

Návrh řízení extrakce proteinů z tuků při výrobě bionafty

Design of a Control System for the Extraction of Proteins from
Fats in the Production of Biodiesel

Bc. Petr Halamka

Diplomová práce
2012



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
akademický rok: 2011/2012

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr HALAMKA**
Osobní číslo: **A10847**
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Automatické řízení a informatika**

Téma práce: **Návrh řízení extrakce proteinů z tuků při výrobě bionafty**

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou extrakce proteinů z tuků.
2. Provedte látkovou a entalpickou bilanci extraktoru.
3. Navrhnete matematický model extrakce a provedte jeho řešení.
4. Následně provedte experimentální identifikaci.
5. Z verifikovaného modelu navrhnete algoritmus řízení reálného extraktoru.

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

1. KOLOMAZNÍK, Karel. Modelování zpracovatelských procesů. 1. vyd. Brno: VUT, 1990, 191 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-248-2503-8.
2. KOLOMAZNÍK, Karel. Odpady Praha 98 : mezinárodní konference. Sborník přednášek. Praha: Svaz odpadového průmyslu ČR, 1998, 122s. ISBN 8085122121.
3. VÍTEČKOVÁ, Miluše a Antonín VÍTEČEK. Vybrané metody seřizování regulátorů. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, 2011, 229 s. ISBN 978-802-4825-038.
4. STOKLÁSKOVÁ, Jana. Rafinace kyselých odpadních tuků a olejů transformací volných mastných kyselin na amidy a N-alkylamidy, Refining Acidic Waste Fats and Oils by the Transformation of Free Fatty Acids into Amides and N-alkylamides. Praha, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Karel Kolomazník, DrSc
5. PECHA, Jiří. Možnosti výroby bionafty z odpadních tuků kožedělného průmyslu, Possibilities of Biodiesel Production from Leather Industry Waste Fats. Zlín, 2009. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Kolomazník, Karel.
6. Kolomazník; et al. Economic aspects of biodiesel production from tannery waste fats. Journal of American Leather Chemists Association 2010, 105, 327?333.
7. DEMIRBAS, Ayhan. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines. London: Springer, c2008, 208 s. ISBN 978-184-6289-958.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Karel Kolomazník, DrSc.
Ústav automatizace a řídicí techniky

Datum zadání diplomové práce: 24. února 2012

Termín odevzdání diplomové práce: 6. června 2012

Ve Zlíně dne 24. února 2012


prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
děkan




prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.
ředitel ústavu

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá odsolováním mázdry, která je jedna z doplňujících zdrojů pro výrobu bionafty. Aby bylo možné mázdru použít, je třeba odstranit netukové složky. Odsolování je nutné z ekonomického důvodu, neboť cena vyrobené nafty z mázdry, je méně nákladná, oproti vyrobené naftě z řepkového oleje.

Práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a experimentální. Teoretická část se zabývá modelováním odsolovacího procesu ve smyslu stanovení nestacionárního koncentračního pole a jeho účinností, dále optimalizací řízení, kdy minimum hlavních provozních nákladů je cíl navrženého algoritmu řízení. Experimentální část se věnuje stanovením koncentrace soli v prací vodě a využitím naměřených dat pro výpočet efektivního difúzního koeficientu chloridu sodného ve vnitřním objemu zpracovávané mázdry.

Klíčová slova: Bionafta, mázdra, odsolování, algoritmus řízení.

ABSTRACT

The thesis deals with desalination of fleshing, which is one of the additional sources for biodiesel production. It is indispensable to remove the folder lean in order to use fleshing. Desalination is important for economic reasons, as the price of diesel fuel made from fleshing is less expensive in comparison to diesel made from rapeseed oil.

Diploma thesis is divided into two parts, theoretical and experimental. The theoretical part concerns modeling of desalination process determining nonstationary concentration field and its efficiency, further optimization procedure when low operating costs are the main objective of the proposed control algorithm. The practical part is dedicated to providing the salt concentration in the washing water and using the measured data to calculate the effective diffusion coefficient of sodium chloride in the inner volume of processed fleshing.

Keywords: Biodiesel, fleshing, desalination, control algorithm.

Poděkování:

Rád bych zde poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce panu prof. Ing. Karlu Kolomazníkovi, DrSc., za odborné vedení, připomínky a čas věnovaný mé práci. Také bych rád poděkoval Ing. Jiřímu Pechovi a Ing. Stanislavu Plškovi za ochotně poskytnuté rady. Dále bych chtěl poděkovat rodičům za jejich podporu při studiu.

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

- že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

.....
podpis diplomanta

OBSAH

ÚVOD	8
I TEORETICKÁ ČÁST	9
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	10
1.1 STANOVENÍ KONCENTRACE NaCl V ČASE	13
1.1.1 Grafické vyjádření uvedených rovnic:	18
1.2 OPTIMALIZACE ŘÍZENÍ Z EKONOMICKÉHO HLEDISKA	21
II EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	25
2 JEDNOTLIVÁ STANOVENÍ PRACÍHO PROCESU	26
2.1 STANOVENÍ VLHKOSTI.....	26
2.2 STANOVENÍ POPELA.....	26
2.3 STANOVENÍ KONCENTRACE NaCl.	26
2.4 STANOVENÍ EFEKTIVNÍHO DIFÚZNÍHO KOEFICIENTU SOLI VE VNITŘNÍM OBJEMU MÁZDRY	29
2.4.1 Výpočet difúzního koeficientu pomocí bezrozměrné spotřeby Na a transportního parametru λ	30
3 DISKUZE	32
ZÁVĚR	34
CONCLUSION	36
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	38
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	39
SEZNAM OBRÁZKŮ	40
SEZNAM TABULEK	41

ÚVOD

V současné době je aktivně vyhledáván zdroj pro výrobu nafty. Vzhledem k tomu, že cena bionafty při použití oleje, je dvakrát větší než běžná nafta. Z tohoto důvodu jsou hledány jiné suroviny, jako například přepálený olej z restaurací, hovězí lůj, odpadní vepřové máslo a odpadní koželužské tuky.

Hlavní surovinou z odpadních koželužských tuků je mázdra. Mázdra obsahuje chlorid sodný, bílkovinné mazivo, vodu a podkožní tuk. Aby bylo možné použít mázdru pro výrobu bionafty, je třeba netukové složky odstranit. Vzhledem k tomu, že bílkovinný podíl mázdry představuje důležitou surovinu pro produkci želatiny, je nutné se zabývat v první fázi deproteinizací, odsolováním mázdry. Odsolování je nutné z ekonomického důvodu, neboť cena proteinu (želatiny) závisí na hodnotě pevnosti gelu (bloom value). Čím vyšší je hodnota pevnosti gelu, tím vyšší je cena želatiny. Například pro bloom hodnotu 80 je cena 2\$ za kg a pro bloom hodnotu 130 je cena 6\$ za kg. Hodnota gelu je však velmi negativně ovlivněna obsahem popela, tj. v našem případě soli. Z tohoto důvodu je nutné provést odsolení. Výsledný zisk z prodeje želatiny pak způsobí, že cena vyrobené nafty z mázdry je nižší, oproti vyrobené naftě z řepkového oleje.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Vzhledem k tomu, že se jedná o odsolování mázdry (Obr. 1.1), což je z technologického hlediska stejný proces, který probíhá při odsolování surových kůží, je tato kapitola věnována procesu námoku, tj. odsolování surových kůží. Zejména také proto, že se v nedávné minulosti neuvažovalo o využití mázdry jako suroviny pro výrobu bionafty. Kůže se dodávají do koželužny v částečně odvodněném stavu, nebo i zcela suché. Nejdříve musí být dobře rozmáčeny, aby jimi mohly lépe prostupovat chemické látky v dalších operacích, a mimo jiné se stanou ohebné a vláčné, díky čemu se zabrání poškození během mechanického zpracování. Námok bychom mohli z našeho pohledu rozdělit do několika navazujících operací. Nejprve probíhá tzv. praní před námokem, které má za účel odstranit na povrchu uloženou konzervační látku, v našem případě chlorid sodný (NaCl). Ve vlastním námoku poté probíhá difúze konzervační látky z mezivláknitých prostor kůže do roztoku až do ustálení rovnováhy. V následujícím praní po námoku později jde o odstranění zbytkového množství konzervačního prostředku (NaCl). Konzervované kůže se rozmáčejí ponořením do vody buď v klidu, nebo se proces urychluje mechanickým pohybem. Voda může obsahovat smáčedla nebo jiné podporující látky. Kožní bílkoviny, které mázdra obsahuje, hydratují. Nastává zde i extrakce některých nevláknitých bílkovin, albuminů, proteoglykanů a jiných lobulárních proteinů rozpustných ve vodě a solném roztoku. Námok solených kůží je v celku jednoduchý proces, u něhož nevznikají zvláštní problémy. Voda rozpustí konzervační soli uvnitř kůže a vytvořený koncentrační spád podporuje vnikání další vody. Na kvalitu námoku a tím i kvalitu výrobků má vliv dodržování technologických parametrů. Mezi nejvýznamnější patří poměr námokové vody ke zpracovávané surovině, doba námoku, teplota námokové vody a koncentrace pomocných přípravků, které námok urychlují, resp. usnadňují díky smáčecím účinkům. Některé také zabraňují rozkladným procesům. Volba nebo nastavení těchto parametrů se odvíjí od kvality mázdry, zejména od kvality rozmočení kůže vystupující z námoku. A právě posouzení této kvality zůstává doposud problémem. Většinou se provádí pouze subjektivně a záleží tedy do značné míry na zkušenosti pracovníka, který námok kontroluje.

