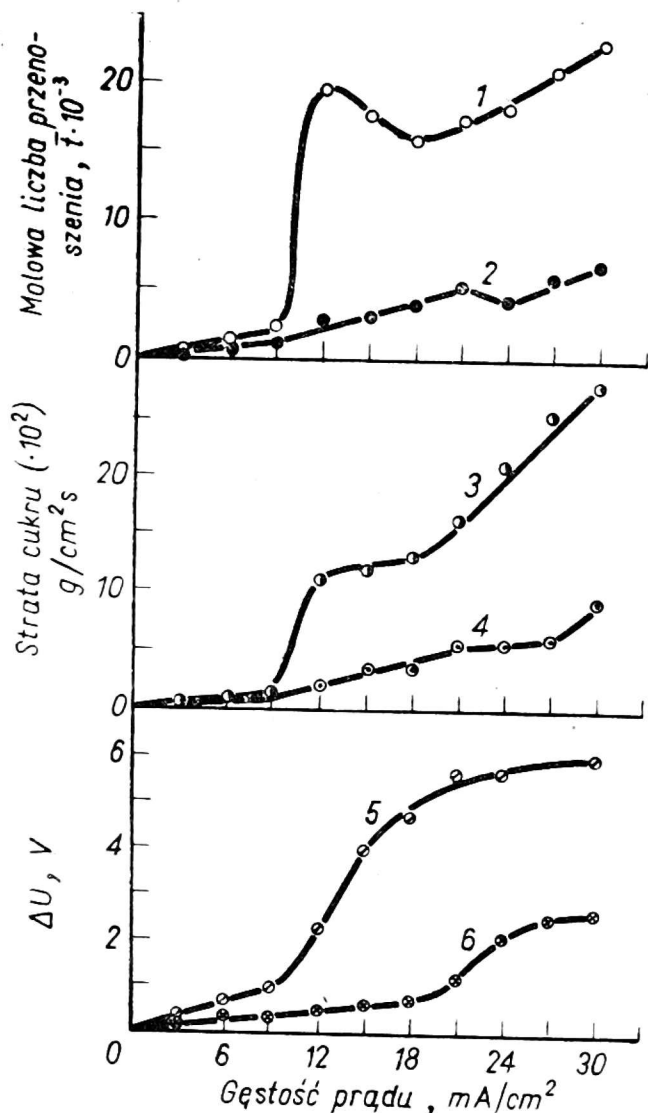
Określenie zależności przenoszenia sacharozy od szeregu czynników pozwoli optymalizować proces oczyszczania metodą elektrodializy w taki sposób, aby przebiegał on z najmniejszymi stratami sacharozy.

W pracy zbadano wpływ, jaki gęstość prądu, szybkość przepływu roztworu w roboczej komorze elektrodializatora i stężenie sacharozy i elektrolitu wywierają na elektroosmotyczne przenoszenie sacharozy przez membrany.

W procesie elektrodializy ważnym czynnikiem, określającym efektywność procesu, jest gęstość prądu. Badano wpływ gęstości prądu na przenoszenie sacharozy przez membrany jonitowe MK-40 i MA-40 z roztworu 30% sacharozy w 0,75n octanie sodowym i w 0,1n chlorku sodowym w temperaturze 40°C przy różnych szybkościach przepływu demineralizowanego roztworu. Do oznaczenia małych ilości sacharozy stosowano metodę z żelazocyjankiem. Sacharozę hydrolizowano wstępnie kwasem [1].

Ustalono, że zależność elektroosmotycznego przenoszenia od gęstości prądu na charakter ściśle związany z polaryzacją membran (rys. 2).

