

# Speciální fermentační procesy

## Koncentrácia a purifikácia fermentačnej pôdy z výroby Bolamylázy v prevádzke Dolná Krupá na ultrafiltračných zariadeniach Výskumného ústavu LIKO

663.25 663.131

Ing. PETER BROKEŠ, Csc., Ing. VILIAM VIŠACKÝ, Ing. BRANISLAV BORČIN, Ing. VLADIMÍR HLAVAČKA, PhMr. OTTO KUBICA, MIROSLAV SVORKA, Výskumný ústav liehovarov a konzervární, Bratislava

### Úvod

Ultrafiltrácia je moderná metóda skoncentrovávania a purifikácie roztokov makromolekulárnych látok. Pri ultrafiltrácii prúdi skoncentrovaný roztok v ultrafiltračnom zariadení pod tlakom (0,1–0,8 MPa) vysokou rýchlosťou ( $0,1-8 \text{ m.s}^{-1}$ ) pozdĺžne nad povrchom semipermeabilnej membrány. Cez póry membrány prítom z ultrafiltrovaného roztoku unikajú vo vode rozpustné nízkomolekulárne látky (permeát). V ultrafiltrovanom roztoku nad membránou tak stúpa koncentrácia makromolekulárnych a nerozpustných látok. Ultrafiltrácia prebieha za energeticky veľmi výhodných podmienok. Okrem toho pri nej nedochádza ku zmenám teploty a fázy skoncentrovaného roztoku, takže sa v ňom neničia termolabilné látky. Porovnanie spotreby energie na odseparovanie hmotnostnej jednotky vody ultrafiltráciou a inými metódami skoncentrovávania roztokov uvádza tab. 1.

Tabuľka 1. Porovnanie spotreby energie pri jednotlivých metódach skoncentrovávania roztokov [1]

Metóda skoncentrovávania roztokov	Spotreba energie (ekvivalent kWh/kg odsep. vody)
ultrafiltrácia (účinn. 75 %, tlak 0,25 MPa)	0,001
reverzná osmóza (účinn. 75 %, tlak 7,50 MPa)	0,015
vymrazovanie (účinn. 80 %):	
rozdiel teplôt 20 K	0,070
rozdiel teplôt 40 K	0,150
rozdiel teplôt 60 K	0,300
pervaporácia (účinn. 90 %)	0,860
odparovanie (účinn. 90 %)	
bez zachytávania aromat. látok:	
jednočlen.	0,860
dvojčlen.	0,420
trojčlen.	0,270
so zachytávaním aromat. látok:	
jednočlen.	0,960
dvojčlen.	0,540
trojčlen.	0,390

V súčasnosti je vo svete ultrafiltrácia aplikovaná vďaka svojim výhodám najmä v potravinárskom, fermentačnom a farmaceutickom priemysle. Využíva sa pri skoncentrovaní srvátky, odstredeného mlieka, vaječného bielka, krvi jatočných zvierat, roztokov bielkovín a polysacharidov vo farmácii, pri purifikácii cukrovarníckych extraktov, ovocných štiav, pri stabilizácii vín, pri izolácii

bielkovín z rastlinných materiálov (sója, lucerna), škrobu zo škrobárenských odpadových vôd, pri studenej sterilizácii farmaceutických prípravkov a ovocných štiav, pri zahusťovaní odpadných vôd, zahusťovaní a purifikácii roztoku globulínov, enzýmov, penicilínových roztokov a pod. Veľmi zaujímavé sú tzv. membránové fermentéry a membránové enzýmové reaktory. Z ostatných aplikácií má veľký význam regenerácia farby z oplachových vôd pri elektroforetickom nanášaní farby na automobilové karosérie, radiátory a pod.

Pomocou ultrafiltrácie sa úspešne skoncentrovávajú a purifikujú roztoky enzýmov, ktoré sú zväčša termolabilné, napr. roztoky amylázy, penicilázy, trypsín,  $\beta$ -galaktozidázy a p. [2, 3].

### Stav vo výrobe amylázy

Prevádzka Slovenských škrobární, n. p., Trnava, závod Boleráz, v Dolnej Krupej je jediným pracoviskom v ČSSR, ktoré priemyselne vyrába enzým. Ročná produkcia technického preparátu Bolamyláza, ktorého podstatnou časťou je bakteriálna  $\alpha$ -amyláza, dosahuje 150 ton.

Výrobný postup pozostáva z fermentácie corn-steep pôdy kmeňom *Bacillus subtilis*. Po dosiahnutí požadovanej dextrinacej aktivity enzýmu je fermentačná pôda schladená a čistená odstredivkou. Potom je za zníženého tlaku zahusťovaná na odparke pri teplote asi  $60^\circ\text{C}$  z hodnoty 50 až 180 jednotiek dextrinacej aktivity na gram  $[\text{DA.g}^{-1}]$  na hodnotu 2 500  $\text{DA.g}^{-1}$ . S takouto aktivitou je potom preparát expedovaný odberateľom (najmä textilným závodom). Pri odparovaní média však dochádza ku značným stratám aktivity, v priemere až 50 %.