Dederle[10] se svými spolupracovníky provedl rozbor vlivu objemu lázně, doby námoku, teploty a koncentrace tenzidu na vlastnosti rozmočené kůže. Vzhledem k sledovaným

vlastnostem jako je relativní relaxace při 70°C a 80°C, teplota smrštění a obsah popela, je možné pokládat za kritické tyto úrovně sledování faktorů:

- a. objem lázně min 100%
- b. doba námoku max. 180 min.
- c. teplota lázně 20 - 24°C
- d. koncentrace tenzidu 10 – 15 g/l

V rozmezí těchto úrovní je třeba optimalizovat podmínky námoku při použitém způsobu mechanického opracování. Tyto závěry lze také aplikovat na odsolování a deproteinizaci mázdry. Dále se uvádí[11], že v současné době se používá u surových kůží konzervovaných solením nejčastěji 4 až 5 hodinový námok, obvykle urychlovaný smáčedly nebo alkáliemi. O urychlení námoku se usilovalo v důsledku snahy o zkrácení původně jednodenního námoku solených hovězín. S ohledem na rostoucí nedostatek vody je taktéž umožněna její menší spotřeba při námoku. V technologických zařízeních se pracuje již jen se 100 až 150% vody, vztaženo na hmotnost surových kůží, zatímco dříve se užívalo až 1000% vody. Jak je dále uvedeno, rychlost rozmáčení je možné zjistit ze změn deformačních vlastností materiálu. Tato měření prokázala exponenciální pokles rychlosti. Průběh námoku studovali pracovníci jihoafrického ústavu LIRI, kteří zjistili, že plynulé točení v sudu zvýší účinnost odsolovacího procesu. Rozbory odpadních vod ukázaly, že obohacování solí je zpočátku velmi rychlé a pak zůstává dalších sedm hodin koncentrace ustálená. Difúzi soli z kůže, jako kritéria posouzení námoku, studoval v matematických modelech O Brien[9]. Modely vycházely z toho, že námok je difúzní operace, jež odstraňuje sůl. Jiné faktory jako je odstranění bílkovin, nebyly brány v úvahu. Ze závěrů práce se dá usuzovat, že stanovení chloridů v námokové lázni může posloužit jako kritérium hodnocení kvality odsolovacího procesu.

Mezi jednotlivými technologickými operacemi je obvykle zařazeno praní, jehož účelem je snížit obsah vymývané složky v pevné fázi na technologickou požadovanou míru. S ohledem na množství odpadních vod, prací procesy zaujímají značnou pozornost při racionalizaci koželužských provozů. Publikované práce, které se týkají praní a které jsou uváděny zde v literární studii, pojednávají o racionalizačních opatřeních založených vesměs na přímém pozorování pracích procesů v daném technologickém postupu. Z naměřených závislostí a z jejich zhodnocení lze provádět optimalizační zásahy v pracím procesu, zejména pak jeho zkrácení. Tímto se dosáhne snížení množství odpadní vody a

úspory elektrické energie. Takto získané zkušenosti však nelze zobecňovat, optimální řešení pracího procesu získané na konkrétním případě, za přesně definovaných podmínek měření, může částečně nebo zcela selhat při změně technologických podmínek, případně druhu vlastností pevné fáze (mázdra, kůže, useň).

Jak bylo řečeno, účelem námoku a praní mázdry je odstranění soli. V našich podmínkách se nejčastěji používá konzervování kůží solením, které má výhody spjaté hlavně s dostupností konzervační chemikálie (NaCl), jednoduchostí způsobu provedení a také vyhovující trvanlivost s ohledem na časový odstup dalšího zpracování. Metoda se používá i přes některé nedostatky, jako například velké znečištění odpadní vody z námoku chloridem sodným. Nejčastěji se uvádí, že na 1kg kůže je potřeba použít 1kg chloridu sodného. Pro dobré nasolení je třeba kůže nechat alespoň tři dny uležet. Solení se provádí od rubu kůže, kdy se vytváří nasycený roztok soli v kůži a část soli odtéká jako solný kal. Tím dochází ke snížení obsahu vody na 45 - 50% hmotnosti kůže. Obsah tuhého chloridu sodného v kůži je asi 30 - 35% hmotnosti kůže. Z tohoto množství je asi 80% soli přítomno volně mezi chlupy a zbytek je obsažen ve vnitřním objemu surové kůže. Nasolené kůže se skládají na paletách do balíků.



Obr. 1.1 Mázdra

1.1 Stanovení koncentrace NaCl v čase

Jak bylo řečeno v úvodní části, jedná se o difúzní proces. Vzhledem k tomu, že je mázdra na začátku v míchaném systému, se vytvoří suspenze, neboli systém palet. Proto byl použit kvantitativní popis nestacionárního koncentračního pole pro sférické souřadnice, který je následující:

$$\frac{\partial c(r, \tau)}{\partial \tau} = D \left[\frac{\partial^2 c(r, \tau)}{\partial r^2} + \frac{2}{r} \frac{\partial c(r, \tau)}{\partial r} \right] \quad 0 < r < R_1 \quad 1.1$$

Podmínka osové symetrie vyjadřuje skutečnost, že koncentrace soli ve středu tuhé částice je maximální.

$$\frac{\partial c}{\partial r}(0, \tau) = 0 \quad 1.2$$

Tento počáteční vztah vyjadřuje, že pro jakoukoliv polohu je koncentrace konstantní.

$$C(r, 0) = C_p \quad 1.3$$

Další okrajová podmínka znamená, že na začátku je koncentrace soli v práci kapalině nulová (čistá kapalina).

$$C_o(0) = 0 \quad 1.4$$

Následující podmínka reprezentuje ideální míchání, koncentrace na povrchu pevné částice je rovna koncentraci v kapalině pro libovolný čas.

$$C(R, \tau) = \varepsilon C_o(\tau) \quad 1.5$$

Poslední podmínka je bilanční, která znamená, že difúzní tok dané látky na kraji kulové částice (soli, proteinu) je rovný akumulaci této látky v objemu práci kapaliny (V_o).

$$-SD \frac{\partial c}{\partial r}(R_1, \tau) = V_o \frac{\partial C_o(\tau)}{\partial \tau} \quad 1.6$$

Zavedení bezrozměrných proměnných:

$$C = \frac{c_p - c}{c_p} \dots\dots\dots C_0 = \frac{\varepsilon c_0}{c_p} \dots\dots\dots R = \frac{r}{R_1} \dots\dots\dots F_0 = \frac{D\tau}{R_1^2} \tag{1.7}$$

Upraví se model vymývání NaCl

$$\begin{aligned} \frac{\partial C(R, F_0)}{\partial F_0} &= \frac{\partial^2 C(R, F_0)}{\partial R^2} + \frac{2}{R} \frac{\partial C(R, F_0)}{\partial R} \dots\dots\dots 0(R(1 \dots\dots F_0))0 \\ \frac{\partial C(0, F_0)}{\partial R} &= 0 \\ C(R, 0) &= 0 \\ C_0(0) &= 0 \\ C(1, F_0) &= 1 - C_0 \\ \frac{\partial C}{\partial R}(1, F_0) &= \frac{Na}{3\varepsilon} \frac{\partial C_0(F_0)}{\partial F_0} \dots\dots\dots Na = \frac{V_0}{V_s} \dots\dots\dots V_s = \frac{4}{3} \pi R_1^3 \dots\dots\dots S = 4\pi R_1^2 \end{aligned} \tag{1.8}$$

Aplikace La- Placovy Transformace

$$sC_L = C_L^j + \frac{2}{R} C_L^j \tag{1.9}$$

$$C_L^j(0, s) = 0 \tag{1.10}$$

$$C_L(1, s) = \frac{1}{s} - C_{0L} \Rightarrow C_{0L} \frac{1}{s} - C_L(1, s) \tag{1.11}$$

$$C_L(1, s) = \frac{Na s C_{0L}}{3\varepsilon} \tag{1.12}$$

Řešením (1.9) s platností (1.10):

$$C_L = \frac{A \sin 4(R\sqrt{s})}{R} \quad 1.13$$

Využitím (1.11) a (1.12) A plyne:

$$A = \frac{Na}{3\varepsilon \left[\sqrt{s} \cos(\sqrt{s}) - \sin 4(\sqrt{s}) + \frac{Na s}{3\varepsilon} \sin 4(\sqrt{s}) \right]} \quad 1.14$$

$$C_L = \frac{\frac{\sin 4(R, \sqrt{s})}{R\sqrt{s}}}{3\varepsilon \left[\cos 4(\sqrt{s}) - \frac{\sin 4(\sqrt{s})}{\sqrt{s}} + \frac{Na\sqrt{s}}{3\varepsilon} \sin 4(\sqrt{s}) \right]} = \frac{F(s)}{f(s)} \quad 1.15$$

Pro zpětnou transformaci nelze použít Heavisideovu větu. Proto je nutné použít obecnou větu o reziduích.

