

## Proučavanje metode elektrodijalize u cilju demineralizacije surutke (Application of Electrodialysis for Whey Demineralization)

Dr. Dragoslava MIŠIĆ, dr. Milan JAKŠIĆ, mr. Dušica PETROVIĆ,  
dr. Aleksandar JOKIĆ i ing. Zorica KEREČKI — Poljoprivredni fakultet,  
Institut za prehrambenu tehnologiju i biohemiju, Zemun

Izvorni znanstveni rad — Original Scientific Paper

UDK: 637.344

Prispjelo: 15. 6. 86.

### Sažetak

Elektrodijaliza predstavlja savremenu membransku metodu koja se u svetu sve više koristi za demineralizaciju surutke radi ostvarivanja njene veće primene u proizvodnji hrane za ljude. Slatko-slani ukus surutke u prahu i visoki sadržaj mineralnih materija naročito ograničavaju njeno učešće u proizvodima konditorske industrije i proizvodnji dečije hrane.

Na laboratorijskom uređaju vršena je elektrodijaliza sveže, slatke surutke pri različitim gustinama struje.

Pri manjim gustinama struje i dužem trajanju elektrodijalize postignuti su vrlo dobri rezultati iscrpljenja mineralnih materija surutke. U procesu elektrodijalize najviše se iscrpljuju joni  $K^+$  i  $Na^+$ , a manje od njih  $Ca^{2+}$ .

### Summary

Electrodialysis represents a modern contemporary membrane process which beside many other recent applications finds increasing uses in whey desalinization. Demineralized whey powder appears in wide increasing application in many products of food technology and most particularly for children food.

Electrodialysis of fresh whey has been carried out in the laboratory equipment at various current densities: 6,8 and 10 mA  $\times$  cm<sup>-2</sup> and at various times of processing: 4,3 and 1,5 hrs. Electrodialysis at lower current densities has yielded very good effects in desalinization: there have been removed 72 and 71,28 percents of mineral matters, respectively; potassium ions were almost completel exhausted resulting in 93,51 and 98,33%, respectively, sodium ions have also been removed in higher amounts, 80,16 and 71,99%, while calcium ions were relatively less exhausted, 17,40 and 38,80%, respectively, because of lower content, higer atomic mass and volume.

At upper current density and lowest time of electrodialysis the obtained effects were unsatisfield because of the effect of concentration polarization and specific mass-transfer features of employed membrane, which apparently have been exceeded and overloaded.

Highly demineralized whey at two lower current densities would yield the powder with about 2,25 and 2,60% of mineral matters, which would quite correspond to various aims in food production including the children food.

## Uvod

Demineralizacija surutke elektrodijalizom predstavlja u svetu savremenu metodu za veću primenu surutke u proizvodnji hrane za ljude.

Pri industrijskoj proizvodnji sireva dobijaju se velike količine surutke koje se u nas ne iskorišćavaju racionalno. Znatne količine surutke ispuštaju se sa otpadnim vodama u kanalizaciju i zagađuju prirodne vodotokove, a samo mali deo se prerađuje, najčešće sušenjem, prvenstveno za stočnu hranu. Međutim, surutka je po svome hemijskom sastavu dragocena i za ishranu ljudi, posebno dece, zbog biološki visoko vrednih proteina, laktoze, mineralnih materija i vitamina. Proteini surutke biološki su vredniji od kazeina i svih ostalih proteina animalnog porekla zbog najpovoljnijeg sadržaja i odnosa esencijalnih aminokiselina. Pored povećanja nutritivne vrednosti, prisustvo surutke u mnogim proizvodima popravljaja i njihova svojstva: od organoleptičkih osobina sve do tehnoloških karakteristika, kao što su sorpcija vode, sposobnost stvaranja pene, emulgovanje masti, konzistencija proizvoda, ukus i dr. (Carić, 1980.)