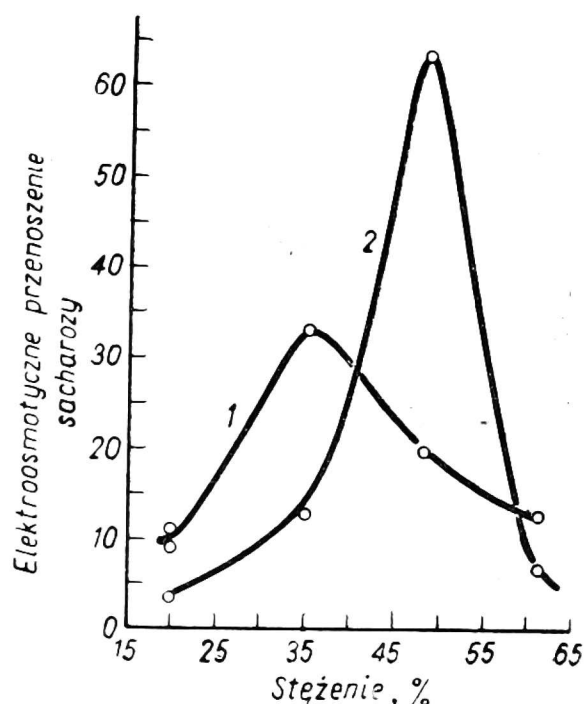
Krzywe polaryzacyjne membran, otrzymane w identycznych warunkach, pozwalają wysnuć wniosek, że elektroosmotyczne przenoszenie sacharozy zależy od charakteru strumienia cząstek przechodzących przez



Rys. 2. Zależność molowej liczby przeniesienia sacharozy (krzywa 1), właściwego przenieszenia elektroosmotycznego sacharozy (krzywa 3) i spadku napięcia (krzywa 5) od gęstości prądu w membranie kationitowej MK-40, oraz w membranie anionitowej MA-40 (krzywe 2, 4, 6)

membranę. Isajew i Zołotariewa [11] donoszą, że ze wzrostem gęstości prądu rośnie udział jonów H^+ i OH^- w przenoszeniu prądu. Udział ten jest największy przy krańcowej wielkości prądu. Jak wynika z krzywych przedstawionych na rys. 2, w zakresie gęstości prądu odpowiadającym drugiemu odcinkowi krzywej polaryzacji (5, 6) przenoszenie sacharozy praktycznie nie zależy od gęstości prądu (3, 4). Przenoszenie sacharozy silnie wzrasta w trzecim odcinku krzywej. Liczba molowa przeniesienia sacharozy (1, 2) w zakresie gęstości prądu odpowiadającego pierwszemu odcinkowi krzywej polaryzacji, jest proporcjonalna do gęstości prądu. W drugim odcinku obniża się, w trzecim znowu rośnie.

Charakterystyczne jest, że udział strumieni H^+ i OH^- w przepływie prądu obniża przenoszenie sacharozy. Jest to związane ze szczególnym mechanizmem ruchu jonów wodorowych i hydroksylowych w polu elektrycznym. Potwierdzeniem tego jest fakt, że elektroosmotyczne przeniesienie sacharozy z 0,1n roztworu NaOH przez membranę anionitową i z 0,75n roztworu CH_3COOH przez membranę kationitową odpowiada wielkości dyfuzyjnego przeniesienia sacharozy.



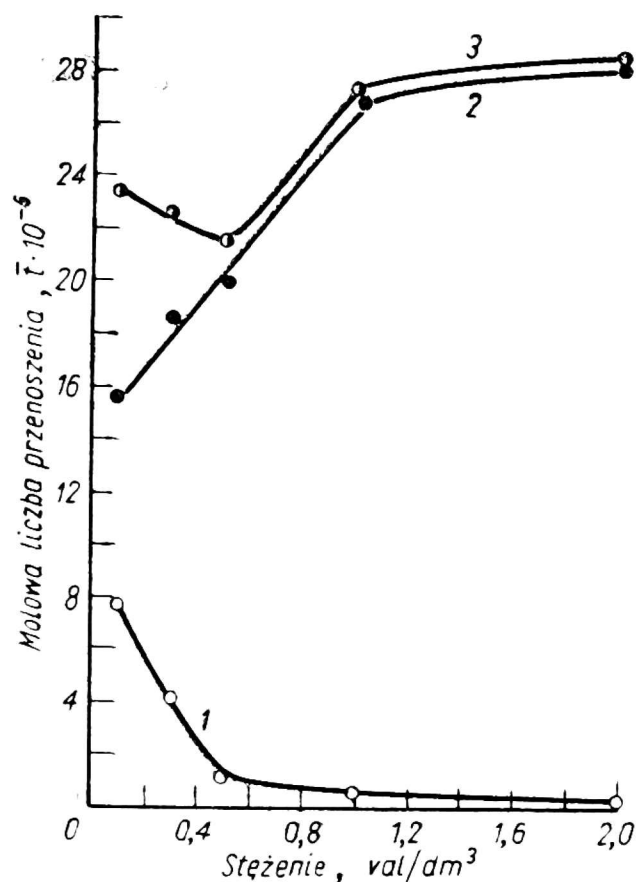
Rys. 3. Zależność elektroosmotycznego przenoszenia sacharozy od jej stężenia w roztworze elektrodializowanym przez membrany
1 — MK-40, 2 — MA-40

