

Využitie ultrafiltračného zariadenia VÚ LIKO pri spracovaní enzýmov

V. HLAVAČKA—M. SVORKA—V. VIŠACKÝ

Súhrn. Práca popisuje využitie ultrafiltračných membrán a zariadení Výskumného ústavu LIKO pri technológiách výroby enzýmov v našom fermentačnom priemysle. Sledovali sa problémy rozšírenia tejto aplikácie ultrafiltrácie pri výrobe alfaamylázy, celulózy a pektolytických enzýmov, ako aj naznačené smery ďalšieho vývoja týchto fermentačných technológií. V závere je zhrnuté riešenie problémov pri použití tejto metódy separácie a vyjadrené presvedčenie zlepšenia úrovne ultrafiltračných membrán a zariadení a použitých aplikácií ultrafiltrácie.

1. Aplikácie ultrafiltrácie vo fermentačnom priemysle

Ultrafiltrácia je moderná metóda skoncentrovávania a purifikácie roztokov makromolekulárnych látok. Prebieha za energeticky veľmi výhodných podmienok, počas jej priebehu nedochádza ku zmene teploty a fázy skoncentrovávaneho roztoku, takže sa počas ultrafiltrácie neničia termolabilné látky, ako sú vitamíny, bielkoviny a pod. Z týchto dôvodov našla ultrafiltrácia široké uplatnenie najmä v potravinárskom, farmaceutickom a fermentačnom priemysle.

Z aplikácií ultrafiltrácie sú najznámejšie spracovanie srvátky, odstredeného mlieka, vaječného bielka, krvi jatočných zvierat, kolagénových odpadov, ďalej využitie v cukrovarníctve, škrobárenstve, nápojárskom priemysle, pri izolácii bielkovín z rastlinného materiálu, výrobe pektínu, stabilizácii vín, vo farmácii pri skoncentrovávaní roztokov bielkovín a polysacharidov, pri studenej sterilizácii kvapalín a pod. Z iných aplikácií možno spomenúť získavanie cenných látok z odpadových vôd, regeneráciu latexu alebo regeneráciu lakov pri farbení kovových výrobkov elektroforézou.

Výskumný ústav LIKO už niekoľko rokov rieši problematiku membránových procesov, najmä osmózy a ultrafiltrácie. Riešiteľský kolektív z úseku fermentačných a fyzikálnych procesov vyvinul vlastné ultrafiltračné membrány na báze acetátu celulózy, ultrafiltračné zariadenia [1] prvé v štátoch RVHP, odskúšal a zaviedol do praxe niekoľko ich aplikácií [2—8]. Medzi najdôležitejšie z nich je možné zaradiť

ultrafiltračné skoncentrovávanie a purifikáciu roztokov enzýmov, čo je vlastne podstatou využitia ultrafiltrácie vo fermentačnom priemysle.

Využitie ultrafiltračného zariadenia pri práci s enzýmom je jednou z najzaujímavejších a najefektívnejších aplikácií tejto modernej separačnej metódy. Ultrafiltračné zariadenie má potom charakter buď koncentračného zariadenia, diafiltračného zariadenia, enzýmového reaktora príp. kombinovaný charakter. Ultrafiltráciou sú vo svete úspešne skoncentrované a purifikované roztoky amylázy, penicilinázy, trypsinu, beta-galaktozidázy, pektináz a pod. [9], ktoré sú zväčša termolabilné. Spojením ultrafiltra s fermentérom (tzv. membránový fermentér) je možné v niektorých prípadoch kontinuálne odstraňovať splodiny fermentácie z pôdy, pôdu prižívať, a tým sa vyhnúť stacionárnej fáze fermentácie [10].

V tzv. membránových enzymatických reaktoroch sa ultrafilter využíva na regeneráciu enzýmu zo zreagovanej reakčnej zmesi, alebo sa enzým udržiava v ultrafiltračnom zariadení, kým produkt reakcie je kontinuálne odvádzaný a substrát reakcie kontinuálne privádzaný. Pri takto uskutočnenej enzymatickej reakcii sa šetrí enzým a zvyšuje sa rýchlosť enzymatickej reakcie. Takýmto spôsobom sa robí pektolýza ovocných štiav, štiepenie laktózy beta-galaktozidázou, enzymatické scukrenie škrobu, proteolýza bielkovín mlieka a scukrenie celulózy v membránovom reaktore [11—13].