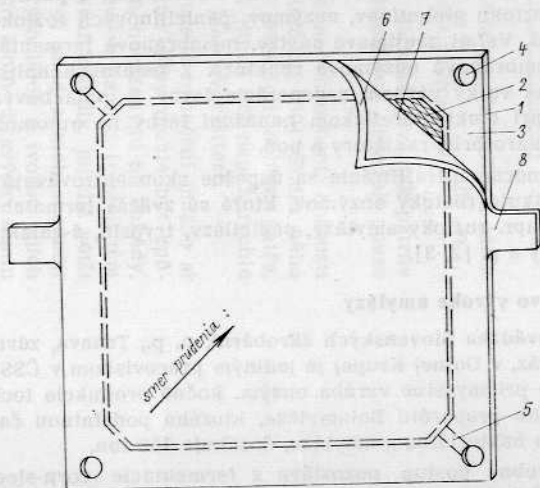
To bol hlavný dôvod, prečo sme sa začali zaoberať touto problematikou. Pomoc sme videli len v aplikácii ultrafiltrácie. Prvé pokusy boli uskutočnené na laboratórnom ultrafiltračnom zariadení VÚ LIKO, neskôr na zariadení svetoznámej firmy DDS. Toto zariadenie však bolo vzhľadom na svoju kapacitu veľmi drahé a jeho kapacita sa znižovala úmerne so zanášaním membrán nerozpustnými časticami. Ani pokusy so zariadením americkej firmy Abcor neboli uspokojivé čo sa týka permeability a selektivity membrán, ako aj ceny zariadenia.

### Prvé ultrafiltračné zariadenia VÚ LIKO

V r. 1976 bol v rámci jednej vecnej etapy čiastkovej štátnej výskumnej úlohy „Membránové procesy v potravinárstve“ zahájený vývoj ultrafiltračných zariadení VÚ LIKO. Ultrafiltráciu roztoku amyláz v Dolnej Krupej sme zvolili za aplikáciu mimoriadne vhodnú na odskúšavanie vyvíjaných typov ultrafiltračných zariadení. Už od r. 1977 tu boli v dlhodobých pokusoch odskúšavané prvé ultrafiltračné moduly vlastnej konštrukcie.

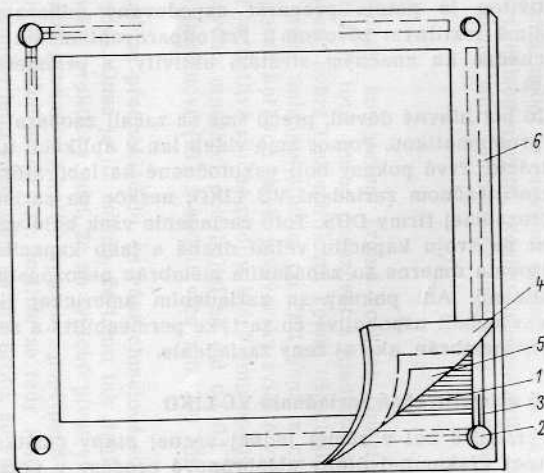
Prvý typ zariadenia využíval konštrukciu z doskového filtra, v ktorej boli uložené na podporných doskách plo-

ché membrány. Podporné dosky majú vo všeobecnosti rozvodnú funkciu (vedú ultrafiltrovaný roztok nad povrchom membrány) a podpornú funkciu (podopierajú membránu a odvádzajú permeát). Membrány aj dosky v tomto zariadení boli vyvinuté a kusove vyrobené na našom ústave. Doska (typ A — obr. 1) pozostávala z rámu 1 s gumeným tesnením 3 a bola vyložená sitom 2. V rohoch boli vyvŕtané otvory 4 tvoriace pri zložení viac dosák za sebou kanáliky na prívod resp. odvod ultrafiltrovaného roztoku, resp. permeátu. Tieto dosky mali viacero nevýhod — veľká hrúbka (8 mm), drahá a prácna kusová výroba, veľká rýchlosť prúdenia po uhlopriečke oproti dvom zostávajúcim rohom dosky a z toho vyplývajúce zanášanie membrán nerozpustnými časticami z ultrafiltrovaného roztoku. Na ultrafiltračných zariadeniach s doskami typu A sme v Dolnej Krupkej pracovali asi 1 rok, ale množstvo spracovanej fermentačnej pôdy dosahovalo len niekoľko ton. Priebeh typického pokusu z tejto série pokusov uvádza tab. 2.