Badanie wpływu stężenia sacharozy na jej elektroosmotyczne przeniesienie wykazało, że zależność właściwego przenoszenia sacharozy od stężenia posiada ekstremalną wielkość przy stężeniu 35% dla membrany kationowej MK-40 i 45—48% dla membrany anionitowej MA-40 (rys. 3). Można to wyjaśnić wzrostem oporu przepływu cieczy ze wzrostem stężenia sacharozy. Zależność tę należy brać pod uwagę przy dobieraniu rozcieńczeń gęstych roztworów cukrowych, wprowadzanych do dejonizacji w elektrodializatorze.

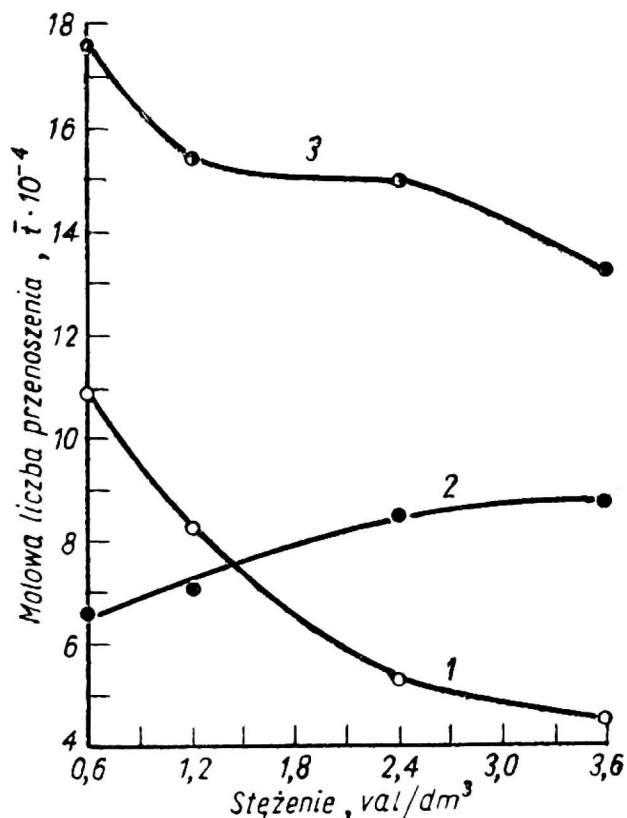
Wpływ stężenia elektrolitu na przenoszenie sacharozy ma różny charakter dla membrany kationitowej i anionitowej (rys. 4). W MK-40 wielkość właściwego przenoszenia sacharozy zmniejsza się ze wzrostem stężenia elektrolitu zgodnie z ogólnymi zasadami osmozy. W membranach anionitowych znaleziono przeciwny charakter wpływu stężenia elektrolitu, co warunkuje występowanie minimum przenoszenia przy stężeniu elektrolitu 0,5n. Analogiczny charakter ma wpływ elektrolitu zateżanego roztworu na elektroosmotyczne przenoszenie sacharozy (rys. 5).

Badanie wpływu szybkości przepływu 0,75n roztworu octanu sodowego, zawierającego 30% sacharozy, na jej przenoszenie elektroosmotyczne wykazało, że ze wzrostem ruchu szybko wzrasta przenoszenie sacharozy, aż do prędkości 5—6 cm/s (rys. 6).