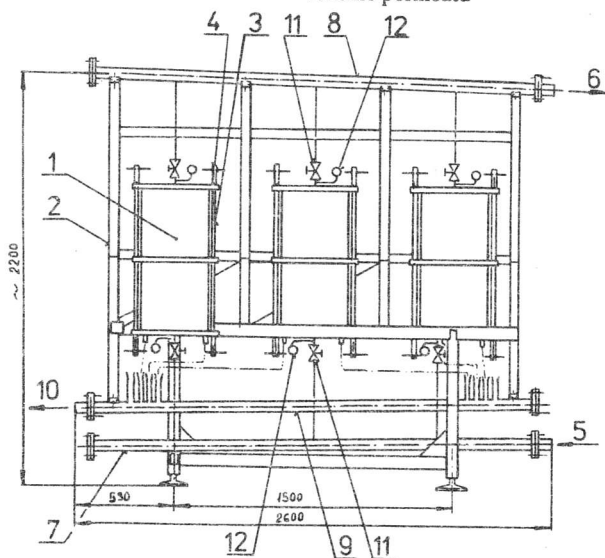
Izolácia enzýmov z fermentačnej pôdy, ich skoncentrovanie a purifikácia ultrafiltráciou sú veľmi efektívne. Vyžaduje si to minimum energie a nie je tu nebezpečie pôsobenia vysokých teplôt na termolabilný enzým, na rozdiel od klasického odparovania. Okrem toho sa z vyfermentovanej pôdy odstráni nízkomolekulárne látky, čím sa získava enzým čistejší — s vyššou špecifickou aktivitou.

Nesporné výhody ultrafiltrácie ľahko dostupných hydroláz nás priviedli k postupnému odskúšaniu a zavedeniu do praxe spracovania vyfermentovanej pôdy z výroby alfa-amylázy (Slovenské škrobárne Dolná Krupá), celuláz (Bioveta Nitra) a pektolytických enzýmov (Slovlik Leopoldov) ultrafiltráciou.

Veľkou výhodou našej práce v oblasti fermentačných výrob je, že náš riešiteľský kolektív vyvinul a zaviedol do sériovej výroby ester celulózo-ve asymetrické ultrafiltračné membrány a jedno- a šesťmodulové ultrafiltračné zariadenia. Ich ceny sú v porovnaní so západnými firmami neporovnateľne nižšie. Aj keď sme odskúšali a odskúšavame aj iné aplikácie ultrafiltrácie, spoluprácou celého riešiteľského kolektívu štátnej výskumnej úlohy „Membránové procesy v potravinárstve“ sa nám podarilo vyriešiť problematiku využitia ultrafiltrácie pri výrobe enzýmov, pričom sme sa zamerali na spomínané tri typy enzýmov — alfa-amylázu, pektolytické enzýmy a celulázy [14].

Pripravili sme a odskúšali viac ako 500 typov membrán. Pre uvedené aplikácie vo fermentačnom priemysle sa ukázal ako najvhodnejší typ membrány X-50-25-60. Tiež ultrafiltračné zariadenie, vyvíjané vo VÚ LIKO, prešlo niekoľkými vývojovými typmi až po dnešný typ ultrafiltračnej stanice (obr. 1).

Obr. 1. Ultrafiltračná stanica VÚ LIKO: 1 — ultrafiltračný modul, 2 — nosná konštrukcia, 3 — sťahovacia skrutka, 4 — sťahovacia matica, 5 — vstup ultraf. roztoku, 6 — výstup ultraf. roztoku, 7 — vstupné potrubie, 8 — výstupné potrubie, 9 — zberač permeátu, 10 — odvod permeátu, 11 — vstupný resp. výstupný ventil, 12 — vstupný resp. výstupný tlakomer ————— vedenie ultrafiltrovaného roztoku, - - - - - vedenie permeátu



2. Koncentrácia a purifikácia fermentačnej pôdy z výroby amylázy

Jediným priemyselným producentom enzýmu v ČSSR je prevádzka Slovenských škrobární Doiná Krupá, kde sa vyrába technický preparát Bolamyláza, ktorého podstatnou časťou je alfa-amyláza (E. C. 3.2.1.1.a), produkovaná na škrobovej pôde s prídavkom corn-steepu kmeňom *Bacillus subtilis*. Ročná produkcia predstavuje asi 150 ton pri cene 36 000,— Kčs za 1 tonu.