Pro $\sqrt{s} = 0$ zpětně by se měl dostat ustálený stav, pro který platí:

$$C_p V_s = C V_s + \frac{C}{\varepsilon} V_0 \quad 1.16$$

Úpravou(1.16)

$$C = \frac{C_p}{1 + \frac{Na}{\varepsilon}} \quad 1.17$$

a zavedením bezrozměrné koncentrace $C(R, \infty)$ dostaneme:

$$C(R, \infty) = \frac{Na}{\varepsilon + Na} \quad 1.18$$

dále postupujeme podle Heavisideovy věty,

$$L^{-1}\{C_L\} = L^{-1} \frac{F(s)}{f(s)} = \lim_{s \rightarrow 0} \sum_{s=1}^{s_n} \frac{F(s)e^{\Delta F_0}}{\frac{df(1)}{ds}} \quad 1.19$$

kde (s) jsou kořeny rovnice:

$$F(s) = 0$$

Tedy čas:

$$(i\sqrt{s}) + \frac{\sin(i\sqrt{s})}{i\sqrt{s}} + \frac{Na\sqrt{s}}{3\varepsilon} \frac{\sin(i\sqrt{s})}{i} = 0 \quad 1.20$$

Zavedením substituce $y = i\sqrt{s}$:

$$\cos(q) + \frac{\sin(q)}{q} - \frac{Naq \sin(q)}{3\varepsilon} = 0 \quad 1.21$$

Úpravou(1.21):

$$\cot g(q) = \frac{Naq}{3\varepsilon} + \frac{1}{q} \quad 1.22$$

Zpětnou transformací provedeme pro n-té kořen y

$$\frac{df(s)}{ds} = \frac{1}{2} \frac{\sin 4(\sqrt{s})}{\sqrt{s}} - \frac{1}{2} \frac{\cos 4(\sqrt{s})}{s} + \frac{1}{2} \frac{\sin 4(\sqrt{s})}{s\sqrt{s}} + \frac{Na}{3\varepsilon} \frac{\sin 4(\sqrt{s})}{2\sqrt{s}} + \frac{Na}{3\varepsilon} \frac{\cos 4(\sqrt{s})}{2} \quad 1.23$$

Ve smyslu substituce $y = i\sqrt{s}$ upravíme:

$$= \frac{1}{2} \frac{\sin(q)}{q} + \frac{1}{2} \frac{\cos(q)}{q^2} - \frac{1}{2} \frac{\sin(q)}{q^3} + \frac{Na}{3\varepsilon} \frac{\sin(q)}{2q} + \frac{Na}{3\varepsilon} \frac{\cos(q)}{2} \quad 1.24$$

Výsledky:

Závislost bezrozměrné koncentrace soli, v objemu tuhé fáze

$$C = \frac{Na}{\varepsilon + Na} + \frac{2Na}{3\varepsilon} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\frac{\sin(Rq_n)}{Rq_n} e^{-F_0 q_n^2}}{\sin(q_n) \left[\frac{1}{q_n} - \frac{1}{q_n^3} + \frac{Na}{3\varepsilon} \right] + \cos(q_n) \left[\frac{1}{q_n^2} + \frac{Na}{3\varepsilon} \right]} \quad 1.25$$

Výpočet bezrozměrné koncentrace soli, v okolní kapalině

$$C_0 = 1 - C(1, F_0)$$

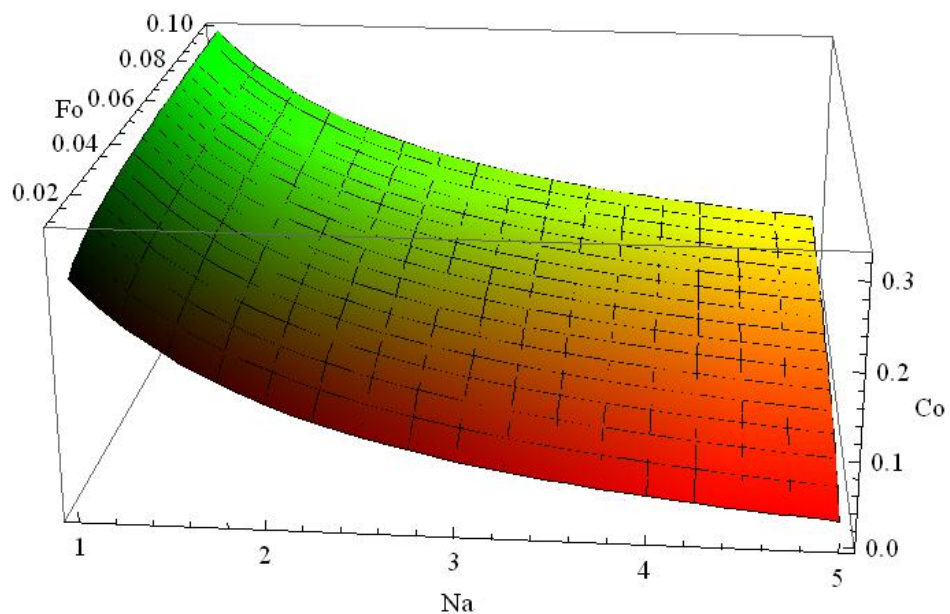
$$C_0 = 1 - \frac{Na}{\varepsilon + Na} - \frac{2Na}{3\varepsilon} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(q_n) \exp(-F_0 q_n^2) / q_n}{\sin(q_n) \left[\frac{1}{q_n} - \frac{1}{q_n^3} + \frac{Na}{3\varepsilon} \right] + \cos(q_n) \left[\frac{1}{q_n^2} + \frac{Na}{3\varepsilon} \right]} \quad 1.26$$

Následující vztah vyjadřuje závislost účinnosti (y) odsolovacího procesu na bezrozměrné spotřebě kapaliny.

$$y = \frac{C_0 V_0}{C_p V} = \frac{C_0 Na}{\varepsilon} = \frac{Na}{\varepsilon + Na} - \frac{2Na^2}{3\varepsilon^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\text{Exp}(-F_0 * q_n^2)}{1 + \frac{Na}{\varepsilon} + \frac{Na^2 q_n^2}{3\varepsilon^2}} \quad 1.27$$

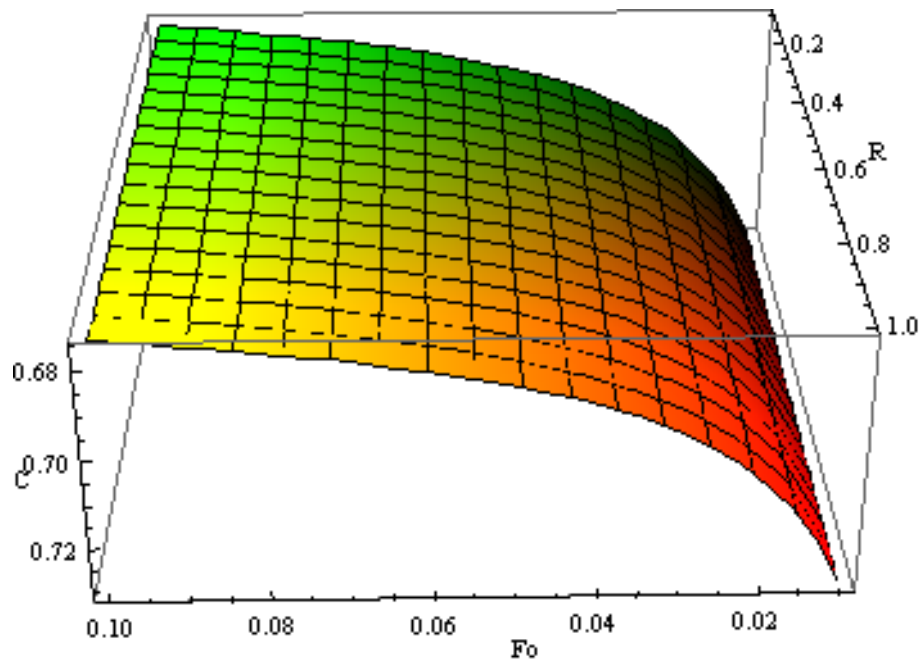
1.1.1 Grafické vyjádření uvedených rovnic:

Právě (Obr. 1.2 Graf bezrozměrné koncentrace soli v okolí prezentuje výpočet bezrozměrné koncentrace soli v okolní kapalině (1.26)



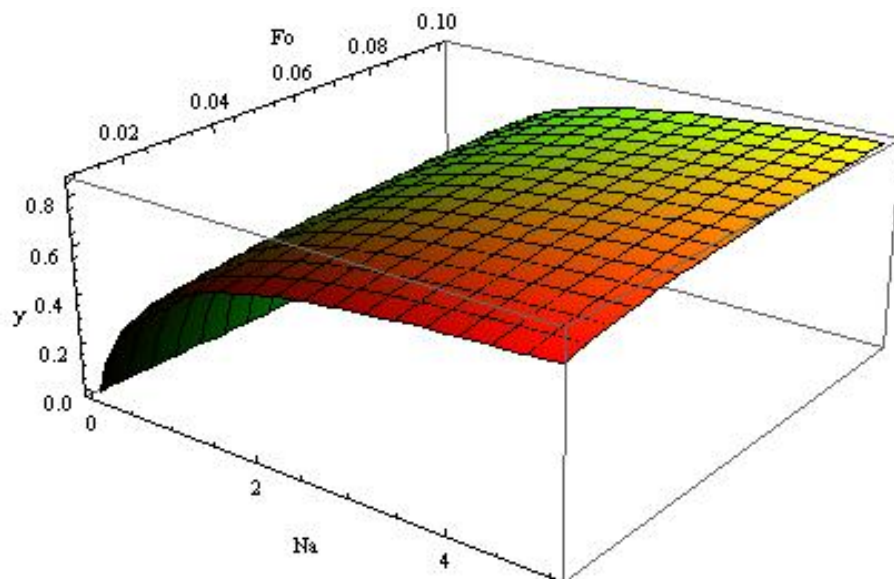
Obr. 1.2 Graf bezrozměrné koncentrace soli v okolí

Obrázek (Obr. 1.3) je závislost bezrozměrné koncentrace soli v objemu tuhé fáze(1.25)



Obr. 1.3 Graf bezrozměrné koncentrace soli

Konečně obrázek (Obr. 1.4) je zobrazení závislosti účinnosti odsolovacího procesu na bezrozměrné spotřebě kapaliny (1.27)



Obr. 1.4 Vykreslení účinnosti odsolovacího procesu

Výše uvedené grafy byly vykresleny v programu Mathematica, pomocí níže uvedených zdrojových kódů.

Pro graf bezrozměrné koncentrace soli v okolí (Obr. 1.2)

$$\text{Plot3D} \left[\left\{ 1 - \frac{\text{Na}}{e + \text{Na}} - \left(\frac{\frac{\text{Sin}[q1 \text{ Degree}] \text{Exp}[-f1 \cdot q1^2]}{q1}}{\text{Sin}[q1 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q1} - \frac{1}{q1^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q1 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q1^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} + \right. \right. \right.$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[q2 \text{ Degree}] \text{Exp}[-f1 \cdot q2^2]}{q2}}{\text{Sin}[q2 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q2} - \frac{1}{q2^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q2 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q2^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[q3 \text{ Degree}] \text{Exp}[-f1 \cdot q3^2]}{q3}}{\text{Sin}[q3 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q3} - \frac{1}{q3^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q3 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q3^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[q4 \text{ Degree}] \text{Exp}[-f1 \cdot q4^2]}{q4}}{\text{Sin}[q4 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q4} - \frac{1}{q4^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q4 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q4^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\left. \left. \frac{\frac{\text{Sin}[q5 \text{ Degree}] \text{Exp}[-f1 \cdot q5^2]}{q5}}{\text{Sin}[q5 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q5} - \frac{1}{q5^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q5 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q5^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} \right) \times \frac{2 \times \text{Na}}{3e} \right\},$$

{Na, 1, 5},
 {f1, 0.01, 0.1}, ColorFunction → Function[{x, y, z}, RGBColor[x, y, 0.]], AxesLabel → {"Na", "Fo", "Co"}]

Pro graf bezrozměrné koncentrace soli v objemu tuhé fáze (Obr. 1.3)

$$\text{Plot3D} \left[\left\{ \frac{\text{Na}}{e + \text{Na}} + \left(\frac{\frac{\text{Sin}[R \cdot q1 \text{ Degree}] \cdot \text{Exp}[-f1 \cdot q1^2]}{R \cdot q1}}{\text{Sin}[q1 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q1} - \frac{1}{q1^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q1 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q1^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} + \right. \right.$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[R \cdot q2 \text{ Degree}] \cdot \text{Exp}[-f1 \cdot q2^2]}{R \cdot q2}}{\text{Sin}[q2 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q2} - \frac{1}{q2^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q2 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q2^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[R \cdot q3 \text{ Degree}] \cdot \text{Exp}[-f1 \cdot q3^2]}{R \cdot q3}}{\text{Sin}[q3 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q3} - \frac{1}{q3^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q3 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q3^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\frac{\frac{\text{Sin}[R \cdot q4 \text{ Degree}] \cdot \text{Exp}[-f1 \cdot q4^2]}{R \cdot q4}}{\text{Sin}[q4 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q4} - \frac{1}{q4^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q4 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q4^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} +$$

$$\left. \left. \frac{\frac{\text{Sin}[R \cdot q5 \text{ Degree}] \cdot \text{Exp}[-f1 \cdot q5^2]}{R \cdot q5}}{\text{Sin}[q5 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q5} - \frac{1}{q5^3} + \frac{\text{Na}}{3e} \right) + \text{Cos}[q5 \text{ Degree}] \left(\frac{1}{q5^2} + \frac{\text{Na}}{3e} \right)} \right) \times \frac{2 \times \text{Na}}{3e} \right\},$$

{R, 0.1, 1},
 {f1, 0.01, 0.1}, ColorFunction → Function[{x, y, z}, RGBColor[x, y, 0.]], AxesLabel → {"R", "Fo", "C"}]

Pro vykreslení účinnosti odsolovacího procesu (Obr. 1.4)

```
Plot3D [ {  $\frac{Na}{e + Na} - \left( \frac{\text{Exp}[-f1 \times q1^2]}{1 + \frac{Na}{e} + \frac{Na^2 \times q1^2}{3e^2}} + \frac{\text{Exp}[-f1 \times q2^2]}{1 + \frac{Na}{e} + \frac{Na^2 \times q2^2}{3e^2}} + \frac{\text{Exp}[-f1 \times q3^2]}{1 + \frac{Na}{e} + \frac{Na^2 \times q3^2}{3e^2}} + \frac{\text{Exp}[-f1 \times q4^2]}{1 + \frac{Na}{e} + \frac{Na^2 \times q4^2}{3e^2}} + \frac{\text{Exp}[-f1 \times q5^2]}{1 + \frac{Na}{e} + \frac{Na^2 \times q5^2}{3e^2}} \right) \times \frac{2 \times Na^2}{3e^2} \right],$ 
```

{Na, 0, 5},

```
{f1, 0.01, 0.1}, ColorFunction -> Function[{x, y, z}, RGBColor[x, y, 0.]], AxesLabel -> {"Na", "Fo", "Y"}]
```

Uvedený model reprezentované rovnice (1.25) je identický i pro deproteinizaci. Z tohoto důvodu byl pro oba případy použit model pro popis koncentrace soli ve vnitřním objemu tuhé fáze a v okolí, je doplněn účinností odsolovacího (deproteinizovaného) procesu.

1.2 Optimalizace řízení z ekonomického hlediska

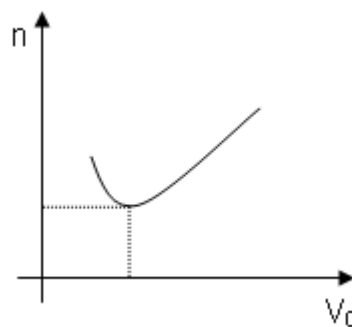
Řízení systému po stránce ekonomické je vhodné kvůli spotřebě energie. Hlavními provozními náklady jsou např. náklady na elektrickou energii, což je vyjádřeno jako součin příkonu P a času τ v jednotkách (kWh) a dále jejich součinu s veličinou K_E představující cenu za elektrický proud. Čím je větší příkon nebo doba praní, tím je větší spotřeba elektrické energie. K tomu je potřeba přičíst cenu spotřebované vody, vyjádřené jako součin objemu vody a ceny za vodu. Čím je větší spotřeba vody, tím je kratší čas praní. V tomto případě se cena spotřebované vody zvyšuje a snižuje se cena elektrické energie, naopak sníží-li se spotřeba vody, prodlouží se čas praní.

