

DOKTORI ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

Tejsavó és szőlőmust feldolgozása komplex membrántechnikai eljárásokkal

Rektor Attila

Budapest

2009

A doktori iskola

Megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Tudományága: Élelmiszertudományok

Vezetője: Dr. Fodor Péter
egyetemi tanár, DSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar,
Alkalmazott Kémia Tanszék

Témavezető: Dr. Vatai Gyula
egyetemi tanár, CSc
BUDAPESTI CORVINUS EGYETEM, Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

A jelölt a Budapesti Corvinus Egyetem Doktori Szabályzatában előírt valamennyi feltételnek eleget tett, az értekezés műhelyvitájában elhangzott észrevételeket és javaslatokat az értekezés átdolgozásakor figyelembe vette, ezért az értekezés nyilvános vitára bocsátható.

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A munka előzményei, a kitűzött célok

Viszsgálataim két részre bonthatók a kiindulási anyag szerint. Első részben szőlőmust volt a Az egyre növekvő energiaárak és környezetvédelmi normák miatt mind nagyobb szerephez jutnak az élelmiszeriparban alkalmazott korszerű eljárások. Ilyen korszerű eljárás a membránszűrés, mely a tejiparban és üdítőiparban is alkalmazható. Ezek a korszerű membrántechnikai műveletek óriási lehetőségeket rejtenek az energia- és nyersanyag optimalizálás, a termékbiztonság javítása és az új, egészségesebb készítmények kialakítása terén.

Az éves savótermelést mintegy 80 millió tonnára becsülik, melyben 500 ezer tonna igen magas biológiai értékű fehérje van. A múltban a savót mellékterméknek tekintették vagy állati takarmányként használták fel. Mivel igen gazdag fehérjében, ásványi anyagokban és vitaminokban, újabb eljárásokat dolgoznak ki a savó emberi fogyasztásra történő alkalmassá tételére. Magas táplálkozási értékét csak századunkban ismerték fel, bár a 18-19. században a savóval történő gyógyítás mindennapos volt (HOFFMANN, 1961).

A membránszűrés előnyei és alkalmazási lehetőségei a tejsavónál:

Haszonnövekedés: A nyereség növelése oly módon, hogy a tejsavóból kinyert értékes összetevőket visszavezetjük a sajtgyártás vagy egyéb tejipari termékek előállítási folyamatába.

Termékbiztonság és minőség: Pasztörözést helyettesítő mikroszűrés a mikrobiológiai biztonság érdekében. A tejsavó állandó paramétereinek beállítása (zsírtalanítása).

Termék innováció: A termékek összetételének kedvező irányba történő megváltoztatása. Jobb és/vagy újabb termékek kialakítása, ahol az elsődleges szempontok a tejsavó legértékesebb összetevőinek a tejsavó fehérjének, a laktóz tartalomnak feldolgozása, a magas fokú minőség megtartása mellett.

Kísérleteimet a SAPORI D'ITALIA KFT. Töki Sajtüzemében gyártott mozzarella sajt melléktermékeként keletkező savóval végeztem. A sajtüzem a membránszűrés bevezetésével megoldást találna a nagy mennyiségben keletkező savó továbbhasznosítására.

A szőlőtermesztés, a must- és borkészítés már több ezer éve ismert Földünk kedvező éghajlati adottságokkal rendelkező területein. A mindennapi életünkben mind a bor, mind a must, élettani hatása miatt egyre nagyobb szerepet játszik. A jó bor alapanyaga csakis kiváló minőségű szőlő és must lehet, ezt felismerve a borászok a must megfelelő kezelésére törekszenek. Az időjárási viszonyok nagymértékben befolyásolják a szőlőtermés, és így a must és a bor mennyiségét és minőségét. Gyengébb, kedvezőtlen évszaktok esetén a mustokat feljavítják, cukortartalmukat növelik, a színhibákat kiküszöbölik. Kiváló évszaktokban a must cukortartalma magas, de gyenge évszaktokban ez több mustfokkal is alacsonyabb lehet az átlagosnál. Ilyenkor szükséges lehet a must cukortartalmának növelése.

A mustot azonban nemcsak a borászat hasznosítja, a szőlő leve kedvelt, kellemes ízű üdítőital és édesítőszer. Sajnos hosszabb ideig tartó tárolásra alkalmatlan, hiszen erjedése a környezeti paraméterektől függően néhány nap, de akár néhány óra alatt is beindul. A must eltarthatóságának meghosszabbítására számos eljárás ismeretes, legtöbbjük azonban kémiai tartósítószereket alkalmaz.