Zbog velikog sadržaja vode u svežoj surutki, ugušćena surutka i sušena surutka u prahu predstavlja mnogo podesnije sirovine u dobijanju mnogih proizvoda u raznim granama prehrambene industrije (supe, sosovi, peciva, testenine, proizvodi prerade mesa i dr.). U proizvodima konditorske industrije i nekim drugim (slatki kremovi, pudinzi, deserti, sladoled i drugi slatkiši) primena surutke u prahu je količinski ograničena zbog njenog slatko-slanog okusa (Đorđević et al., 1981). Nutricionisti i lekari ograničavaju njeno učešće i u proizvodnji dečije hrane, jer veliki sadržaj mineralnih materija surutke u prahu (8 — 12%) opterećuje rad bubrega dece i može da dovede do njihovog oštećenja. Ovi razlozi upućuju na to da se surutka kao sirovina velike biološke vrednosti u mnogim prehrambenim proizvodima može bolje primeniti ako je demineralizovana ili delimično demineralizovana.

Elektrodijaliza predstavlja međufazni proces dobijanja surutke u prahu i može se izvoditi sa svežom ili ugušćenom surutkom. Dominantni faktor u elektrodijalizi ugušćene surutke je obim njenog koncentrisanja. Prema radovima više autora (Ganu et al., 1977; Kravchenko et al., 1982; Shiler et al., 1984; Tortosa, 1979.) i prospektima proizvođača opreme (Jonics et al.) postižu se dobri rezultati elektrodijalize ugušćene surutke koncentrisane do oko 28 — 30% Sm. To podrazumeva da se posle elektrodijalize surutka upućuje na dalje koncentrisanje uparavanjem (50 — 60% Sm), a zatim se obavljaju uobičajene operacije za dobijanje sušenog praha surutke (kristalizacija, sušenje). Dobre organoleptičke osobine praha i ekonomska opravdanost troškova elektrodijalize postižu se sa 70% iscrpljenja mineralnih soli (2 — 2,6% pepela u prahu surutke), jer se takav prah surutke može koristiti u većim razmerama u velikom broju prehrambenih proizvoda i u formulama dečije hrane (Kravchenko et al., 1984).

## Materijal i metode rada

Elektrodijaliza je fizički proces kojim se elektrolit posredstvom semipermeabilnih membrana pod dejstvom električne struje transportuje iz jedne tečnosti (surutke) u drugu (tečnost za ispiranje). To je u stvari elektrohemijaska

separaciona tehnika u toku koje se masa prenosi posredstvom specijalnih jonoizmenjivačkih membrana.

Elektrodijaliza sveže surutke vršena je u laboratorijskom uređaju za elektrodijalizu koji se sastoji iz tri ćelije. U srednjoj ćeliji se nalazi rastvor koji želimo da demineralizujemo (surutka), a u ćelijama sa strane je elektrolit (za ispiranje). Između ovih ćelija nalaze se dve selektivne jonoizmenjivačke membrane, jedna katjonska i druga anjonska. Za demineralizaciju surutke najčešće se koriste membrane umreženog polistirena. Katjonska jonoizmenjivačka membrana je negativno naelektrisana i semipermeabilna samo za katjone:  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Na^+$ , a nepropustljiva za anjone. Anjonska membrana je naelektrisana pozitivno i propustljivo samo za anjone (citrati, hloridi, fosfati), a nepropustljiva za katjone.

Semipermeabilnost membrana za određenu vrstu jona postiže se stvaranjem trodimenzionalnih naelektrisanih matrica polielektrolita koje nastaju uvođenjem jonogenih grupa na određenim mestima duž linearnih lanaca organskih polimernih jedinjenja. Fiksirane jonske grupe karakterišu svojstva membrana i pokretnih jona koji su od ključnog značaja za odvijanje selektivnog prenosa mase. Katjonske membrane sadrže negativno naelektrisane fiksirane jonske grupe kao što su suflonska i karboksilna, a anjonske membrane sadrže pozitivne naelektrisane jonske grupe, kvarterne neamonijačne grupe i amino grupe.