Obr. 1. Podporná doska typu A

1 — rám, 2 — sito; 3 — gumené tesnenie, 4 — otvor na prívod, resp. odvod, 5 — kanál na odvod permeátu, 6 — membrána, 7 — podložka, 8 — úchytka



Obr. 2. Podporná doska typu B

1 — drážky, 2 — vstupný otvor, 3 — rozdeľovací preklad, 4 — membrána, 5 — podložka, 6 — tesnenie

Permeabilita membrán je definovaná ako hmotnosť permeátu, ktorý prejde jednotkovou plochou membrány za určitý čas, obvykle za hodinu ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ ).

Tabuľka 2. Závislosť permeability membrán od stupňa skoncentrovania (recovery) pri ultrafiltrácii roztoku amyláz na ultrafiltračnom zariadení VÚ LIKO s podpornými doskami typu A

Stupeň skoncentrovania (recovery) R (%)	Permeabilita membrán P ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ )
13,8	15,4
24,2	10,9
32,4	8,0
56,1	7,0
65,8	6,0
73,1	4,9
80,0	4,0
86,8	2,7

plocha membrán: $2,6 \text{ m}^2$	tlak na vstupe/výstupe: $0,5/0,3 \text{ MPa}$
teplota: $30^\circ\text{C}$	aktivita pôvodná/koncentráty: $153/500 \text{ DA} \cdot \text{g}^{-1}$

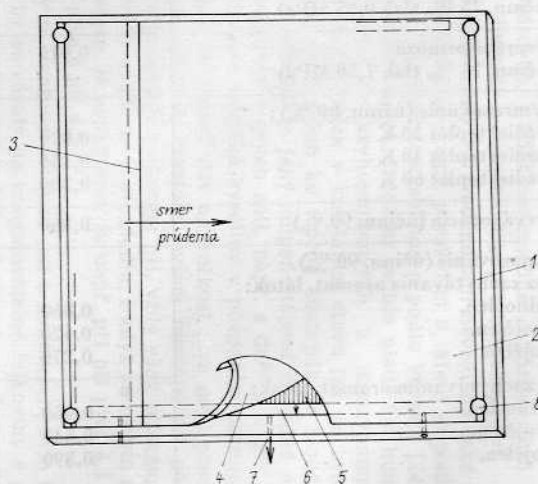
  

kubická závislosť  $P=f(R)$  s korelačným koeficientom  $r=0,990$ :

$$P = -7,10 \cdot 10^{-5} R^3 + 1,18 \cdot 10^{-2} R^2 - 73,7 \cdot 10^{-2} R + 23,03$$

Stupeň skoncentrovania (recovery) vyjadruje percentuálny podiel hmotnosti permeátu z hmotnosti pôvodného roztoku, tj. súčtu permeátu a koncentráty.

Ďalším typom podpornej dosky v ultrafiltračnom zariadení (typ B — obr. 2) bola polyetylénová doska odstrekaná v n. p. Plastika Nitra z formy skonštruovanej na našom ústave. Táto doska pozostávala z hladkej tesniacej plochy, z výplne s drážkami 1 a z otvorov v rohoch 2. Aj keď výroba dosky bola už lacnejšia a menej prácna, doska bola tenšia (4 mm), hlavný nedostatok — nerovnaká rýchlosť prúdenia a tým zanášanie membrán a znižovanie ich permeability vplyvom stúpajúcej kon-



Obr. 3. Podporná doska typu C

1 — otvor na membránu, 2 — membrána, 3 — miesto zlepenia membrány, 4 — podložka, 5 — drážky, 6 — kanálik na odvod permeátu, 7 — otvor na odvod permeátu, 8 — gumená úchytka membrány

centrácie — ostaval. Okrem toho neboli tieto dosky dostatočne planoparalelné. Priebeh typického pokusu z tejto série pokusov uvádza tab. 3.

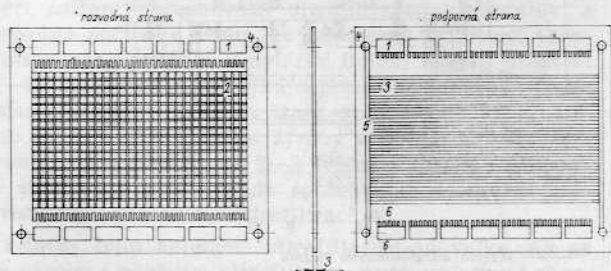


Tabuľka 3. Závislosť permeability membrán od stupňa skoncentrovania (recovery) pri ultrafiltrácii roztoku amyláz na ultrafiltráčnom zariadení VÚ LIKO s podpornými doskami typu B