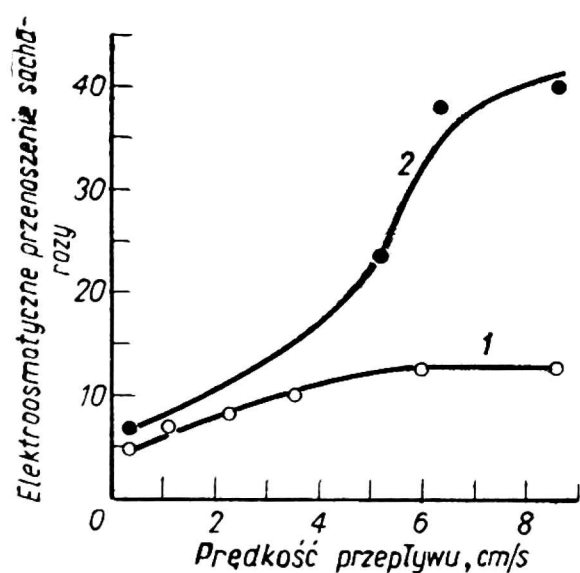
Dalszy wzrost szybkości praktycznie nie wpływa na przenoszenie sacharozy. Badanie procesów hydrodynamicznych w komorze elektrodializatora wykazuje, że tym szybkościom odpowiada przejście od ruchu laminarnego do turbulentnego. Przejście do ruchu turbulentnego jest związane ze zmniejszeniem grubości nieruchomej warstwy cieczy położonej przy powierzchni membrany, co sprzyja przenoszeniu sacharozy.



Rys. 4. Zależność molowej liczby przenoszenia sacharozy od stężenia elektrolitu w roztworze elektrodializowanym
1 — przez MK-40, 2 — przez MA-40,
3 — przez obie membrany



Rys. 5. Zależność molowej liczby przenoszenia sacharozy od stężenia elektrolitu w roztworze zatężonym
1 — przez MK-40, 2 — przez MA-40,
3 — przez obie membrany



Rys. 6. Zależność elektroosmotycznego przenieszenia sacharozy od prędkości przepływu roztworu elektrodializowanego w roboczej komorze elektrodializatora
1 — przez MK-40, 2 — przez MA-40

ZMIANA ODCZYNU

Straty sacharozy pochodzą nie tylko od elektroosmotycznego i dyfuzyjnego przenoszenia, mogą być także spowodowane spadkiem pH, który często występuje podczas elektrodializy roztworów sacharozy. Jednym z problemów oczyszczania roztworów cukrowniczych jest zmiana odczynu środowiska. W niniejszej pracy podjęto próby wyjaśnienia przyczyn tego zjawiska.

Zmiana odczynu roztworu praktycznie występuje w drugim etapie polaryzacji membran, to jest w warunkach osiągnięcia prądu granicznego [11]. Nagromadzenie się jonów OH^- lub H^+ w elektrodializatorze zależy od tego, która z membran pracuje pod prądem granicznym.

Iloraz wielkości prądu granicznego membrany anionitowej i kationitowej dla danego roztworu elektrolitu można obliczyć z porównania równań prądu granicznego dla membran jonitowych.

$$i_{gr}^{a,k} = \frac{ZFD \pm C}{\zeta(1 - t_{\pm})} \quad (3)$$

gdzie:

Z — ładunek jonu, którym obsadzony jest jonit w membranie,

F — liczba Faradaya,

C — stężenie elektrolitu,

ζ — grubość warstwy dyfuzyjnej,

t_+ , t_- — liczba przenoszenia w swobodnym roztworze kationu i anionu,

D_{\pm} — współczynnik dyfuzji elektrolitu.

Tak więc dla membrany anionitowej

$$i_{gr}^a = \frac{ZFD \pm C}{\zeta t_+} \quad (4)$$

$$i_{gr}^a = \frac{ZFD \pm C(U + V)}{\zeta U} \quad (5)$$

gdzie:

U — ruchliwość kationów w swobodnym roztworze,

V — ruchliwość anionów w swobodnym roztworze.

Analogicznie dla membrany kationowej

$$i_{gr}^k = \frac{ZFD \pm C(U + V)}{\zeta V} \quad (6)$$

$$\frac{i_{gr}^a}{i_{gr}^k} = \frac{V}{U} \quad (7)$$

Jak wynika z równania (7) wielkości prądów granicznych są proporcjonalne do ruchliwości jonów. Dlatego osiągnięcie prądu granicznego kontroluje się ruchliwością jonów elektrolitu w swobodnym roztworze.

Doświadczenia prowadzono w siedmiokomorowym elektrodializatorze. Komory elektrodowe przemywano roztworem K_2SO_4 . Przez komory „osłony” przepuszczano 1n roztwór KCl z dużą szybkością. Komory załężania napełniano 0,1n NaCl, a środkową badanym roztworem. Prowadzono elektrodializę 0,1n roztworów KCl, NaCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, CH_3COONa w $20^\circ C$, w warunkach statystycznych w obecności sacharozy o stężeniu 0,5m i 1,0m oraz bez sacharozy. Zastosowano roztwory takich soli, które zawierają aniony o większej i mniejszej ruchliwości od ruchliwości kationów. Różnice w ruchliwości kationów w roztworach chlorków dają możliwość prześledzenia zależności i_{gr} membrany kationitowej od rodzaju jonu przeciwnego w roztworze.