Pri puštanju u rad uređaja za elektrodijalizu, na strani katjonske membrane u prostor za ispiranje uroni se katoda od platine, a u drugi prostor titanova anoda. Elektrode se povežu jednosmernim izvorom struje. Pored ključnog dela, uređaj za elektrodijalizu kao celina sadrži i jedan ampermetar i ispravljač struje. Mehanizam transporta materija kroz jonoizmenjivačke membrane predstavlja pronalazjenje određene vrste jona kroz membranu. Određene jonske vrste prodiru u membranu i slobodno se kreću kroz njene pore pri čemu u toku veoma kratkog vremena dolazi do njihovog vezivanja za fiksirane jone membrane i momentalnog oslobađanja pod dejstvom električnog polja koji vlada u sistemu. Pod dejstvom električnog polja i usled postojanja potencijalne razlike jona, anjoni iz dijalizirajuće tečnosti (surutka) kreću se kroz anjonsku selektivnu membranu ka anodi u prostor za ispiranje, dok se katjoni propuštenu od strane katjonske izmenjivačke membrane kreću ka katodi, u katodni prostor za ispiranje. Na ovaj način se vrši demineralizacija rastvora u srednjoj ćeliji — surutki. Usled koncentrisanja jona u katodnom i anodnom prostoru i zbog održavanja potrebne potencijalne razlike, neophodno je ćelije neprestano ispirati, kako se ne bi pojavili neželjeni nuzefekti.

Elektrodijaliza koju smo izvodili u laboratorijskom uređaju predstavlja diskontinualni proces. Kod uređaja koji rade kontinualno postoji veći broj baterija. Katjonske i anjonske membrane su poređane naizmenično, na malom rastojanju. Između svakog para membrana nalazi se ćelija sa elektrolitom za ispiranje. Kontinualni uređaji za demineralizaciju surutke većeg su kapaciteta postupak kraće traje, dobija se proizvod nepromenjenih tehnoloških osobina tako da ovaj postupak nalazi široku praktičnu primenu.

U radu su korišćene sledeće jonoizmenjivačke membrane:

- katjonska, tip 61 CZL, proizvođač JONICS, JNC, Watertown, USA
- anjonska, tip 103 PZL, proizvođač JONICS, JNC, Watertown, USA

Membrane na uređaju imale su površinu od 100 cm<sup>2</sup>.

U radu je korišćena sveža, slatka surutka koja je dobijena zgrušavanjem pasterizovanog mleka pomoću sirila. Elektrodijaliza surutke obavljena je na tri različite struje: 600 mA, 800 mA i 1000 mA.

U ovim eksperimentima istraživani su hemijski sastav i osobine surutke pre i posle elektrodijalize: gustina, titraciona kiselost, pH surutke, sadržaj suve materije, belančevina, masti i pepela. U sklopu mineralnih materija određivani su kalcijum, natrijum i kalijum, jer je njihov sadržaj značajan za sastav mineralnih materija surutke, a njihovo iscrpljenje značajno za rezultate elektrodijalize. Kalcijum je određivan iz pepela surutke gravimetrijski preko CaO, taloženjem i žarenjem na 1100 °C. Za određivanje natrijuma i kalijuma primenjena je metoda plamene fotometrije. Za čitanje rezultata pripremani su standardni rastvori u čijim se granicama nalazila koncentracija kalijuma i natrijuma istraživanih uzoraka pepela surutke.

### Rezultati istraživanja

Procesi elektrodijalize vršeni su sa dve surutke. Prva surutka je demineralizovana pri gustini struje od 6 mA/cm<sup>2</sup>, a druga na 8 mA/cm<sup>2</sup> i 10 mA/cm<sup>2</sup>. Hemijski sastav surutke neposredno pre elektrodijalize prikazan je u tablici 1.

Iz navedene tablice vidi se da su istraživane surutke približnog hemijskog sastava, što omogućuje lakše upoređivanje rezultata posle izvršene elektrodijalize.