Stupeň skoncentrovania (recovery) R (%)	Permeabilita membrán P (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
17,2	30,9
29,4	18,5
38,5	13,2
45,5	12,6
51,0	9,1
59,3	6,9
65,2	5,1
87,0	3,8
plocha membrán: 2,7 m <sup>2</sup> tlak na vstupe/výstupe: 0,33—0,40/0,2—0,3 MPa teplota: 27 °C pôvodná aktivita/aktivita koncentráty: 139/533 DA.g <sup>-1</sup>	
kubická závislosť $P=f(R)$ s korelačným koeficientom $r=0,995$ : $P=-7,10 \cdot 10^{-5} R^3 + 1,85 \cdot 10^{-3} R^2 - 1,622 R_1 + 53,20$	

Tabuľka 4. Závislosť priemernej permeability membrán od dĺžky prevádzky troch ultrafiltráčnych modulov s podpornými doskami typu B pri ultrafiltrácii roztoku amyláz v Dolnej Krupej

Dĺžka prevádzky modulov (h)	Priemerná permeabilita membrán (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )		
	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>
100	1,8	2,2	2,5
250	2,6	1,2	1,4
500	1,2	1,8	1,3
750	1,3	1,4	1,3
1 000	1,3	1,1	1,0
1 250	1,2	0,9	1,2
1 500	0,8	0,9	0,8



Obr. 4. — Podporná doska typu D

1 — otvory na prívod a odvod ultrafiltrovaného média, 2 — turbulizátory, 3 — jemné permeátové kanáliky, 4 — otvory na odvod permeátu z modulu (tvoria kanál), 5 — kanál na permeát 6 — tesniaca plocha

Tri ultrafiltráčne moduly tohto typu pracovali v Dolnej Krupej vyše 1500 h bez poruchy, ale spracovaný objem fermentačnej pôdy bol ešte stále malý. Závislosť priemernej permeability membrán od dĺžky prevádzky modulov uvádza tab. 4.

Tento typ podpornej dosky bol upravený na typ C (obr. 3). Prívod a odvod ultrafiltrovaného roztoku bol

Tabuľka 5. Závislosť permeability membrán od stupňa skoncentrovania (recovery) pri ultrafiltrácii roztoku amyláz na ultrafiltráčnom zariadení VÚ LIKO s podpornými doskami typu C

Stupeň skoncentrovania (recovery) R (%)	Permeabilita membrán P (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )
17,2	36,6
38,5	28,5
55,6	25,6
71,4	20,5
76,9	17,1
85,3	14,8
plocha membrán: 5,85 m <sup>2</sup> tlak na vstupe/výstupe: 0,4/0,1 MPa teplota: 21—25 °C pôvodná aktivita/akt. koncentráty: 67/400 DA.g <sup>-1</sup>	
kubická závislosť $P=f(R)$ s korelačným koeficientom $r=0,976$ : $P=-4,10 \cdot 10^{-5} R^3 + 6,25 \cdot 10^{-3} R^2 - 55,28 R_1 + 43,33$	

Tabuľka 6. Závislosť permeability membrán od stupňa skoncentrovania (recovery) pri ultrafiltrácii roztoku amyláz na štyroch ultrafiltráčnych moduloch VÚ LIKO s podpornými doskami typu D

Stupeň skoncentrovania (recovery) R (%)	Permeabilita membrán P (kg.m <sup>-2</sup> .h <sup>-1</sup> )			
	modul I	II	III	IV
75,3	7,47	17,77	12,25	15,85
85,2	7,02	15,09	10,75	14,46
89,2	6,57	14,49	9,11	13,46
91,3	6,12	12,10	7,47	12,38
92,6	5,68	11,35	6,72	11,00
plocha membrán: moduly I—III po 6,695 m <sup>2</sup> , modul IV 13 m <sup>2</sup> tlak na vstupe/výstupe: 0,18—0,30/0,03—0,10 MPa teplota: 34 °C aktivita pôvodná/koncentráty: 133/1 100 DA.g <sup>-1</sup>				
kubické závislosti $P=f(R)$ s korelačnými koeficientami $r_1=-0,999, r_2=0,992, r_3=0,999, r_4=0,999$ : $P_1=-94,10 \cdot 10^{-5} R^3 + 0,23 R^2 - 18,76 R_{11} + 518,2$ $P_2=-0,0051 R^3 + 1,28 R^2 - 106,5 R_{21} + 2972,5$ $P_3=-74,10 \cdot 10^{-5} R^3 + 0,16 R^2 - 12,08 R_{31} + 310,3$ $P_4=-37,10 \cdot 10^{-4} R^3 + 0,09 R^2 - 75,06 R_{41} + 2082,7$				

realizovaný rovnomerným prúdením cez ručne vyrezané pozdĺžne otvory na oboch koncoch dosky 1, cez ktoré bola prevlečená membrána 2 a na koncoch zlepená 3. Z pozdĺžneho kanálíka na spodú dosky 6 bol permeát odvádzaný vŕtanými otvormi 7. Rozvodnú funkciu plnilo len polyetylénové tesnenie medzi podpornými doskami, takže rýchlosť prúdenia ultrafiltrovaného roztoku v tomto minimálnom priereze nad membránou je maximálna a rovnomerná. Nevýhodou však bola pracovnosť nutných