W tab. 4 podano wielkości ruchliwości jonów i prądów granicznych (mA/cm^2) w wodnych roztworach odpowiednich soli, a w tab. 5 w roztworach cukru. Ruchliwości jonów w roztworach cukru obliczyliśmy z oznaczonych liczb przenoszenia jonów i przewodności równoważnikowych roztworów według następujących wzorów

$$U = \lambda t_+ \quad V = \lambda t_0 \quad (8)$$

gdzie:

λ — przewodność równoważnikowa roztworu.

Otrzymane dane potwierdzają tezę, że zmiana odczynu elektrodializowanego roztworu następuje przy osiągnięciu prądu granicznego na membranie kationitowej — alkalizowanie roztworu lub anionitowej — zakwaszanie roztworu (rys. 7 i 8).

Tabela 4

Ruchliwość jonów i prądy graniczne w roztworach wodnych

Elektrolit	U	i_{gr} MK-40	V	i_{gr} MA-40
KCl	55,1	7,2	55,8	7,4
NaCl	36,4	4,6	55,6	6,6
$CaCl_2$	32,0	4,5	56,1	6,7
$MgCl_2$	28,0	3,3	55,3	5,4
CH_3COONa	—	6,5	—	5,0

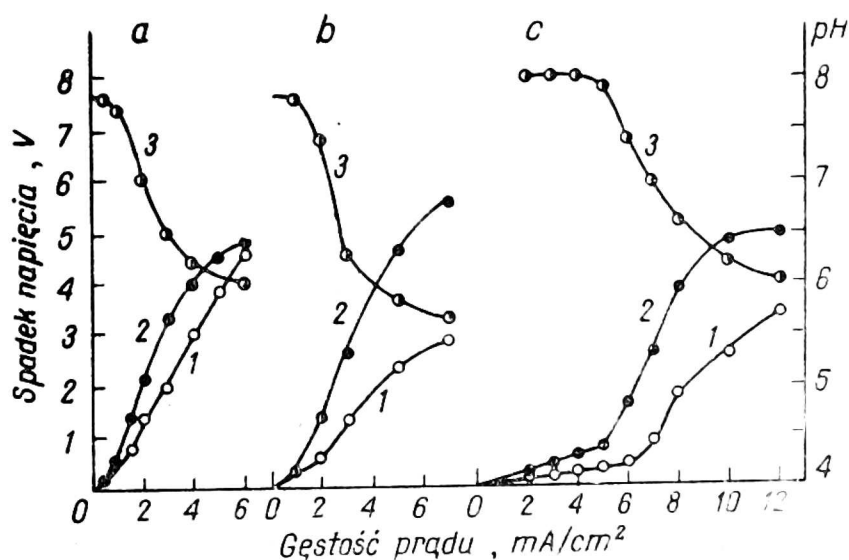
Tabela 5

Ruchliwość jonów i prądy graniczne w roztworach cukrowych

Elektrolit	Stężenie sacharozy mol/l							
	0,5 m				1,0 m			
	U	i_{gr} MK-40	V	i_{gr} MA-40	U	i_{gr} MK-40	V	i_{gr} MA-40
KCl	39,5	3,3	35,2	3,2	25,1	1,7	16,8	1,7
NaCl	24,8	1,8	35,4	3,4	15,0	0,8	17,8	1,8
CaCl ₂	23,9	1,6	32,2	2,4	12,2	0,8	17,8	1,7
MgCl ₂	22,6	1,6	31,9	2,5	9,7	0,8	14,7	1,7
CH ₃ COONa	—	1,8	—	1,2	—	1,2	—	1,0