Sadržaj suve materije, belančevina, pepela, gustina i titraciona kiselost surutke odgovaraju prosečnom kvalitetu i osobinama slatke surutke. Procenat masti u surutki trebalo je da bude manji, što je vezano za uslove podsirivanja i način obrade grušā.

U narednom poglavlju navode se rezultati surutke posle elektrodijalize koja je izvedena na različitim gustinama struje. Radi upoređivanja dati su podaci i za surutku pre elektrodijalize.

Radi potpunijeg tumačenja rezultata navodimo podatke da je proces elektrodijalize različito trajao. Pri gustini struje od 6 mA/cm<sup>2</sup> proces je trajao 4 sata, na 8 mA/cm<sup>2</sup> 3 sata, a pri gustini struje od 10 mA/cm<sup>2</sup> 1,5 sat. Proces je prekidan onog momenta kada se jačina struje nije mogla više održavati na konstantnoj vrednosti, jer je napon na ispravljaču bio povećan do maksimuma.

U sva tri procesa elektrodijalize smanjio se sadržaj suve materije surutke, što je i razumljivo s obzirom da u toku elektrodijalize surutka biva osiromašena mineralnim materijama. Procenat belančevina u surutki praktičko se nije izmenio.

Iz podataka se vidi da se sadržaj suve materije najviše smanjio u procesu koji se izvodio pri najmanjoj gustini struje, a koji je najdulje trajao (apsolutna razlika 0,30%; iscrpljenje u odnosu na početnu vrednost 4,66%).

Promene sadržaja pepela surutke pokazuju sličnu tendenciju kao suva materija surutke. Pri elektrodijalizi na manjim gustinama struje (6 mA/cm<sup>2</sup> i

Tablica 1. Hemijski sastav i osobine surutke pre elektrodijalize  
 Table 1. Chemical Composition and Characteristics of the Whey Before Electrolysis

Uzorak	Suva materija %	Belančevine %	Masti %	Miner. mat. %	Gustina	Titrac. kis. u °T
Sample	Dry matter %	Proteins %	Fat %	Miner. mat. %	Density	Titric acidity in °T
1	6,44	0,71	0,50	0,51	1,0246	10
2	6,26	0,69	0,52	0,58	1,0254	11

Tablica 2. Hemijski sastav i gustina surutke pre i posle elektrodijalize  
 Table 2. Chemical Composition and Characteristics of the Whey Before and After Electrolysis

Ispitivanja na mA/cm <sup>2</sup> Examinations at mA/cm <sup>2</sup>	Suva materija % Dry matter %			Mineralne materije % Mineral matter %			Proteini % Proteins %			Gustina Density		
	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10
Pre elektrodijalize Before electrolysis	6,44	6,26	6,26	0,51	0,58	0,58	0,71	0,69	0,69	1,024	1,025	1,0254
Posle elektrodijalize After electrolysis	6,14	6,06	6,01	0,14	0,17	0,35	0,73	0,68	0,70	1,022	1,023	1,0239
Razlika Difference	0,30	0,20	0,25	0,37	0,41	0,23	0,02	0,01	0,01	0,002	0,002	0,0015
Iscrpljenje % Exhaustion %	4,66	1,76	2,40	72	71,26	29,80	—	—	—	—	—	—

8 mA/cm<sup>2</sup>) koje su dulje trajale velika su iscrpljenja mineralnih materija surutke (72% i 71,28%). Sa povećanjem gustine struje i skraćanjem trajanja elektrodijalize znatno se manje iscrpila sol surutke (29,84%).

Može se konstatovati da su u prva dva procesa elektrodijalize postignuti veoma dobri rezultati iscrpljenja mineralnih materija surutke koji bi odgovarali nameni surutke u proizvodnji neograničene liste prehrambenih proizvoda. Od prve surutke dobio bi se prah surutke sa oko 2,25% mineralnih materija, od druge sa oko 2,60%, a od treće sa oko 5,5% mineralnih materija.