Tabuľka 7. Prehľad výsledkov ultrafiltrácie roztoku amyláz v Dolnej Krupej na ultrafiltrlačnej stanici VŮ LIKO za apríl 1980

Číslo pokusu	Pôvodná ferment. pôda		I. stupeň UF		II. stupeň UF		Výťažnosť		
	množstvo (kg)	aktivita (DA.g <sup>-1</sup> )	množstvo (kg)	aktivita (DA.g <sup>-1</sup> )	množstvo (kg)	aktivita (DA.g <sup>-1</sup> )	I. stupeň (%)	II. stupeň (%)	celková (%)
544	4 000	190	750	1 190	80	5 000	117,4	44,8	52,6
545	5 750	157	740	1 330	170	4 444	109,0	76,8	83,7
546	5 300	140	830	760	230	1 637	114,1	59,7	118,1
			600	360	300	1 666		23,1	
547	5 300	140	800	1 025	310	1 660	110,5	+ 62,8	+ 69,4
548	5 300	167	750	1 025	327	2 105	86,9	89,5	77,8
549	5 700	140	850	563	260	1 666	60,0	+105,0	+ 54,3
550	5 750	77	3 750	153	++		129,6		
551	4 500	69	700	400	198	1 333	90,2	77,6	85,0
552	5 750	133	800	580	180	2 000	60,7	94,3	47,1
553	5 750	111	750	580	166	2 350	68,2	89,7	61,1
554	5 750	148	800	620	209	1 923	58,3	81,0	47,2
555	5 750	121	800	588	182	2 105	67,6	81,4	55,1
556	5 750	40	850	606	240	1 905	223,9	+109,5	+198,8
557	5 750	105	800	430	214	909	57,0	56,6	32,2
558	5 750	45	800	416	262	1 042	128,6	82,0	105,5
559	5 750	142	700	666	++		57,1		
560	4 750	167	700	1 190	+++		105,0		
suma	92 350		16 770		3 328				
priemer		121,7		596,3		1 920,6	89,0	81,6	72,2

Poznámky:  
 + = výťažnosť ultrafiltrácie počítaná vrátane preplachu  
 ++ = koncentrát z I. stupňa ultrafiltrácie daný na odparku  
 +++ = koncentrát z I. stupňa ultrafiltrácie daný na expedíciu

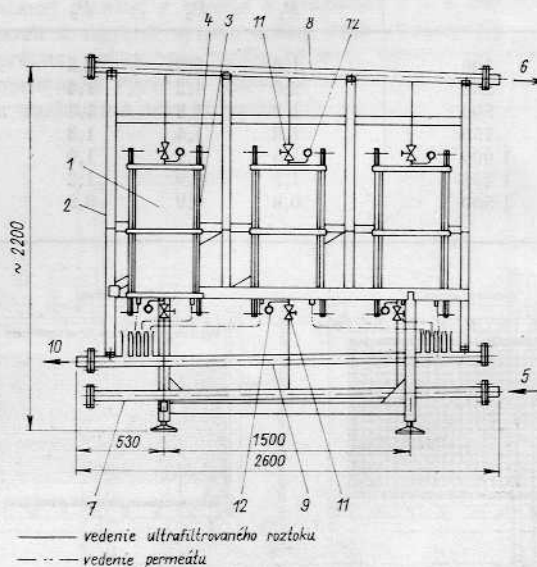
úprav. Pribeh typického pokusu z tejto série pokusov uvádza tab. 5.

Tým, že premiešavanie ultrafiltrovaného roztoku amyláz nad membránou bolo oveľa intenzívnejšie, výkon v tomto období preyšoval výkony dosahované dovtedy, ale aj tak postupne klesal. Tento typ modulu pracoval bez poruchy 500 hodín.

