

## Oponentský posudek disertační práce

Autor práce: Ing. Dagmar Bulánková  
Školitel: prof. Ing. Petr Mikulášek, CSc.  
Název práce: Studium tlakových membránových procesů při separaci pšeničného hydrolyzátu

Předložená disertační práce Ing. Dagmar Bulánkové je zaměřena na studium procesních charakteristik membránových separačních procesů, které mohou být potenciálně využity jako součást jednoho ze stupňů optimalizace výroby kvasného etanolu následně využívaného jako aditivum do benzínu. Jedná se zejména o úpravu složení fermentačního media (v tomto případě pšeničných hydrolyzáatů) takovým způsobem, aby mohly být dále v technologii využity imobilizované biokatalyzátory (mikroorganismy a enzymy fixované do pevného nosiče z polyvinylalkoholu), které umožňují dosažení významného navýšení výtěžku fermentace a snížení provozních i investičních nákladů výroby. Ukazuje se, že k tomuto účelu lze s výhodou použít některé tlakové membránové procesy. Otázkou však zůstává realizovatelnost procesu zejména s ohledem na výběr separační membrány a nastavení provozních podmínek takovým způsobem, aby byla dostatečná výkonnost a selektivita procesu při minimalizaci zanášení použitých membrán. V návaznosti na to je třeba řešit i problematiku nově vyvolaných investičních a provozních nákladů a dopady jednotlivých procesů na životní prostředí. Z tohoto pohledu hodnotím téma práce jako vysoce aktuální vhodně kombinující aplikační potenciál moderní technologie výroby bioetanolu s teoretickým studiem dílčích separačních procesů.

Doktorandka přehledně zpracovala literární rešerši dané problematiky a na jejím základě vytipovala části základní technologie, v nichž mohou nalézt uplatnění tlakové membránové separace. Jedná se zejména o získání cukerných roztoků prostých dispergovaných tuhých částic o koncentraci vhodné pro následnou fermentaci. S ohledem na velikosti separovaných částic k tomu lze použít mikrofiltraci.

Membránová mikrofiltrace jako taková se v posledním desetiletí stala významnou průmyslově využívanou membránovou separační technikou zejména díky nasazení levných ponorných modulů s dutými vlákny provozovanými v dead-end uspořádání při čištění a úpravě vody. Nicméně, zde zvažovaný cross-flow proces nově hledá své uplatnění zejména v oblastech přípravy nebo úpravy produktů s vyšší přidanou hodnotou. Zejména relativně drahé anorganické (kovové či keramické) membrány s velmi dobrou mechanickou, tepelnou i chemickou odolností vyžadují obvykle provozování v oblasti vysokých výkonových parametrů (při vysokých hodnotách intenzity průtoku permeátu), aby se tak zmenšila požadovaná plocha membrány a následně i pořizovací náklady. Proto považuji membrány zvolené pro experimentální studium v této práci za odpovídající vývojovým trendům a technologickým požadavkům daného procesu (zejména zvýšená teplota).

Ukazuje se však, že při požadavku minimálních ztrát cukrů, je nezbytné provádění procesu v tzv. diafiltračním módu. Přitom je však získán příliš zředěný cukerný roztok, který musí být následně zakonzentrován. Doktorandka proto v práci ověřovala možnost využití reverzní osmózy pro tento technologický krok. Pro popis diafiltrace byl dále navržen matematický model procesu kombinující základní bilanční rovnice s rovnicemi popisujícími tvorbu gelové vrstvy na povrchu membrány; byly navrženy postupy pro stanovení parametrů modelu a následně byl model použit při analýze návrhu čtvrtprovozní diafiltrace.

Těžiště práce je v experimentálním studiu parametrů ovlivňujících využití mikrofiltrace a reverzní osmózy pro úpravu pšeničných hydrolyzátů. Celkové množství experimentů, měněných parametrů a srovnávacích studií je značné. Autorka nezůstává pouze u základního experimentálního studia diafiltračního a reverzně osmotického procesu, ale provedla i široké spektrum doplňujících experimentů, jejichž výsledky umožňují komplexnější pohled na studovanou problematiku. Diafiltrace i reverzní osmóza hydrolyzátů byla testována jak na laboratorních, tak i na větších pilotních jednotkách. Bylo proměřeno několik typů membrán a meziprodukty z různých vstupních surovin odebrány v několika fázích výrobního procesu. Přitom je nezbytné poznamenat, že experimenty v této oblasti jsou zdlouhavé, pracné a vyžadují velkou pečlivost.

Výsledky experimentů jsou přehledně zpracovány ve formě tabulek a grafů. Interpretaci získaných výsledků je prováděna zejména s ohledem na možnost konečného využití procesů jako součástí zvažované technologie. Z výsledků se též podařilo vytipovat vhodné membrány i podmínky pro realizaci dílčích separačních procesů. Z naměřených dat též byly vyhodnoceny parametry navrženého modelu diafiltračního procesu. Vysoce hodnotím návrhové výpočty a jejich rozbor pro realizaci čtvrtprovozní diafiltrační membránové jednotky. I přes nezpochybnitelný přínos této části práce, zde postrádám snahu o vyšší stupeň zobecnění některých naměřených dat.

Vlastní zpracování disertační práce je přehledné a na velmi dobré úrovni. Do diskuse při obhajobě disertační práce mám následující připomínky a dotazy.

1. Označení „nerezová membrána“ nepovažuji za nejšťastnější. Z nerezů je vyroben pouze nosič, který nepředurčuje základní separační vlastnosti membrány. Co může být, dle Vašeho názoru, příčinou nižší propustnosti této membrány a její zvýšené tendence k zanášení?
2. Proč nebyla na laboratorním zařízení provedena měření při nižších rychlostech proudění? Z textu (kapitola 4.6.1 a 4.6.2) ani není zřejmé, jakým způsobem byl v použitých membránových jednotkách regulován průtok retentátu.
3. V práci je koeficient přestupu hmoty  $k_m$  (např. tabulka 5.10), který je používán k dalším výpočtům, vyhodnocen z vlastních experimentálních dat. Byly provedeny (alespoň orientačně) odhady tohoto koeficientu z rovnic (42) až (46) uváděných v teoretické části práce? Jak lze

odhadnout stříhovou rychlost na stěně trubkové membrány? Co může být příčinou případných odchylek experimentálně zjištěných a teoretických hodnot koeficientu?

4. I když nebyly ekonomické rozvahy předmětem této práce, dokážete odhadnout, zda budou limitujícím faktorem pro použití diafiltrace investiční náklady (drahé membrány a zařízení) nebo provozní náklady (např. spotřeba DEMI vody, spotřeba energie na dlouhodobou cirkulaci nástříku při relativně vysokých rychlostech proudění)?

Výše uvedené připomínky nesnižují úroveň předložené práce. Celkově lze konstatovat, že doktorandka prokázala schopnost samostatné a systematické vědecké činnosti. Struktura disertační práce je v souladu s požadavky uvedenými ve studijním a zkušebním řádu pro studium v doktorských studijních programech na Fakultě chemicko-technologické Univerzity Pardubice. Proto

d o p o r u č u j i

přijmout předloženou disertační práci k obhajobě.

V Pardubicích dne 5. listopadu 2010

  
doc. Ing. Jiří Čákl, CSc.