Tokom procesa elektrodijalize smanjila se gustina surutke. Iz podataka se vidi da je pri velikim iscrpljenjima mineralnih materija gustina surutke jače opala.

U tablici 3 prikazane su promene temperature, titracione i aktivne kiselosti surutke i elektrolita u prostorima za ispiranje pri elektrodijalizi na različitim gustinama struje.

Tokom procesa elektrodijalize povećava se temperatura elektrodijalizirajućeg medijuma-surutke, što je i normalno jer se pri prenosu mase jonova oslobađa toplota. Što proces duže traje, zagrevanje je veće.

U toku elektrodijalize povećava se titraciona i aktivna kiselost surutke, titraciona kiselost gotovo jednako u sva tri procesa. Povećanje kiselosti surutke najvjerovatnije ima dva razloga. Dužina procesa elektrodijalize i temperature procesa stvaraju povoljne uslove za razvitak i aktivnost mikroorganizama u surutki za transformaciju mlečnog šećera u mlečnu kiselinu. Drugi razlog povećanja kiselosti surutke je fizičko-hemijske prirode. Na povećanje kiselosti utiče i disocijacija vode u surutki, pri čemu OH<sup>-</sup> joni brže prolaze kroz membrane a H<sup>+</sup> joni zaostaju povećavajući kiselost surutke. Naime, anjonska membrana je mnogo nesavršenija, anjoni su kompleksnog sastava te OH<sup>-</sup> joni nadoknađuju fluks anjona a H<sup>+</sup> joni zaostaju u surutki.

Nesumnjivo da se skraćivanjem procesa elektrodijalize može sprečiti porast kiselosti surutke, a to se pre može ostvariti u industrijskim uslovima, naročito primenom kontinualnih uređaja za elektrodijalizu.

U toku elektrodijalize ne menja se elektrolit za ispiranje u bočnim ćelijama uređaja s namerom da se ustanove promene pH koje se dešavaju u ćelijama za vreme procesa. Početna vrednost pH bila je približno ista u sva tri procesa (1,38 do 1,41), jer je elektrolit spravljan na isti način. Promene pH elektrolita u katodnoj i anodnoj sekciji odvijaju se u suprotnom pravcu. U katodnoj sekciji pH elektrolita znatno raste i prelazi u jako alkalnu sredinu, a u anodnoj postaje kiseliiji od početne vrednosti pH. Može se uočiti da su promene pH u anodnoj sekciji mnogo manje nego u katodnoj. Ovu pojavu moguće je objasniti time da su katjoni mnogobrojni i da je njihov transport mnogo intenzivniji od transporta anjona.

U okviru proučavanja mineralnih materija surutke u procesu elektrodijalize određivan je i sadržaj Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup> budući da su ovi katjoni najzastupljeniji u surutki. Rezultati ovih istraživanja prikazani su u tablici 4.

Iz navedenih podataka vidi se da surutka pre elektrodijalize ima najviše K<sup>+</sup>, manje Ca<sup>2+</sup> i još manje Na<sup>+</sup>, ali je po završetku procesa demineralizacije stanje znatno izmenjeno. Naime, posle elektrodijalize surutka u najvećoj meri ima Ca<sup>2+</sup>, dok su koncentracije Na<sup>+</sup> i K<sup>+</sup> približne.

Tablica 3. Temperature, kiselost i pH vrednosti u toku elektrodijalize

Table 3. Temperatures, Acidity and pH Values During Electrolysis

Ispitivanja na mA/cm <sup>2</sup> Examinations at mA/cm <sup>2</sup>	Temperatura surutke °C			Kiselost surutke °T			pH anodne ćelije			pH katodne ćelije		
	Temp. of whey °C	Acidity of whey °T	pH of whey	pH of anode cell	pH of cathode cell	Temp. of whey °C	Acidity of whey °T	pH of anode cell	pH of cathode cell			
	6	8	10	6	8	10	6	8	10	6	8	10
Pre elektrodijalize Before electrolysis	26	22	30	10	11	19	6,5	6,4	6,2	1,3	1,4	1,4
Posle elektrodijalize After electrolysis	48	41	42	18	20	28	4,6	4,4	5,2	0,9	0,9	1,2
Razlika Difference	22	19	12	9	9	9	1,9	2,0	1,0	0,4	0,5	0,2