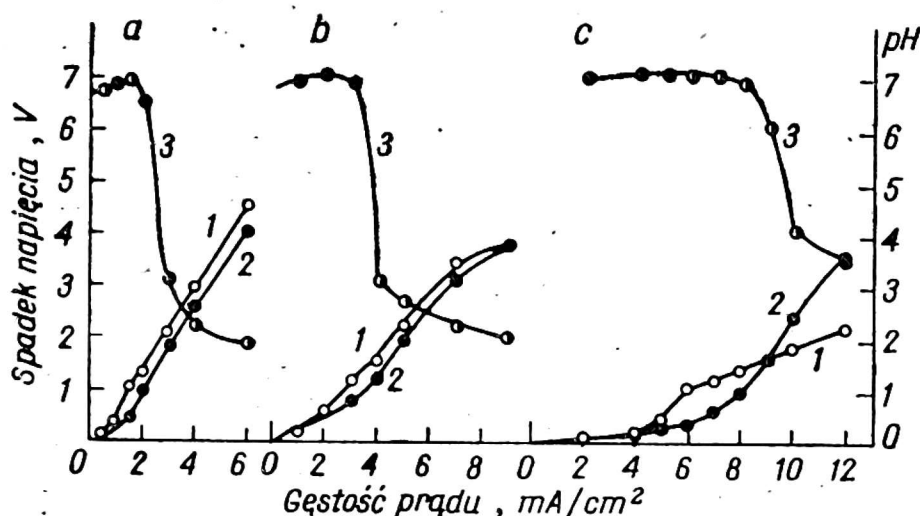
Graniczna polaryzacja membrany anionitowej wywiera silniejszy wpływ na odczyn środowiska, niż graniczna polaryzacja membrany kationitowej, co jest uwarunkowane różnicą liczb przenoszenia jonów H^+ i OH^- w membranach. Ustalono, że $t_{H^+} = 10^{-4}$, a $t_{OH^-} = 4 \cdot 10^{-2}$ [10].

Wzrost stężenia sacharozy silnie obniża wielkość i_{gr} dla obu rodzajów membran. Prowadzenie procesu przy natężeniu prądu znacznie poniżej granicznego pozwala uniknąć silnej zmiany reakcji elektrodializatorów, jednakże stosowanie małych gęstości prądu obniża wydajność elektrodializatorów. Dlatego proces oczyszczania roztworów cukrowych należy prowadzić w obszarze i , bliskim wielkości prądu granicznego membrany anionitowej.



Rys. 7. Zależność spadku napięcia na membranach MK-40 (krzywe 1), MA-40 (krzywe 2) i pH elektrodializowanego roztworu (krzywe 3) od gęstości prądu podczas elektrodializy

a) 0,1n roztworu CH_3COONa w 1m sacharozie, b) 0,1n CH_3COONa w 0,5m sacharozie, c) 0,1n, roztworu CH_3COONa bez sacharozy



Rys. 8. Zależność spadku napięcia na membranach MK-40 (krzywe 1), MA-40 (krzywe 2) i pH elektrodializowanego roztworu (krzywe 3) od gęstości prądu podczas elektrodializy a) 0,1n roztworu NaCl w 1m sacharozie, b) 0,1n roztworu NaCl w 0,5m sacharozie, c) 0,1n roztworu NaCl bez sacharozы

Zaproponowano wiele metod podwyższenia pH dejonizowanych produktów przemysłu cukrowniczego. Jednym ze sposobów rozwiązania problemu podwyższenia i stabilizacji pH jest metoda elektrojonitowa [4].

WNIOSKI

1. Opór dyfuzyjny membran jonitowych zależy od rodzaju jonu, którym obsadzony jest jonit membrany. Pod względem oporu stawianego sacharozie membrany kationitowe można uszeregować następująco: obsadzone kationami $\text{Ca} > \text{Mg} > \text{K} > \text{Na}$.

Membrana anionitowa nasycona substancjami barwnymi produktów cukrowniczych stawia większy opór sacharozie niż membrana obsadzona jonami Cl^- .

2. Ustalono, że zależność między temperaturą a współczynnikiem dyfuzji sacharozы w membranie jonitowej ma charakter funkcji wykładniczej.

3. Jonitowe membrany homogenne wykazują mniejszy opór dyfuzyjny dla sacharozы niż heterogenne, szczególnie dotyczy to membran anionitowych.

4. Elektroosmotyczne przenoszenie sacharozы jest o 1—2 rzędy intensywniejsze od dyfuzyjnego. Jest ono ściśle związane z rodzajem polaryzacji membran i zależy od rodzaju strumienia jonów migrującego przez membranę. Najmniejsze elektroosmotyczne przenoszenie sacharozы obserwuje się przy migracji jonów H^+ i OH^- .