Naším úkolem je nalézt optimální poměr mezi nejmenší spotřebou elektrické energie a adekvátní spotřebou vody.

$$N = K_E \cdot \tau \cdot P + V_0 \cdot K_v \quad /V \quad n = \frac{N}{V} \quad 1.28$$

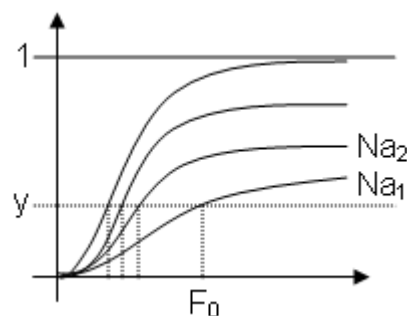
$$n = \frac{K_E \cdot \tau \cdot P}{V} + \frac{V_0}{V} \cdot K_v \Rightarrow n = \frac{N}{V} = \frac{K_E \cdot \tau \cdot P}{V} + Na \cdot K_v; \dots Na = \frac{V_0}{V} \quad 1.29$$

$$F_0 = \frac{D \cdot \tau}{b^2} \Rightarrow \tau = \frac{F_0 \cdot b^2}{D} \Rightarrow n = \frac{K_E \cdot P \cdot F_0 \cdot b^2}{D \cdot V} + Na \cdot K_v \quad 1.30$$



Obr. 1.5 Účinnost pracího procesu

Průběh křivky závisí na tloušťce difúzního koeficientu, měrné ceně spotřebované vody, elektrické energie a na příkonu zařízení.



Obr. 1.6 Závislost účinnosti pracího procesu

Závislost účinnosti pracího procesu y a spotřeby Na na čase F_0 popisuje graf (Obr. 1.6).

Čas F_0 je implicitně dán objemem dané kapaliny.

Případ, kdy K není rovno nule:

$$C_0 = f(D\sqrt{\tau}); c_A = \frac{A \cdot c}{1 + B \cdot c}; c \text{ je malé } 1 \gg B \cdot c; c_A = k \cdot c \quad 1.31$$

Do difúzní rovnice

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot (x, \tau) = D \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \cdot (x, \tau) - \frac{\partial c_A}{\partial \tau} \cdot (x, \tau) \quad 1.32$$

musíme zavést absorpci

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot (x, \tau) = D \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \cdot (x, \tau) - k \cdot \frac{\partial c}{\partial \tau} \Rightarrow \frac{\partial c}{\partial \tau} + k \cdot \frac{\partial c}{\partial \tau} = D \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad 1.33$$

$$\frac{\partial c}{\partial \tau} \cdot (1+k) = D \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad \Bigg/ \quad \frac{1}{(1+k)} \Rightarrow \frac{\partial c}{\partial \tau} = \frac{D}{1+k} \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad 1.34$$

$$\frac{D}{1+k} = k; \frac{\partial c}{\partial \tau} = k \cdot \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} \quad 1.35$$

↳ vyjádřeno bez zápisu rozložených parametrů. Z hlediska matematiky došlo k převedení vypírání vázané složky na vykonání nevázané složky, kdy se difúzní koeficient D zmenšil o $1+K$ násobek.

Fourier:

$$F_0 = \frac{k \cdot \tau}{R_1^2} \quad 1.36$$

II. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

2 JEDNOTLIVÁ STANOVENÍ PRACÍHO PROCESU

2.1 Stanovení vlhkosti

Princip stanovení spočívá v sušení vzorku do konstantní váhy při teplotě 105 °C.

2.2 Stanovení popela

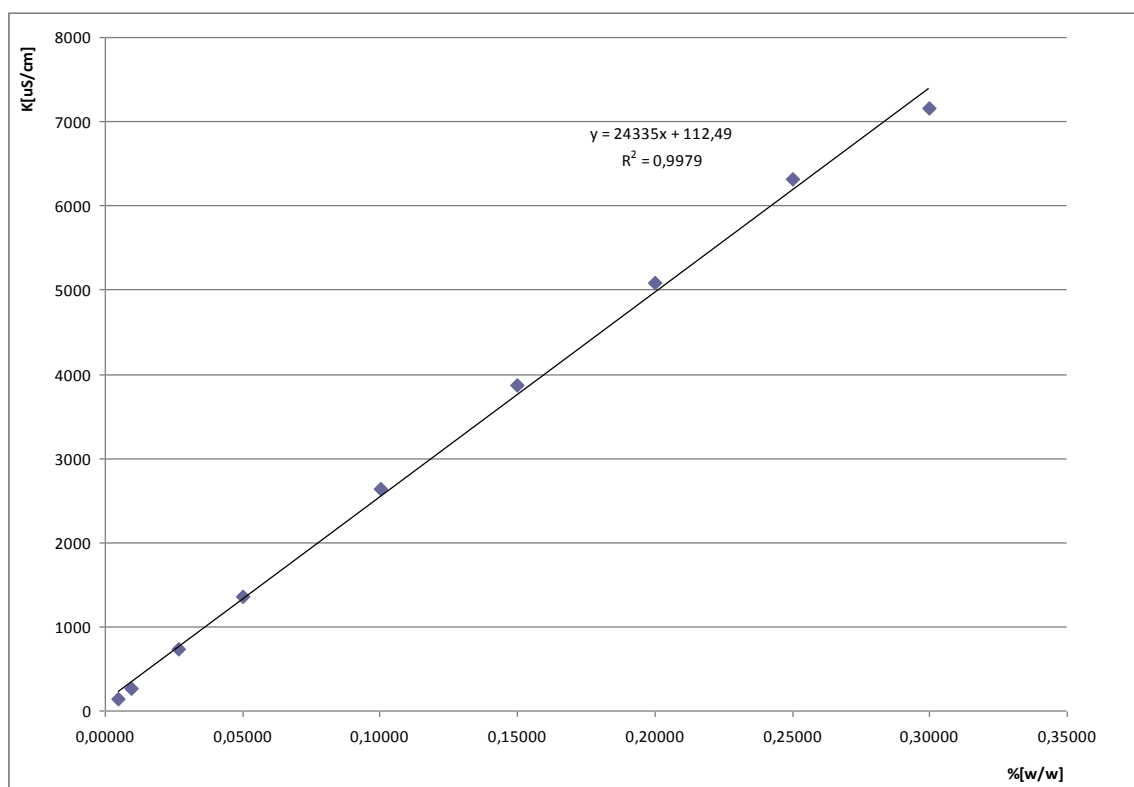
Vysušený vzorek se pomalu zahřívá k teplotě 550 – 600 °C v oxidační atmosféře. Po spálení a ochlazení na laboratorní teplotu se nespálený zbytek zvaží.

2.3 Stanovení koncentrace NaCl.

Toto stanovení se provádělo dvěma způsoby. První metoda byla chemická titrace chloridu sodného dusičnanem stříbrným. Jako indikátor byl použit dvojchroman sodný. Dusičnan stříbrný sráží chloridy za vzniku bílé sraženiny chloridu stříbrného. Jakmile jsou chloridové ionty spotřebovány (vysráženy), vznikne hnědočervená sraženina dvojchromanu stříbrného, což je bod ekvivalence odpovídající obsahu chloridu ve vzorku. Druhý způsob spočíval ve měření elektrické vodivosti roztoku chloridu sodného ve vodě (Tab. 2.1). Přičemž se předpokládá lineární závislost vodivosti na koncentraci soli (Obr. 2.1). Toto stanovení předpokládá experimentální určení závislosti vodivosti na koncentraci soli. Modifikací uvedené metody je konduktometrická titrace (Obr. 2.2), kdy dochází ke zlomu závislosti spotřeby dusičnanu stříbrného na obsahu NaCl. Bod ekvivalence je dán uvedeným zlomem.