Na konci technologického procesu je fermentačná pôda za zníženého tlaku zahusťovaná odparovaním na hodnotu 2500 DA . g⁻¹. Pritom však dochádza ku značným stratám aktivity enzýmu, v priemere až 50 %. Preto sa tu už od r. 1975 odskúšavalo spracovanie vyfermentovanej pôdy ultrafiltráciou. Najprv boli použité zariadenia západných firiem DDS a Abcor. Zariadenie Abcor pri tejto aplikácii však úplne sklamlalo. Zariadenie DDS dosahovalo dobrú priemernú selektivitu a permeabilitu membrán (14,3 kg . m² . h⁻¹). Straty aktivity tiež neboli veľké, ale vzhľadom na svoju kapacitu bolo zariadenie veľmi drahé, membrány sa rýchlo zanášali nerozpustnými časticami z pôdy, čo tiež znižovalo kapacitu.

Z tohto dôvodu sme sa rozhodli odskúšať naše ultrafiltračné zariadenia, ktoré boli vtedy v štádiu vývoja, aj na túto aplikáciu. Z porovnania so zariadením DDS vyplynulo, že pri takmer zhodnej permeabilite a selektivitě membrán malo naše zariadenie desaťnásobne nižšiu spotrebu energie a bolo nepomerne lacnejšie.

Závislosti permeability membrán od stupňa skoncentrovania mali pri oboch zariadeniach charakter kubickej paraboly s korelačným koeficientom $r = 0,9918$. Rozhodujúcou závislosťou pri posudzovaní vhodnosti membrán resp. zariadenia pre danú aplikáciu je však závislosť priemernej permeability membrán od dĺžky prevádzky ultrafiltračného modulu. Pri väčšine pokusov v Dolnej Krupej sa nám podarilo preplachom odstrániť nánosy z membrán, takže priemerná permeabilita a stupeň skoncentrovania sa ani pri dlhodobej prevádzke modulov bez poruchy výrazne nemenili.

Pri dvojstupňovej ultrafiltrácii roztoku amyláz pracovala spočiatku 1 ultrafiltračná stanica VÚ LIKO s celkovou plochou membrány 78 m^2 . Počas celého obdobia odskúšavania ultrafiltrácie amyláz boli sledované bilancie hmoty a aktivity enzýmu, pričom výťažnosť v laboratórnych podmienkach bola nad 90 %. V prevádzkových podmienkach celkove za ročné obdobie neklesla výťažnosť pod 65 %, pričom v priemere bola vyššia ako 75 %, v niektorých obdobiach až vyše 90 %. Výťažnosť je závislá od mnohých faktorov — sanitácie, kvality upchávky čerpadla, teploty vzduchu, teploty roztoku, stability koncentráta a pod.