#### Ultrafiltrčná stanica VŮ LIKO

Posledným stupňom vo vývoji ultrafiltrčného zariadenia VŮ LIKO je podporná doska typu D (obr. 4). Táto doska sa vyrába sériovo odstrekováním na strekolese do formy skonstruovanej na našom ústave. Tento typ dosky je originálny tým, že vedenie ultrafiltrovaného roztoku nad membránou a odvod permeátu sa uskutočňuje súčasne na jednom kuse dosky. Táto doska má dve odlišné strany — rozvodnú a podpornú. Prívod a odvod ultrafiltrovaného roztoku je realizovaný obdĺžnikovými otvormi na protifaľných koncoch dosky 1. Na rozvodnej strane dosky sú výstupky — turbilizátory 2, na podpornej strane jemné hlboké permeátové kanáliky 3, prikrýté podložkou a membránou. Na koncoch zberných kanálikov permeátu 5 sú diery 4, ktoré pri zložení dosák na seba vytvoria kanál na odvod permeátu z modulu. Výhody tejto podpornej dosky sú zrejmé — malá hrúbka (3 mm), spojenie oboch funkcií do jednej dosky a dobré chemicko-inžinierske parametre. Spočiatku boli moduly stiahnuté medzi tenké kovové dosky skrutkami po ich obvode, takže dosky boli uložené kolmo vedľa seba. Pribeh typického pokusu s takýmto usporiadaním v Dolnej Krupej zachytáva tab. 6.

Pri všetkých štyroch moduloch má permeabilita membrán dobrú úroveň, ale jej hodnota sa pri jednotlivých moduloch líši vplyvom rôzneho stupňa zanesenia mem-



Obr. 5. — Ultrafiltrčná stanica VŮ LIKO

1 — ultrafiltrčný modul, 2 — nosná konštrukcia, 3 — sťahovacia skrutka, 4 — sťahovacia matica, 5 — vstup ultrafiltrovaného roztoku, 6 — výstup ultrafiltrovaného roztoku, 7 — vstupné potrubie, 8 — výstupné potrubie, 9 — zberač permeátu, 10 — odvod permeátu, 11 — vstupný, resp. výstupný ventil, 12 — vstupný resp. výstupný tlakomer

brán podľa toho, ako dlho boli v činnosti a ako často a účinne boli preplachované.

Koncom r. 1979 bol vyvinutý posledný typ ultrafiltrčného modulu, ktorý bol stiahnutý hrubými nerezovými doskami v rohoch so štyrmi skrutkami a s postavením



dosák a membrán vodorovne. Tieto dosky a typ stiahnutia sú použité aj v ultrafiltračnej stanici VÚ LIKO (obr. 5), ktorá pracuje nepretržite v trojsmennej prevádzke ultrafiltrácie fermentačnej pôdy z výroby Bolamylázy v Dolnej Krupej od februára 1980. V tomto období bola ultrafiltrácia rozdelená do dvoch stupňov, pričom v I. stupni pracoval 5 až 8 modulov s celkovou plochou membrány 65 až 104 m<sup>2</sup>. Roztok amyláz sa z pôvodného objemu spravidla 5,75 m<sup>3</sup> s aktivitou 80 až 180 DA.g<sup>-1</sup> skoncentroval približne na 0,8 m<sup>3</sup> s aktivitou 400 až 1300 DA.g<sup>-1</sup>. V druhom stupni, kde pracoval 1 modul (13 m<sup>2</sup> membrány), sa tento objem skoncentroval na asi 0,2 m<sup>3</sup> koncentráta s aktivitou 2000 až 5000 DA.g<sup>-1</sup>. Takéto usporiadanie ultrafiltrácie do dvoch stupňov má veľké výhody. Membrány v I. stupni nie sú tak zanášané nerozpustnými časticami a dosahujú vyššiu permeabilitu. Ak dosahuje modul v II. stupni výbornú selektivitu nad 99 %, straty aktivity odchádzajúcim permeátom koncom zahusťovania sú malé.

V tab. 7 je zachytený jeden mesiac pokusov ultrafiltrácie roztoku amyláz v Dolnej Krupej na ultrafiltračnej stanici VÚ LIKO. V niektorých z týchto pokusov výťažnosť presahuje 100 %. Je to spôsobené tým, že časť aktivity skoncentrovaného enzýmu sa sústredí na povrch membrány, nevytečie pri vypúšťaní zariadenia von, a tak prechádza z pokusu do pokusu. Preto je bežné, že vždy prvý pokus po preplachu má slabú bilanciu aktivity, ďalšie však už často vyše 100 %. Z hľadiska dlhodobej prevádzky to však nie je chybou.

Bilancie aktivity amylázy po celé takmer 4 roky odskúšavania ultrafiltračných zariadení v Dolnej Krupej boli samozrejme sústavne sledované. Výsledky boli rôzne podľa toho, aké straty aktivity vznikali pri premývaní, čistení, výtokom z upchávky čerpadla a pod.