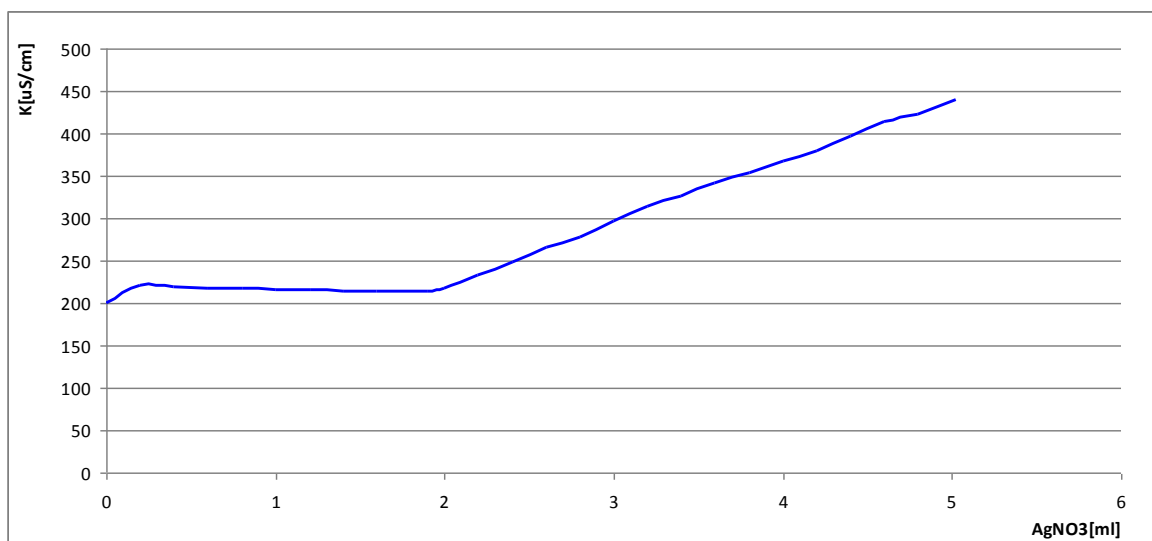
Č. roztoku	Koncentrace [% w/w]	Navážka destilované vody [g]	Navážka zásobního roztoku [g]	Celková hmotnost roztoku [g]	Skutečná navážka vody [g]	Skutečná navážka zásobního roztoku [g]	Skutečná koncentrace [% w/w]	Zjištěná vodivost [uS/cm]
1	0,300	84,00	36	120,00	84,10	36,00	0,29975	7160
2	0,250	90,00	30	120,00	90,04	30,02	0,25004	6310
3	0,200	96,00	24	120,00	96,07	24,01	0,19995	5090
4	0,150	102,00	18	120,00	102,09	18,01	0,14996	3860
5	0,100	108,00	12	120,00	108,00	12,01	0,10007	2640
6	0,050	114,00	6	120,00	114,05	6,01	0,05006	1360
7	0,025	117,00	3	120,00	117,03	3,200	0,02662	732
8	0,010	118,80	1,2	120,00	118,86	1,173	0,00977	268
9	0,005	119,40	0,6	120,00	119,40	0,597	0,00498	146,5

Tab. 2.1 Naměřené a vypočítané hodnoty elektrické vodivosti roztoku



Obr. 2.1 Kalibrační křivka

Konduktometrická titrace v závislosti spotřeby dusičnanu stříbrného (AgNO_3) na elektrické vodivosti K.



Obr. 2.2 Konduktometrická titrace



Obr. 2.3 Měření konduktometrické titrace v laboratoři

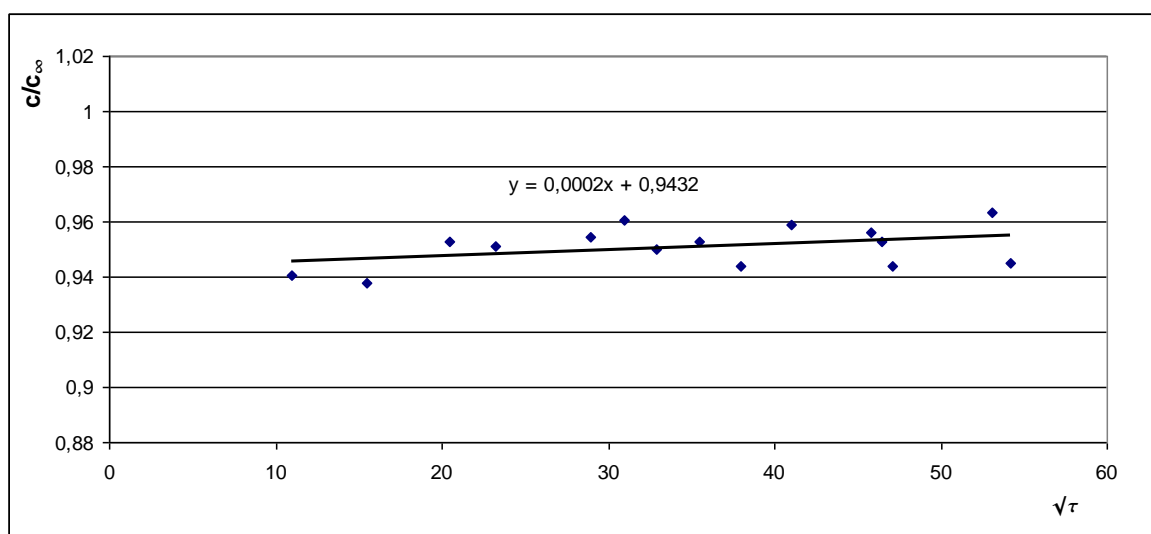
2.4 Stanovení efektivního difúzního koeficientu soli ve vnitřním objemu mázdry

Ke stanovení efektivního difúzního koeficientu soli ve vnitřním objemu mázdry bylo třeba nejprve naměřit elektrickou vodivost v závislosti na čase. Z naměřených dat byla vykreslena uvedená závislost v bezrozměrných jednotkách (Obr. 2.4). Z ní byla použita hodnota směrnice k , potřebná pro výpočet transportního parametru (λ) pomocí Crankova vztahu.

K měření elektrické vodivosti bylo použito 400g mázdry a k ní přidělené potřebné množství destilované vody, jež činilo 1200g. Do připraveného odměrného válce s vodou byla umístěna mázdra. Obě složky byly důkladně promíchány. Vodivost se měřila pomocí sondy, jež byla připojena na digitální multimetr. K přesnému zápisu časového údaje sloužily ručičkové stopky.

Měření celého pracovního procesu trvalo 1 hodinu. Hodnoty elektrické vodivosti se zapisovaly po 1 minutě.

Obrázek (Obr. 2.4) ukazuje bezrozměrnou vodivost, což je vodivost v daném čase dělená vodivostí v ustáleném stavu v závislosti na druhé odmocnině času.



Obr. 2.4 Stanovení hodnoty směrnice k

2.4.1 Výpočet difúzního koeficientu pomocí bezrozměrné spotřeby Na a transportního parametru λ

Pro bezrozměrnou spotřebu Na platí:

$$m(\text{vody}) = 432,06 \text{ g}$$

$$\sigma(\text{vody}) = 1 \text{ g} / \text{cm}^3$$

$$m(\text{mázdry}) = 172,66 \text{ g}$$

$$\sigma(\text{mázdry}) = 0,90 \text{ g} / \text{cm}^3$$

2.1

$$Na = \frac{\frac{m_{H_2O}}{\rho_{H_2O}}}{\frac{m_{mazdry}}{\rho_{mazdry}}} = 2,25$$

Výpočet transportního parametru λ pomocí Crankova vztahu:

$$0,0002 = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \frac{1 + Na}{Na} \sqrt{\lambda}$$

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,0002 * \sqrt{\pi} * Na}{2 * (1 + Na)}$$

2.2

$$\lambda = \frac{0,0002^2 \pi}{4} * \left(\frac{Na}{1 + Na} \right) = 1,50 * 10^{-8} \text{ s}^{-1}$$

Výpočet poloměru kulovité částice:

$$D = 1 \text{ mm}$$

$$R = 0,5 \text{ mm} = 0,0005 \text{ m}$$

2.3

$$R^2 = 2,5 * 10^{-7} \text{ m}^2$$

Konečný výpočet difúzního koeficientu

$$D = \lambda * R^2$$

2.4

$$D = 2,20 * 10^{-11} \frac{m^2}{s}$$

Pro orientaci uvádím difúzní koeficient v nekonečném zředění vypočtený pomocí Nesrstova vztahu:

$$D_0 = 8,9 * 10^{-10} * T \{L * L^{-}\}$$

$$D_0 = 8,9 * 10^{-10} * \frac{e^+ * e^-}{e^+ + e^-} + \left\{ \frac{z^+ + z^-}{z^+ * z^-} \right\}$$

$$e^+ = 50,1$$

$$e^- = 76,4$$

$$z^+ = 1$$

$$z^- = 1$$

$$T = 293,15K$$

2.5

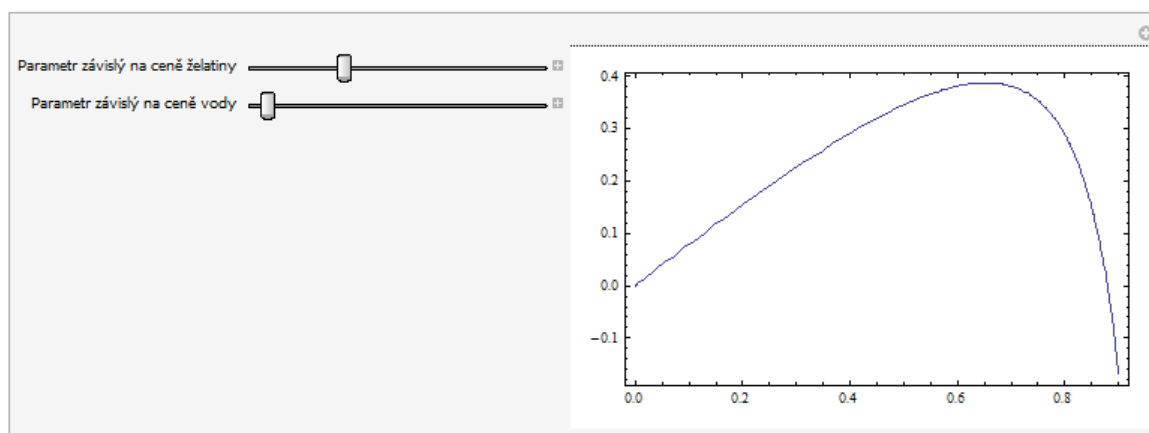
$$D_0 = 8,9 * 10^{-10} * \left(\frac{50,1 * 76,4}{50,1 + 76,4} \right) * \left(\frac{2}{1} \right)$$

$$D_0 = 1,6 * 10^{-5} \frac{cm^2}{s} = 1,6 * 10^{-9} \frac{m^2}{s}$$

Srovnáním bylo zjištěno že hodnota difúzního koeficientu vypočtená pomocí Nesrstova vztahu je o řád vyšší, neboť se jedná o hodnotu při nekonečném zředění. Řádově nižší naměřená hodnota je dána texturou vzorku, (především porézností), která hodnotu negativně ovlivňuje.