Od jesene 1980 pracuje v D. Krupej 12 ultrafiltračných modulov (2 stanice) s celkovou plochou membrány 143 m^2 , a to v dvojstupňovom usporiadaní, pri ktorom sú tiež straty koncentráta vplyvom polarizácie koncentrácie nad povrchom membrány nižšie než pri jednostupňovom usporiadaní procesu. Pri znížení poruchovosti modulov a čerpadla možno rátať s prekročením priemernej výťažnosti nad 80 %, čo znamená obrovskú úsporu nákladov na výrobu Bolamylázy. Ak sa počíta len so zvýšením výťažnosti na 75 %, teda by sa v porovnaní s 50%-nou výťažnosťou pri odparovaní vyrobilo o 50 % koncentráta viac, pri spomínanej ročnej produkcii to znamená ročnú úsporu 2,7 mil. Kčs. K tomu treba pripočítať úsporu energie. Na odseparovanie 1 t vody ultrafiltráciou sa spotrebuje 10 kWh, kým v súčasnosti na dvojstupňovej odparke 400 kWh, čo pri cene $0,12 \text{ Kčs} \cdot \text{kWh}^{-1}$ znamená ročnú úsporu 560 tis. Kčs pri dobe prevádzky 6000 h ročne. V súčasnosti sa na 2 staniciach spracúva asi 60 % objemu výroby Bolamylázy. Začiatkom r. 1982 bude v Dolnej Krupej nainštalovaná tretia ultrafiltračná stanica. Po počiatočnej pokusnej prevádzke bude uvedená do stálej prevádzky, takže po vyriešení niektorých problémov (predúprava fermentačnej pôdy odstreďovaním a filtráciou na naplavovacom filtri, chladenie, optimalizácia spôsobu čistenia a pod.) by malo ultrafiltračné spracovanie pôdy pokryť celý objem výroby tejto prevádzky. Po dobudovaní tretej stanice sa zároveň zvýši ročná úspora energie na hodnotu 840 tis. Kčs.

Počas ultrafiltrácie sa enzým purifikuje od nízkomolekulárnych látok, ktoré prechodom do permeátu spôsobujú ťažkosti pri likvidácii permeátu v Dolnej Krupej. Doteraz tieto znečisťujúce látky boli zahusťované odparkou a spôsobovali tieto ťažkosti užívateľom enzýmu (textilným závodom), pretože zostávali v koncentrácii. Pri ultrafiltrácii prechádzajú do permeátu, ktorý má priemerné hodnoty $\text{ChSK} = 3800 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ a $\text{BSK}_5 = 2100 \text{ mg O}_2 \cdot \text{l}^{-1}$.

3. Spracovávanie celuláz ultrafiltráciou

Ďalším enzýmom, spracovávaným pomocou ultrafiltrácie na membránach a moduloch VÚ LIKO, boli celulázy (E. C. 3.2.1.4.). Vyfermentovaná pôda s roztokom celuláz, vyrobená skupinou dr. Bauera, DrSc. z Chemického ústavu SAV, bola skoncentrovaná najprv na testovacom zariadení. Pokusy boli zamerané na výber vhodnej membrány, pretože sa ukázalo, že celuláza, produkovaná kmeňom *Trichoderma viride*, má podstatne menšiu molekulu (m. hm. 52 tis.—76 tis.) ako amyláza. Teda čiastočne prechádzala aj tými membránami, ktoré amylázu spoľahlivo zadržovali. Ak bola dosiahnutá priemerná permeabilita $42,4 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ a selektivita 92,5 % tak sa ukázalo, že treba nájsť selektívnejšiu membránu. Roztok celuláz bol pritom skoncentrovaný zo 7600 gama jednotiek glukózy $\cdot \text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ na priemerné 11 000 gama gluk. $\text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, pričom do permeátu prechádzalo okolo 600 gama gluk. $\text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$. Ak vezmeme do úvahy vyššiu cenu celulázy a vyššiu termolabilnosť tohto enzýmu, tak bolo treba zvoliť selektívnu membránu a šetrnejší postup. Pri poloprevádzkových pokusoch sme použili membrány z iného typu acetátu celulózy a menší upravený modul (využitá plocha membrány $0,975 \text{ m}^2$, tlak na vstupe $0,3 \text{ MPa}$, priemerná permeabilita membrán $33 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$). Bolo dosiahnuté v priemere zahustenie celuláz z 11 000 gama gluk. $\text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$ na aktivitu koncentráту okolo 72 000 gama gluk. $\text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, pričom permeát obsahoval v priemere 230 gama gluk. $\text{ml}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$, teda pri dobrej permeabilite vykazovali membrány separačnú účinnosť na celulázy 99 %. Jeden z charakteristických pokusov z tejto série uvádza tabuľka 1.