5. Stężenie sacharozы w dejonizowanym roztworze wywiera znaczny wpływ na wielkość jej elektroosmotycznego przenoszenia. Maksymalne

переносение сахарозы zachodzi z roztworów o stężeniu 35—50%. Dlatego klarówki produktów wysokiej jakości poddawane elektrodializie nie powinny zawierać więcej niż 30—35% suchej substancji, a melas 40%.

6. Zmiana środowiska (odczynu) dejonizowanego roztworu następuje przy osiągnięciu prądu granicznego.

7. Wielkość prądu granicznego jest proporcjonalna do ruchliwości przeciwnonu w swobodnym roztworze.

8. Sacharoza zawarta w roztworze zmniejsza ruchliwość anionów silniej niż ruchliwość kationów. Osiągnięcie prądu granicznego w membranie anionitowej przy elektrodializie produktów przemysłu cukrowniczego następuje wcześniej niż w membranie kationitowej. Powoduje to obniżenie pH roztworów produktów cukrowniczych.

LITERATURA

1. Архипович Н. А.: Химико-технологический контроль свеклосахарного производства, Изд. Техника, Киев, 1964
2. Бобровник Л. Д., Литвак И. М.: Сахарная пром., № 11, 18—21, 1962
3. Бобровник Л. Д., Литвак И. М.: Пищевая пром. № 7, 6—9, 1962
4. Бобровник Л. Д.: Авторское свидетельство, № 250879, кл. 19, 1/0,5, 89 с. 15, заявка от 30.XII 1966
5. Бобровник Л. Д.: Тезисы докладов Всесоюзной межвузовской научной конференции по новым физическим методам обработки пищевых продуктов, Воронеж 1968
6. Бобровник Л. Д.: Электроионитная очистка полупродуктов сахарного производства, УкрНИИНТИ, Киев, 1968
7. Bretschneider R., Kadlec P.: Prumysl potravin, 23 nr 5, 152—155, 1972
8. Buriánek J. D., Šlechtová D.: Listy Cukrovarnické 75, nr 3, 62—66, 1959; 75, nr 3, 66—69, 1959; 75, nr 4, 1959; 76, nr 9, 193—201, 1960; 76, nr 10, 217—223, 1960; 86, nr 42—45, 1970
9. Гельферих Ф.: Иониты, Издательство Химия, Москва, 1962
10. Гнусин Н. П., Певницкая М. В. Сб.: Синтез и свойства ионообменных материалов, Издательство Наука, Москва, 1968
11. Исаев Н. И., Золотарева Р. И., Мостявая С. А.: Ионообменные мембраны в электродиализе, Изд. Химия, Москва—Ленинград, 1970
12. Лейбович Д. М., Зеликман И. Ф.: Сахарная пром., № 9, 30—34, 1963
13. Leszko M.: Gaz. cukr., nr 5, 141—142, 1960; nr 8, 246—252, 1960; nr 2, 38—40, 1962
14. Литвак И. М., Бобровник Л. Д.: Труды Киевского технологического института пищевой промышленности, вып. 24, 22—29, 1961
15. Литвак И. М., Бобровник Л. Д.: Способ очистки полупродуктов сахарного производства от несахаров. Авторское свидетельство, № 178757, 1962
16. Селеменев В. Ф.: Специфическое взаимодействие анионита АВ-16Г с органическими веществами сахарных растворов. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук, Воронеж, 1972
17. Zahg J. A., Moshy R. N., Smith R. N.: Chemical Engineering Progress Symposium Series, t. 62, nr 69, 105—110, 1966

Л. Д. Бобровник, Л. А. Федоренченко

ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОЧИСТКЕ САХАРНЫХ ПРОДУКТОВ МЕТОДОМ
ЭЛЕКТРОДИАЛИЗА

Резюме

Исследовали проникание сахарозы через ионитные мембраны в зависимости от вида ионита, вида обсаживающих его ионов, температуры, вида ионов мигрирующих в мембране (электроосмос) и концентрации сахарозы. Исследовали также изменения рН во время деминерализации.

L. D. Bobrovnik, L. A. Fedorenchenko

PURIFICATION OF SUGAR PRODUCTS BY MEANS OF ELECTRODIALYSIS

Summary

Sucrose penetration through the ion exchanger diaphragm was investigated, taking into account resin type, kind of bound ions, temperature, kind of migrating ions (electroosmosis) and sucrose concentration as well as changes of pH during demineralization.