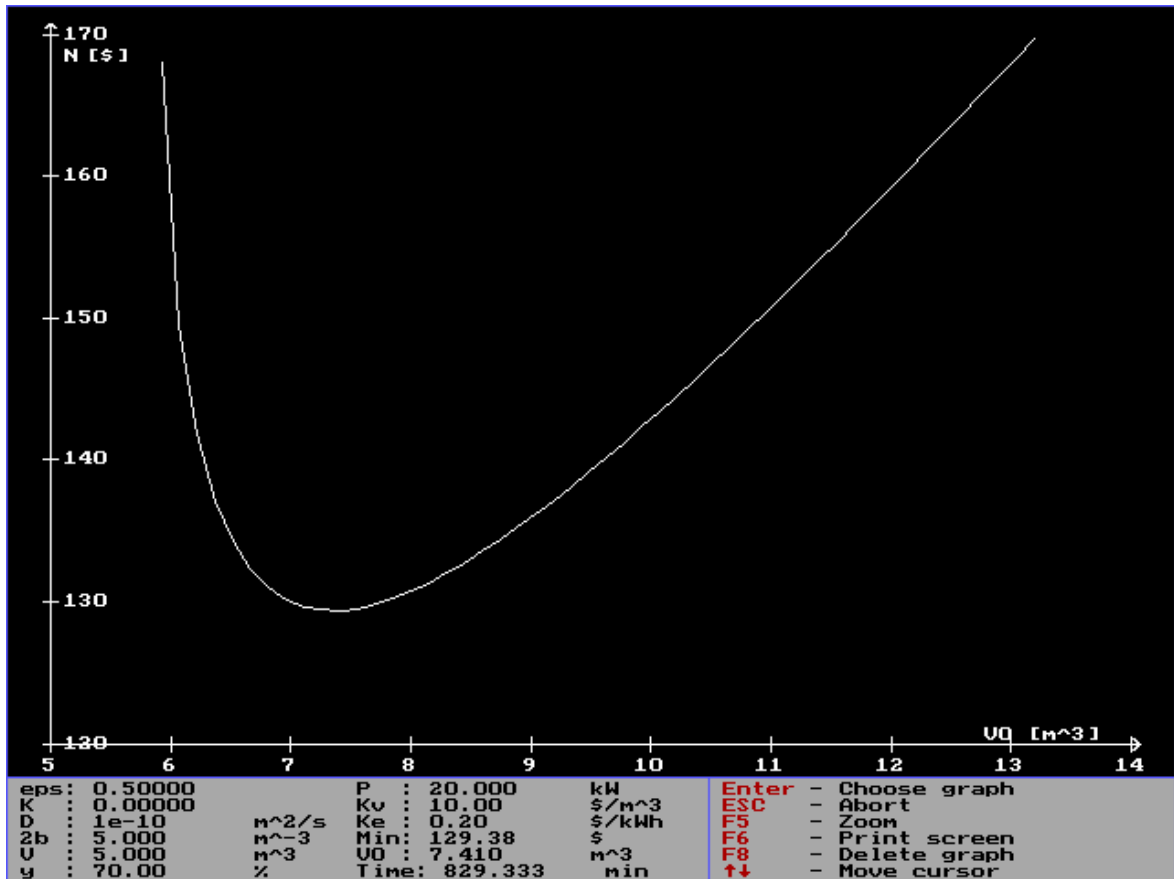
3 DISKUZE

Účelem řízení odsolování mázdry je, aby nákladová funkce definována rovnicí (1.28) byla minimální. Minimum hlavních provozních nákladů závisí s výjimkou technologických parametrů (objem spotřebované mázdry, charakteristický rozměr odsolovacích částic) a ekonomických parametrů (měrná cena použité vody k odsolení, měrná cena elektrické energie) na hodnotě efektivního difúzního koeficientu. Uvedená hodnota se může během odsolovacího procesu měnit. To znamená, že se také mění minimum nákladové funkce. Proto je třeba v každé periodě vzorkování vyhodnotit číselnou hodnotu efektivního difúzního koeficientu a od ní odvodit postupné dávkování použité vody. Pokud bude celková hodnota v kapalně fázi menší, než je odvozené minimum pro daný identifikovaný difúzní koeficient, bude třeba nadávkovat potřebné množství kapaliny tak, aby technologický proces odsolování probíhal v minimu nákladové funkce. Pokud bude vyšší, dávkování vody se přeručí a provede se opět vzorkování systému. Celý proces se opakuje do té doby, dokud se nedosáhne požadované účinnosti odsolovacího procesu. Podobně lze řídit i deproteinizaci, zde je však nákladová funkce představována závislostí zisku z prodeje želatiny na účinnosti odsolovacího procesu. Zisk je dán cenou želatiny, od které je třeba odečíst cenu vody potřebné k dosažení žádoucího stupně odsolovacího procesu. Do ceny vody je také zahrnuta cena elektrické energie. Následující obrázek (Obr. 3.1) prezentuje uvedenou závislost.



Obr. 3.1 Modelový výpočet zisku

Na následujícím obrázku je graf účinnosti pracího procesu pro zvolené vstupní parametry. Účinnost (y) je v tomto případě 70%, kde tato hodnota uvádí, kolik se vypere soli po prvním vyprání. Minimální množství spotřebované vody je $V_0 = 7m^3$



Obr. 3.2 Nákladová funkce pracího procesu

Ostatní zvolené parametry:

$$D = 10^{-10} \frac{m^3}{s}$$

$$2R_1 = 5 * 10^{-3} m$$

$$V = 5m^3$$

$$P = 20kW$$

$$K_V = 10\$...za...m^3$$

$$K_E = 0,2\$...za...kWh$$

$$t = 850 \text{ min}$$

ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabýval odsolováním mázdry, která se řadí mezi doplňující zdroje pro výrobu bionafty. Mázdra obsahuje sůl (NaCl), bílkovinné mazivo, vodu a podkožní tuk. Aby bylo možné mázdru pro výrobu bionafty použít, je třeba netukové složky odstranit.

První část diplomové práce se věnuje přehledu současného stavu řešené problematiky. Zde jsem se seznámil s procesem námoku tj. odsolování surových kůží. Experimentální část se týká stanovení koncentrace soli v čase. Jedná se o difúzní proces.

Vzhledem k tvaru odsolovacích částic jsem aplikoval kvantitativní popis nestacionárního koncentračního pole pro sférické souřadnice. Výsledkem jsou rovnice: Závislost bezrozměrné koncentrace soli, v okolní kapalině. Bezrozměrná koncentrace pole soli, uvnitř tuhé částice a Závislost účinnosti odsolovacího procesu na bezrozměrné spotřebě kapaliny. Z uvedených rovnic jsem pro lepší přehled vytvořil grafy v trojrozměrném provedení (Obr. 1.2, Obr. 1.3, Obr. 1.4). V poslední kapitole popisují optimalizaci řízení z ekonomického hlediska. Hlavním úkolem je nalézt optimální poměr mezi nejmenší spotřebou elektrické energie a adekvátní spotřebou vody. Toto popisuje závislost účinnosti pracího procesu y a spotřeby Na na čase F_0 (Obr. 1.6), kdy čas F_0 je implicitně dán objemem použité kapaliny.

V další kapitole se zabírám vlastnostmi pracího procesu. Zejména stanovením koncentrace soli (NaCl). To se provádělo dvěma způsoby. První způsob byl chemickou titrací chloridu sodného, dusičnanem stříbrným. Výsledkem je hnědočervená sraženina dvojjochmanu stříbrného, což je bod ekvivalence odpovídající obsahu chloridu ve vzorku. Druhý způsob spočíval ve měření elektrické vodivosti roztoku chloridu sodného ve vodě. Z Obrázku (Obr. 2.1) je patrná lineární závislost vodivosti na koncentraci soli. Modifikací uvedené metody je konduktometrická titrace (Obr. 2.2), při které dochází ke zlomu závislosti spotřeby dusičnanu stříbrného na obsahu NaCl. Bod ekvivalence je poté udán uvedeným zlomem.