Vhodnosť modifikovaných ultrafiltračných membrán pre túto aplikáciu sa teda ukázala. Technologické problémy pre závod Bioveta Nitra, kde sa pokusy uskutočnili, rieši Chemický ústav SAV, ktorý už u nás zakúpil jednomodulové zariadenie pre tento účel. Pre r. 1982 sa ráta s dodávkou ultrafiltračného zariadenia aj pre prevádzku n. p. Bioveta, kde by sa celuláza mala vyrábať vo väčšom rozsahu.

Tabuľka 1. Závislosť permeability membrán od stupňa skoncentrovania pri ultrafiltrácii roztoku celuláz na zariadení VÚ LIKO

Stupeň skoncentrovania (%)	Permeabilita membrán ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$)	Teplota ($^{\circ}\text{C}$)
8,5	37,9	—
17,0	37,4	12
25,5	34,1	—
34,0	33,4	—
42,6	32,8	11
51,1	32,7	17
59,6	32,6	17
68,1	31,8	17
76,6	32,1	17
85,1	32,8	17

4. Ultrafiltrácia pektolytických enzýmov

Účelom tejto aplikácie ultrafiltrácie je zjednodušiť proces čistenia kyseliny citrónovej a získať zároveň z fermentačnej pôdy cenné bielkoviny, najmä pektolytické enzýmy. Predbežne sme odskúšali na tento účel zariadenia firiem Abcor a Berghoff, ale bolo jasné, že na väčší rozsah sú zariadenia z dovozu nevhodné. Z týchto dôvodov bol a je potrebný rozsiahlejší aplikačný výskum a poloprevádzkové pokusy priamo v prevádzke výroby kyseliny citrónovej v Slovniku Leopoldov.

Tieto pokusy, s ktorými sa začalo v lete 1981 už vo väčšom rozsahu, sú zamerané na vytypovanie vhodnej predúpravy vyfermentovanej pôdy pred vlastnou ultrafiltráciou a na spôsob uskutočnenia ultrafiltrácie (optimalizácia tlakov, teploty a usporiadania procesu). Ukázalo sa, že ultrafiltračné membrány a zariadenia VÚ LIKO sú vhodné aj pre túto aplikáciu. Prvé pokusy boli robené s neupravenými citrolúhmi, čo malo za následok pomerne rýchle zanášanie membrán a pokles ich permeability. Priemerné permeability v tomto štádiu pokusov boli okolo $5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$, aktivita získaného koncentrácu bola v priemere 700—750 °PM, pričom aktivita permeátu bola okolo 10 °PM. V ďalšej sérii pokusov s odstredenými citrolúhmi a po vymytí modulov sa pohybovala permeabilita membrán medzi 12,5 až $17,5 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$ pri teplote média pod 30 °C a za inak nezmenených podmienok.

V súčasnosti pri dlhodobých pokusoch vo väčšom rozsahu neklesla permeabilita membrán pod $15 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{h}^{-1}$. Momentálne tu pracuje niekoľko modulov s celkovou využiteľnou plochou membrány 52 m^2 . Aj pre túto aplikáciu sa výborne osvedčila membrána typu X-50-25-60, ktorá bola úspešne použitá už v Dolnej Krupej na ultrafiltráciu amyláz, a to aj napriek mimoriadne nízkemu pH spracovávaných citrolúhov (okolo 3,5).

Prekvapením bolo, že nánosy, vzniknuté na membránach usadením nerozpustných častíc a vplyvom polarizácie koncentrácie nad povrchom membrány, sa dali bez väčších problémov odstrániť jednoduchým preplachom modulov vodou.

Pektolytické enzýmy sa doteraz v ČSSR nevyrábajú, potrebné množstvá pre pektolýzu ovocných štiav resp. ovocia sa dovážajú za devízy zo zahraničia. V minulosti bolo pripravené za pomoci pracovníkov nášho ústavu menšie množstvo pektolytického enzymatického preparátu Leozym. Po testovacích a schvaľovacích pokračovaniach bolo rozhodnuté získavať z vyfermentovanej pôdy z výroby kyseliny citrónovej cennú bielkovinu. Jej hlavnou súčasťou je práve komplex pektolytických enzýmov. Tým sa pokryje potreba tohto enzýmu v ČSSR, ba pri spracovaní celého objemu výroby bude možné tento enzým aj vyvážať. Okrem toho spracovanie pôdy ultrafiltráciou pred kryštalizáciou kyseliny citrónovej výrazne zvyšuje kvalitu výsledného produktu, ktorý je takto zbavený nečistôt, ktorými v tomto prípade makromolekulárne látky sú.