Tablica 4. Sadržaj Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> i K<sup>+</sup> u surutki pre i posle elektrodijalize

Table 4. Content of Ca<sup>2+</sup>, Na<sup>+</sup> and K<sup>+</sup> in the Whey Before and After Electrolysis

Ispitivanja na mA/cm <sup>2</sup> Examinations at mA/cm <sup>2</sup>	Ca in the whey mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>			Na <sup>+</sup> in the whey mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>			K <sup>+</sup> in the whey mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>		
	Ca <sup>2+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Na <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	K <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Ca <sup>2+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Na <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	K <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Ca <sup>2+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	Na <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>	K <sup>+</sup> u surutki mg <sup>0</sup> / <sub>0</sub>
	6	8	10	6	8	10	6	8	10
Pre elektrodijalize Before electrolysis	48,30	62,90	62,90	46,52	42,15	42,15	138,08	147,03	147,03
Posle elektrodijalize After electrolysis	39,90	38,50	51,20	8,86	11,81	19,47	8,96	2,46	47,22
	8,40	24,40	11,70	37,66	30,34	22,68	129,12	144,57	99,81
Iscrpljenje % Exhaustion %	17,40	38,80	18,90	80,16	71,99	57,81	93,51	98,33	67,90

Zapaža se da joni  $K^+$  u najvećoj mjeri iscrpljeni iz surutke (od početne vrednosti u procesu 93,51%, 98,33% i 67,90%), joni  $Na^+$  nešto manje (80,16%, 71,99% i 57,81%), dok su  $Ca^{2+}$  joni najmanje iscrpljeni (17,40%, 38,80%, 18,92%). Ovakvo ponašanje jona može se objasniti time da su  $K^+$  joni u najvećoj koncentraciji pa je i njihovo iscrpljenje najveće.

$Na^+$  joni kao najlakši takođe se u velikoj mjeri iscrpljuju, dok se  $Ca^{2+}$  joni, koji su manje zastupljeni a imaju veliku atomsku masu, teže transportuju i najmanje iscrpljuju.

Posebno je značajno što se elektrodijalizom postiže veliko iscrpljenje  $Na^+$  jona (od 70% do 80%) koji su u obliku NaCl najveći uzročnik slanosti surutke i najviše štode ljudskom zdravlju.

U celini se može videti, kao i kod ukupnih mineralnih materija surutke, da su iscrpljenja veća u prvom i drugom nego u trećem procesu, tj. da su veća pri elektrodijalizi sa dužim trajanjem, na manjim gustinama struje.

### Zaključak

Elektrodijaliza kao proces desalinizacije nalazi sve veću primenu u preradi surutke namenjene ishrani ljudi, a posebno u proizvodnji dečije hrane. Njena nutritivna vrednost ogleda se u velikom sadržaju laktoze i visokoj biološkoj vrednosti proteina. Surutka u prahu sadrži znatnu količinu mineralnih materija (8 — 12%) koje ograničavaju njeno učešće u pojedinim prehranbenim proizvodima i proizvodima dečije hrane, zbog čega se primenjuje demineralizacija surutke.

U radu je vršena elektrodijaliza sveže, slatke surutke pri gustinama struje od 6 mA/cm<sup>2</sup>, 8 mA/cm<sup>2</sup> i 10 mA/cm<sup>2</sup> u trajanju od 4 sata, 3 sata i 1,5 sata. Na osnovu rezultata istraživanja mogu se izvesti sledeći zaključci:

— U toku procesa elektrodijalize povećava se temperatura surutke (na 42 — 48 °C) usled prenosa mase jona i oslobađanja toplote.