Výťažnosť pri odparovaní roztoku amyláz v súčasných podmienkach v Dolnej Krupej sa pohybuje okolo 50 %, pri ultrafiltrácii v laboratórnych podmienkach nad 90 %, kým výťažnosť ultrafiltrácie v prevádzke bola v priemere nad 65 %. Je to lepšie ako na odparke ale horšie ako v laboratóriu. Príčinou tohto stavu treba hľadať v tom, že pri opravách a pravidelnom čistení modulov dochádza ku značným stratám aktivity, pri preplachu sa nedarí dokonale vypláchnuť všetku aktivitu zachytenú na membránach a stabilita koncentráta tiež nie je na dobrej úrovni.

### Perspektívy

Pri znížení poruchovosti ultrafiltračných modulov a čerpadiel počítame s tým, že priemerná výťažnosť skoncentrovania roztoku amyláz v Dolnej Krupej prekročí 75–80 %, čo znamená veľkú úsporu nákladov na výrobu Bolamylázy. Pri dnešnom stave spracúvame ultrafiltráciou asi 30–40 % objemu výroby v Dolnej Krupej. Rozšírením ultrafiltrácie na 2–3 šesťmodulové ultrafiltračné stanice sa predpokladá spracúvanie celého objemu výroby tejto prevádzky ultrafiltráciou.

Prínosy tejto aplikácie ultrafiltrácie sú veľké. Ak sa pri výrobe s použitím ultrafiltrácie zvýši výťažnosť skoncentrovania v porovnaní s odparkou z 50 % len na 75 %, teda sa vlastne vyrobí o 50 % koncentráta viac, pri ročnej produkcii 150 t koncentráta s cenou 36 Kčs.kg<sup>-1</sup> to znamená ročnú úsporu 2,7 mil. Kčs. K tomu treba pripočítať úsporu energie. Predpokladaný výkon jednej ultrafiltračnej stanice na základe doterajších skúseností z jej prevádzky je 1 t permeátu za hodinu a doba činnosti 6000 h ročne. Na odseparovanie 1 t vody ultrafiltráciou sa spotrebuje 10 kWh, kým dvojstupňovou odparkou 400 kWh. Pri cene 0,12 Kčs.kWh<sup>-1</sup> to znamená ročnú úsporu pri 2, resp. 3 ultrafiltračných staniciach 560, resp. 840 tis. Kčs.

Počas ultrafiltrácie sa enzým čistí od nízkomolekulárnych látok, ktoré prechádzajú do permeátu. Táto okolnosť spôsobuje ťažkosti pri likvidácii permeátu z ultrafiltrácie amyláz v Dolnej Krupej. Pri skoncentrovaní odpadkou znečisťujúce neprchavé nízkomolekulárne látky zostávajú v koncentráte, kým pri ultrafiltrácii prechádzajú do permeátu [ $\text{ChSK} = 3800 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ,  $\text{BSK}_5 = 2100 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ ].

Číslo úspor však hovoria jasnou rečou, prečo je nevyhnutné pokračovať v zavádzaní ultrafiltrácie do prevádzky Dolná Krupá, ako aj v rozširovaní výroby a v zdokonaľovaní ultrafiltračných zariadení a membrán VÚ LIKO. A to samozrejme nielen pre túto aplikáciu. Ultrafiltrácia má totiž široké možnosti uplatnenia sa v našom národnom hospodárstve. Najmä preto, že vo VÚ LIKO bola zahájena výroba vlastných ultrafiltračných zariadení a membrán a tieto netreba dovážať za neúmerne vysoké ceny zo západných krajín.

### Literatúra

- [1] THIJSSEN, H. A. C.: Fundamentals of Concentration Process, zborník Advances in preconcentration and dehydration of Foods, Symposium IV. FOST, Appl. Sci. Pub. LTD, London, 40, 1974
- [2] BONNER, W. - BLOCH, K.: Purification and Properties of Fatty Acyl thioesterase I from Escherichia Coli. J. of Biol. Chem., 130, 1972, s. 247
- [3] WOESSNER, J. F. - SHAMBERGE, R. J.: Purification and Properties of Cathepsin D from Bovine Uterus, J. of Biol. Chem., 7, 1971, s. 248

**Brokeš, P. - Višecký, V. - Borčín, B. - Hlavačka, V. - Kubica, O. - Svorka, M.: Koncentrácia a purifikácia fermentačnej pôdy z výroby Bolamylázy v prevádzke Dolná Krupá na ultrafiltračných zariadeniach Výskumného ústavu LIKO. Kvas. prům., 27, 1981/č. 2, s. 39–44.**

Ultrafiltráciou je možné skoncentrovať a súčasne purifikovať roztoky enzýmov pri zachovaní ich aktivity. Ultrafiltračné zariadenie VÚ LIKO bolo odskúšané pre purifikáciu a skoncentrovávanie roztoku technického preparátu Bolamyláza v Dolnej Krupej. Postupne boli vylepšované jeho parametre zdokonaľovaním jeho konštrukcie.