V súčasnosti je v Keramoprojekte Trenčín spracovávaný projekt postupnej rekonštrukcie výroby kyseliny citrónovej a pridružených výrob v Leopoldove. Tu sa

už počíta aj so zavedením ultrafiltrácie do technologického procesu. Do r. 1985 však bude potrebné vyriešiť ešte viacero problémov tejto technológie a najmä nutné zväčšenie modulov vzhľadom na potrebnú kapacitu výroby.

5. Závbery z doterajšej práce a perspektívy

Pri riešení vecnej etapy 3 „Vývoj a overovanie poloprevádzkového zariadenia na ultrafiltračné zahusťovanie vrátane membrán“ čiastkovej štátnej výskumnej úlohy „Membránové procesy v potravinárstve“ bolo vyvinutých viac typov ester celulózo-vých ultrafiltračných membrán s dobrými mechanickými a funkčnými vlastnosťami, vyvinuté, vyrobené a odskúšané ultrafiltračné zariadenie VÚ LIKO. S týmito membránami a zariadeniami bolo odskúšaných niekoľko aplikácií ultrafiltrácie. Najefektívnejšími a najprepracovanejšími technologickými postupmi ultrafiltrácie makromolekulárnych látok sa stali doteraz: ultrafiltrácia amyláz, odstredeného mlieka, srvátky, ovocných štiav, celulóza a pektolytických enzýmov. V práci popisujeme doteraz urobené pokusy a poloprevádzkové skúšky ultrafiltrácie enzýmov. Z nich niektoré sú už v štádiu priemyselnej výroby enzýmov. Ukázalo sa aj niekoľko problémov pri použití tejto metódy separácie, najmä problém zanášania membrán, hygieny a sanitácie zariadení. Sú však postupne riešené špecificky pre jednotlivé aplikácie ultrafiltrácie. Úroveň riešenia týchto problémov rozhoduje o úspechu použitia ultrafiltrácie v jednotlivých prípadoch. Výskum a vývoj ultrafiltračných membrán a zariadení, ako aj ich aplikácií sa vo VÚ LIKO nekončí. Je nevyhnutné zlepšovať doterajšie riešenia, hľadať nové cesty a postupy, aby naše zariadenia obstáli v konkurencii zahraničia, ako aj v konkurencii ostatných zariadení na separáciu, a to nielen svojou cenou, ale aj kvalitou a spoľahlivosťou.

Literatúra

1. BROKEŠ, P.—BORČIN, B.—HLAVAČKA, V.—KUBICA, O.—VIŠACKÝ, V.—SVORKA, M.: Vývoj a overovanie poloprevádzkového zariadenia na ultrafiltračné zahusťovanie vrátane membrán. Záverečná správa VE 3 ú. č. P11-529-264-06. Bratislava, VÚ LIKO 1980, s. 128.
2. BROKEŠ, P.—VIŠACKÝ, V.—BORČIN, B.—HLAVAČKA, V.—KUBICA, O.—SVORKA, M.: Koncentrácia a purifikácia fermentačnej pôdy z výroby Bolamylázy v prevádzke Dolná Krupá na ultrafialových zariadeniach VÚ LIKO. Kvasný prům., 27 1981, č. 2, s. 39—44.
3. HLAVAČKA, V.: Zúžitkovanie jablčných výliskov kombináciou extrakcie a membránových procesov. Diplomová práca. Bratislava, CHTF SVŠT 1979.
4. BORČIN, B.—BROKEŠ, P.: Vývoj ultrafiltračného zariadenia VÚ LIKO. Zborník 3. celoštát. konf. o membránových procesoch, PERMEA '81, Pezinok 1981, s. 17.
5. VIŠACKÝ, V.—BROKEŠ, P.—SVORKA, M.: Skoncentrovávanie a purifikácia enzýmov ultrafiltráciou. Zborník 3. celoštát. konf. o membránových procesoch, PERMEA '81, Pezinok 1981, s. 31.
6. KUBICA, O.—BROKEŠ, P.: Ultrafiltrácia ovocných štiav, Zborník 3. celoštát. konf. o membránových procesoch, PERMEA '81, Pezinok 1981, s. 43.
7. HLAVAČKA, V.—BROKEŠ, P.: Získavanie makromolekulárnych látok z vedľajších produktov pomocou ultrafiltrácie. Zborník 3. celoštát. konf. o membránových procesoch, PERMEA '81, Pezinok 1981, s. 55.