— Temperature procesa i vreme trajanja elektrodijalize dovode do izvesnog povećanja kiselosti surutke, od početne 10 °T ili 11 °T na 18 °T 20 °T.

— U procesu elektrodijalize smanjuje se suva materija surutke, što je rezultat prvenstveno iscrpljenja mineralnih soli. Sadržaj belančevina u surutki ne menja se.

— Postignuti su vrlo dobri rezultati u pogledu iscrpljenja mineralnih materija surutke pri elektrodijalizama koje su izvedene na manjim gustinama struje i koje su duže trajale. U ovim procesima iscrpljenje mineralnih materija iznosilo je 72% i 71,28%, te se tako dobija surutka u prahu koja je po hemijskom sastavu pogodna za proizvodnju dečije hrane (sa 2,25 do 2,60% mineralnih materija).

— Pri manjim gustinama struje i dužem trajanju elektrodijalize dobijaju se veća iscrpljenja jona  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  i  $Na^+$ . Joni  $K^+$  se skoro potpuno iscrpljuju (93,51% i 98,33%), u velikoj mjeri se iscrpljuju joni  $Na^+$  (80,16% i 71,99%), a najmanje joni  $Ca^{2+}$  (17,40% i 38,80%) koji se zbog manje zastupljenosti u surutki i velike atomske mase teže transportuju.



## Proučavanje metode elektrodijalize u cilju...

Problematika elektrodijalize surutke obuhvata velik broj pitanja koja su po svome značaju interesantna za nauku i za praksu. Rezultati ovog rada upućuju na dalja i složenija istraživanja sa ciljem da se dođe do potpunijih saznanja o procesima elektrodijalize surutke, koja bi korisno poslužila i praksi. Svakako će u nizu daljih istraživanja jedno od važnih pitanja biti i proučavanje elektrodijalize ugušćene surutke. To pitanje obuhvatit će se u daljem radu.

### Literatura

- ARSOV A.: Mogućnost korišćenja surutke u proizvodnji fermentisanih napitaka — Referat na XX Seminaru za mljekarsku industriju, Zagreb, 1982.
- CARIĆ M.: Tehnologija koncentrovanih i sušenih mlečnih proizvoda, Novi Sad, 1980.
- ĐORĐEVIĆ J., MIŠIĆ D., PETROVIĆ D. i MAČEJ O. (1981): Slatki kremovi i namazi na bazi surutke. **Mljekarstvo** 31 (1) str. 3—9.
- GANU G. M., JOSCHI V. M. (1977): Electrolytic Demineralization of Dairy Effluent (Cheese Whey) Using Ion Exchange Membranes. **Research and Industry**, vol. 2, India.
- HANSER D., KRŠEV LJ., TRATNIK Lj., MARIĆ O. (1985): Optimiziranje sastava mlijeka za dojenčad sa surutkom demineralizovanom ultrafiltracijom. **Mljekarstvo** 35 (11) str. 337—342.
- JONICS J. N. C., WATERTOWN, USA: Prospekti proizvođača opreme za elektrodijalizu.
- KRAVCHENKO E. F., DYKALO N. YA., POLYAKOV V. B. (1982): Elektrodialysis Treatment of Whey in Elektrodialysers With String Gaskets. **Dairy Sci. Abstr.**, 44 No 6.
- KRAVCHENKO E. F., DYKALO N. YA. (1984): Demineralization of Whey and Prospects for Use of Dried Demineralized Concentrate. **Dairy Sci. Abstr.** 46, No 2.
- SHILER G. G., KRAVCHENKO E. F., DYKALO N. YA. (1984): Production of Dried Protein Concentrates Whey by Membrane Filtration. **Dairy Sci. Abstr.**, 46, No 12.
- TORTOSA P. (1979): Concentration of Proteins and Desalting of Whey. **Deutsche Milchwirtschaft**, 30., (14).