Sledovaný bol vplyv typu konštrukcie, stupňa skoncentrovania a dĺžky prevádzky zariadenia na jeho výkon. Výsledkom vývoja je ultrafiltračná stanica VÚ LIKO, ktorá skoncentrováva roztok technického preparátu Bolamyláza pri podstatne nižších stratách aktivity ako pri doteraz používanom skoncentrovávaní na vákuovej odparke. Navyše má koncentrát z ultrafiltrácie Bolamylázy podstatne vyššiu špecifickú aktivitu.

**Брокеш, П. — Вишецкий, В. — Борчин, Б. — Главачка, В. — Кубица, О. — Сворка, М.: Результаты, достигнутые на заводе Долна Крупа при применении ультрафильтра, сконструированного в Исследовательском институте спиртовой и консервной промышленности (ВУ ЛИКО), для концентрации и очистки питательной среды, сбраживаемой для производства препарата Боламилаза. Квас. прум. 27, 1981, № 2, стр. 39–44.**

Ультрафильтрация дает возможность концентрации и одновременной очистки растворов ферментов без ухудшения их активности. Эксплуатационные показатели ультрафильтрационной установки, сконструированной в Исследовательском институте спиртовой и консервной промышленности (ВУ ЛИКО), проверялись на заводе Долна Крупа, где установка была использована для концентрации и очистки технического препарата Боламилаза. В конструкцию установки были постепенно внесены разные усовершенствования, улучшившие ее параметры и увеличившие ее производительность. Подробно изучалось влияние разных конструктивных решений на производительность, т. е. на получаемую степень concentra-

ции и длительность процесса. Ультрафилтрационная установка ВУ ЛИКО в своем окончательном виде обеспечивает отличные результаты. Активность сконцентрированного технического препарата Боламилаза снизилась значительно меньше чем при применении обычного метода вакуумного испарения, причем удельная активность концентрата выше.

**Brokeš, P. - Višacký, V. - Borčín, B. - Hlavačka, V. - Kubica, O. - Svorka, M.: Ultra-filtrating Plant Developed in the Research Institute of Distilling and Canning Industry (VÚ LIKO) and Results Achieved in the Dolná Krupá Factory, Where it Has Been Employed to Concentrate and Purify Fermentation Substrate Used for Making a Preparation Called Bolamyláza.** Kvas. prům. 27, 1981, No. 2, pp. 39—44.

By using ultra-filtration it is possible to concentrate and at the same time purify solutions of enzymes without deteriorating their activity. An ultra-filtering unit developed in the Research Institute of Distilling and Canning Industry (VÚ LIKO) has been employed in the Dolná Krupá plant to concentrate and purify the solution of „Bolamyláza“, a preparation used in food industry. A number of changes have been gradually introduced into the design of this ultra-filtrating unit to improve its parameters and increase its capacity. Effects of design and duration of the operation upon the concentration degree are asessed. In its final form the VÚ LIKO ultra-filtrating station ensures an outstanding performance. When it was used to process the „Bolamyláza“ solution, the concentrated product had higher activity than

one which can be achieved by applying conventional vacuum evaporation method. Specific activity of the „Bolamyláza“ ultrafiltrated concentrate is also higher.

**Brokeš, P. - Višacký, V. - Borčín, B. - Hlavačka, V. - Kubica, O. - Svorka, M.: Konzentration und Purifikation des Fermentationsbodens aus der Produktion der Bolamylase in dem Betrieb Dolná Krupá auf den Ultrafiltrationsanlagen des Forschungsinstituts der Spiritus- und Konservenindustrie.** Kvas. prům. 27, 1981, No. 2, S. 39—44.

Durch Ultrafiltration können Enzymlösungen konzentriert und zugleich purifiziert werden. Die Ultrafiltrationsanlage des Forschungsinstituts der Spiritus- und Konservenindustrie wurde für die Purifikation und Konzentrierung der Lösung des technischen Präparats Bolamylase in Betrieb Dolná Krupá erprobt. Seine Parameter wurden schrittweise durch die Vervollkommenung seiner Konstruktion verbessert.

Es wurde der Einfluß des Typs der Konstruktion, des Konzentrationsgrades und der Dauer des Betriebs der Anlage auf ihre Leistung verfolgt. Das Ergebnis dieser Entwicklung stellt die Ultrafiltrationsstation des Forschungsinstituts der Spiritus- und Konservenindustrie dar, welche die Lösung des technischen Präparats Bolamylase mit wesentlich niedrigeren Aktivitätsverlusten konzentriert, als es bei dem bisher angewandten Konzentrierungsverfahren mittels Vakuumabdampfer üblich war. Außerdem weist das Konzentrat aus der Ultrafiltration der Bolamylase eine beträchtlich höhere spezifische Aktivität auf.