8. BARABÁŠ, J.—KRČÁL, Z.—BROKEŠ, P.—KUBICA, O.: Výroba koncentrátov mliečnych bielkovín pomocou ultrafiltrácie. Zborník 3. celoštát. konf. o membránových procesoch, PERMEA '81, Pezinok 1981, s. 67.
9. WANG, D. J. C.—SONOYAMA, T.—MATELES, R. I.: Enzyme and Bacteriophage Concentration by Membrane Ultrafiltration. *Anal. Bioch.*, 26, 1968, č. 2, s. 277—292.
10. WANG, D. J. C.—SINSKEY, A. J.—BUTTERWORTH, T. A.: Enzyme Processing Using Ultrafiltration Membranes. In: *Membrane Science and Technology*. New York, Plenum Press 1970, s. 166—200.
11. GHASE, T. K.—KOSTICK, J. A.: Model for Continuous Enzymatic Saccharification of Cellulose with Simultaneous Removal of Glucose Syrup. In: *National ACS Meeting* — Pap. Nr. 4. New York 1969, s. 158—172.
12. GRECO Jr., G.—ALFANI, F.—YORIO, G.—CANTARELLA, M.—FORTISAMO, A.—GIANFREDA, L.—PALESCANDOLO, R.—SCARDI, V.: Theoretical and Experimental Analysis of a Soluble Enzyme Membrane Reactor. *Biotechnol. Bioeng.*, 21, 1979, č. 3, s. 249—253.
13. GRECO Jr., G.—ALBANESI, D.—CANTARELLA, M.—GIANFREDA, L.—PALESCANDOLO, R.—SCARDI, V.: Enzyme Inactivation and Stabilization Studies in an Ultrafiltration Reactor. *European J. Appl. Microbiol. Biotechn.*, 8, 1979, č. 4, s. 141—156.
14. BROKEŠ, P.—BORČIN, B.—KUBICA, O.—HLAVAČKA, V.—VYŠACKÝ, V.—SVORKA, M.: Membránové procesy v potravinárstve. (Výsk. správa.) Bratislava, VÚ LIKO 1980, 20 s.

Использование ультрафильтрации в ферментационной промышленности

Резюме

В работе описано использование ультрафильтровальных мембран и оборудования в Научно-исследовательском институте ЛИКО в производственных технологиях энзимов в чехословацкой ферментационной промышленности. Исследовались проблемы распространения этого применения ультрафильтрации в производстве альфа-амилазы, целлюлаз и пектолитических энзимов, как и намечены направления дальнейшего развития этих ферментационных технологий.

В заключении подведено решение проблем при использовании этого метода сепарации и выражено убеждение о улучшении уровня ультрафильтрационных мембран и оборудования и применений ультрафильтрации.

Utilization of ultrafiltration equipment at the Research Institute LIKO in processing enzymes

Summary

The work deals with utilization of ultrafiltration membranes and equipments of the Research Institute LIKO in production technologies of enzymes in Czechoslovak fermenting industry. It is focused on problems of introducing this ultrafiltration application into the production of α -amylase, cellulases and pectolytic enzymes and suggested possible trends of further development of these fermenting technologies. In conclusion, results obtained with the use of this separation method have been summarized and the conviction is expressed that the quality of ultrafiltration membranes, equipments and ultrafiltration applications used will improve in the future.

Ing. V. Hlavačka, M. Svorka, Ing. V. Višacký, Výskumný ústav LIKO, Miletičova 23, 824 62 Bratislava.