Ve druhé polovině experimentální části se zabývám stanovením efektivního difúzního koeficientu soli ve vnitřním objemu mázdry. Pro toto určení bylo třeba naměřit elektrickou vodivost v závislosti na čase. Z naměřených dat byla vykreslena uvedená závislost bezrozměrné vodivosti na druhé odmocnině času (Obr. 2.4). Z této závislosti byla vypočtena směrnice (k) potřebná pro výpočet transportního parametru λ pomocí Crankova

vztahu. Pro určení difúzního koeficientu bylo třeba dále spočítat bezrozměrnou spotřebu N_a a odhadnout poloměr kulovité částice. Pro orientaci jsem uvedl difúzní koeficient v nekonečném zředění vypočtený pomocí Nesrstova vztahu. Srovnáním jsem zjistil, že hodnota difúzního koeficientu vypočtená pomocí Nesrstova vztahu je o řád vyšší, neboť se jedná o hodnotu při nekonečném zředění.

Závěr diplomové práce je věnován diskuzi o nákladové funkci a provozních nákladech. To také prezentuje obrázek (Obr. 3.2). Při doplnění je uveden modelový výpočet zisku prodeje želatiny nebo proteinového hydrolyzátu, což je demonstrováno na obrázku (Obr. 3.1)

CONCLUSION

The thesis deals with desalination of fleshing which is being used as one of the additional sources for biodiesel production. Fleshing contains salt (NaCl), protein grease, water, and subcutaneous fat. Being possible to use fleshing for biodiesel use, it is crucial to remove the lean component.

The first part of the thesis is devoted to review of the current state of solved problems. Here I became acquainted with the process of desalination soaking, i.e. rough skin. Experimental section applies to determine the concentration of salt in time which is a diffusion process.

Due to the shape of particles, I applied the desalination quantitative description of the unsteady concentration fields for spherical coordinates. The result is the equation: Dependence of dimensionless salt concentration in the surrounding liquid. Dimensionless concentration of salt field, inside the solid particles and the dependence of efficiency desalination process, dimensionless liquid consumption. From the above equations for a better view I created in three-dimensional graphs (Obr. 1.2, Obr. 1.3, Obr. 1.4). The last chapter describes the optimization of in economic terms. The main task is to find the optimal ratio between the lowest energy consumption and adequate water consumption. This describes the dependence of the effectiveness of the washing process and consumption over time (Obr. 1.6), when the time is implicitly given volume of liquid used.

In the next chapter, I treat the properties of the washing process. In particular, determination of the concentration of salt (NaCl). This has been done in two ways. The first method was a chemical titration with sodium chloride, silver nitrate. The result is a brown-red precipitate of silver dichromate, which is the equivalence point corresponding to the chloride content in the sample. The second method is consisted of measuring the electrical conductivity of sodium chloride in water. The figure (Obr. 2.1) is apparent linear dependence of conductivity on salt concentration. Modification of the method is conduct metric titration (Obr. 2.2), which leads to break dependence on the consumption of silver nitrate content of NaCl. The endpoint is then declared out break.

In the second half of the experimental part deals with the determination of effective diffusion coefficient of salt in the internal volume of fleshing. It was necessary to determine the electrical conductivity measured in relation to time. Mentioned

dimensionless conductivity dependence on the square root of time (Obr. 2.4) was plotted from the measured data.

To determine the diffusion coefficient, it was crucial to calculate below consumption of Na and to estimate the dimensionless radius of the spherical particle. For orientation, diffusion coefficient is mentioned at infinite dilution calculated using Nernstova relationship. In comparison, I found out that the value of diffusion coefficient calculated using Nernstova relationship is an order of magnitude higher, since it is the value at infinite dilution.

The conclusion of this thesis is devoted to discussion of the cost function and operating costs. It also presents a picture (Obr. 3.2). In addition the model calculation of profit for gelatin sales or gelatin protein hydrolyzes, which is demonstrated in Figure Obr. 3.1

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KOLOMAZNÍK, Karel. Modelování zpracovatelských procesů. 1. vyd. Brno: VUT, 1990, 191 s. Učební texty vysokých škol. ISBN 978-80-248-2503-8
- [2] KOLOMAZNÍK, Karel. Odpady Praha 98 : mezinárodní konference. Sborník přednášek. Praha: Svaz odpadového průmyslu ČR, 1998, 122s. ISBN 8085122121.
- [3] STOKLÁSKOVÁ, Jana. Rafinace kyselých odpadních tuků a olejů transformací volných mastných kyselin na amidy a N-alkylamidy, Refining Acidic Waste Fats and Oils by the Transformation of Free Fatty Acids into Amides and N-alkylamides. Praha, 2011. Diplomová práce. Vysoká škola chemicko-technologická v Praze. Vedoucí práce Prof. Ing. Karel Kolomazník, DrSc
- [4] PECHA, Jiří. Možnosti výroby bionafty z odpadních tuků kožedělného průmyslu, Possibilities of Biodiesel Production from Leather Industry Waste Fats. Zlín, 2009. Diplomová práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Kolomazník, Karel.
- [5] Kolomazník; et al. Economic aspects of biodiesel production from tannery waste fats. Journal of American Leather Chemists Association 2010, 105, 327–333.
- [6] DEMIRBAS, Ayhan. Biodiesel: a realistic fuel alternative for diesel engines. London: Springer, c2008, 208 s. ISBN 978-184-6289-958.
- [7] JANÁČOVÁ, Dagmar. *Nepřímé modelování námoku surových kůží*. Zlín, 1993. 115 s. Kandidátské disertace. Vysoké učení technické v Brně
- [8] KARPÍŠKOVÁ, Dana. *Modelování procesu námoku surových kůží*. Zlín, 1991. 61 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Vedoucí práce Dagmar Janáčová
- [9] O'Brien, D. J. : JALCA 78, 1983, s. 286
- [10] DEDERLE, T. , Řehák, P. : Kožařství, 31, 1981, 11, s. 310
- [11] DEDERLE, T. : Kožařství , 37, 1987, 9. s. 258

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Význam	Jednotka
R_l	Poloměr tukové částice	[m]
D	Difúzní koeficient	[$m^2 \cdot s^{-1}$]
τ	Čas	[s]
t	Teplota	[$^{\circ}C$]
κ	Vodivost	[$S \cdot m^{-1}$]
r	Vnitřní poloměr	[m]
A	Plocha	[m^2]
Na	Bezrozměrná spotřeba	[I]
λ	Transportní parametr	[s^{-1}]
c	Koncentrace	[mol/l]
c_o	Počáteční koncentrace	[mol/l]
C	Bezrozměrná koncentrace	[I]
ε	Poréznost	[I]
m	Hmotnost	[kg]
ρ	Hustota	[$kg \cdot m^{-3}$]
y	Účinnost	[1]
F_o	Fourierovo kritérium (Bezrozměrný čas)	[I]

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>OBR. 1.1</i>	<i>12</i>
<i>OBR. 1.2 GRAF BEZROZMĚRNÉ KONCENTRACE SOLI V OKOLÍ</i>	<i>18</i>
<i>OBR. 1.3 GRAF BEZROZMĚRNÉ KONCENTRACE SOLI</i>	<i>19</i>
<i>OBR. 1.4 VYKRESLENÍ ÚČINNOSTI ODSOLOVACÍHO PROCESU</i>	<i>19</i>
<i>OBR. 1.5 ÚČINNOST PRACÍHO PROCESU</i>	<i>22</i>
<i>OBR. 1.6 ZÁVISLOST ÚČINNOSTI PRACÍHO PROCESU</i>	<i>22</i>
<i>OBR. 2.1 KALIBRAČNÍ KŘIVKA</i>	<i>27</i>
<i>OBR. 2.2 KONDUKTOMETRICKÁ TITRACE</i>	<i>28</i>
<i>OBR. 2.3 MĚŘENÍ KONDUKTOMETRICKÉ TITRACE V LABORATOŘI</i>	<i>28</i>
<i>OBR. 2.4 STANOVENÍ HODNOTY SMĚRNICE K</i>	<i>29</i>
<i>OBR. 3.1 MODELOVÝ VÝPOČET ZISKU</i>	<i>32</i>
<i>OBR. 3.2 NÁKLADOVÁ FUNKCE PRACÍHO PROCESU</i>	<i>33</i>

SEZNAM TABULEK

TAB. 2.1 NAMĚŘENÉ A VYPOČÍTANÉ HODNOTY ELEKTRICKÉ VODIVOSTI ROZTOKU

27