A mai fogyasztói igények és az egészséges táplálkozásra való törekvés megkívánják az értékesebb anyagokban gazdagabb, ízletesebb és kémiai adalékanyagoktól mentes élelmiszerek jelenlétét a piacon. Emiatt egyre inkább szükség mutatkozik új, kíméletesebb élelmiszeripari műveletek kifejlesztésére.

Must feldolgozási kísérleteimet kékfrankos, valamint furmint bor készítéséhez alkalmas mustokkal végeztem. Munkám célja egy olyan korszerű, komplex membránszűrési eljárások alapjainak a kidolgozása, amelyek a must kíméletes feldolgozására és tartósítására alkalmazhatók, továbbá a tejsavóból is értékes termékek állíthatók elő.

PhD munkám során a következő részciókat tűztem ki

- Az egyes membrántechnikai paraméterek vizsgálata (transzmembrán nyomás, recirkulációs térfogatáram, hőmérséklet) a savó és a must mikroszűrésére során.
- A pasztörözést kikerülve, mennyire lehet eredményes a magas mikrobaszámmal rendelkező savó és must csírátlanítása mikroszűréssel.

- Alkalmas-e a mikroszűrés a savó szeparálásának (zsírtalanításának) helyettesítésére, valamint a must tükrösítésére.
- A kezeletlen és mikroszűrt mustok összehasonlítása érzékszervi minősítés alkalmazásával.
- A savó ultraszűréssel való betöményítése során, milyen arányú a membrán savófehérje visszatartása.
- Milyen hatással van a savó zsírtartalma az ultraszűrésre.
- Alkalmas-e a nanoszűrés a savóban található laktóz tartalom betöményítésére. Az így kapott sűrítmény milyen mértékben tartalmaz sókat és ásványi anyagokat.
- Lehetővé teszi-e fordított ozmózis alkalmazása a savóban és szűrleteiben lévő komponensek nagyarányú betöményítését.
- Különböző töménységű modell tejsavó oldatok laktóz tartalmának enzimatisz hidrolízisének vizsgálata.
- A membrán-reaktor enzim visszatartásának vizsgálata.
- Folyamatos üzemű membrán-reaktor összeállítása a kísérleti eredmények alapján.
- A mikroszűrés során nyert mustminták elősűrítésének vizsgálata nanoszűréssel és fordított ozmózással.
- A minták besűrítésének vizsgálata membránesztillációval.
- A nanoszűrés és a fordított ozmózis modellezése a Rautenbach modell alapján.
- Integrált kisüzemi berendezés méretezése must besűrítésére.
- Milyen komplex eljárások építhetők fel, kísérleteim után kapott eredményeim és az irodalmi adatok egyeztetéséből.

2. Anyag és módszer

Kísérleti munkám kiinduló alapanyaga, a SAPORI D'ITALIA KFT. által gyártott mozzarella sajt savója, valamint furmint és kékfrankos, illetve szamorodni bor készítésére alkalmas mustok voltak. A membrán-bioreaktoros vizsgálatok során különböző laktóztartalmú (7, 20%) oldatokat készítettem tejsavó porból, amik az eredeti savót modellezték. Az enzimatikus hidrolízis során *kluyveromyces lactis* β -D-galaktozidáz enzimet alkalmaztam.

A tejsavó és a mustok mikroszűrését két fülüzemi modulon (egy kerámia és egy kapillárcsöves) végeztem, melyek pórusmérete 0,2 μm volt. Tejsavós vizsgálataimnál ultraszűrést is alkalmaztam, ahol egy 100 kDa-os fülüzemi modul szolgált alapul. Nanoszűrésű kísérleteim egyik részét a MILLIPORE cég által gyártott, YPROLAB 2 típusú laboratóriumi berendezésen végeztem. Ezzel a berendezéssel a tejsavó mikroszűrése és ultraszűrése során keletkezett szűrleteket, valamint az eredeti savót sűrítettem be. További nanoszűrésű illetve fordított ozmózis laboratóriumi méretű vizsgálataimat egy DDS MINILAB 20 gyártmányú készüléken végeztem, melyben egy Trisep XN-45 típusú nanoszűrő, illetve egy DOW HR 30-as fordított ozmózis membrán volt. A must mikroszűrése után a szűrlet egyik felét MFT-Köln nagynyomású, fülüzemi fordított ozmózis berendezésre vezettem, és ennek segítségével végeztem el a must besűrítését. A membrándesztillációs mérések során MD 020 CP 2N típusú, hidrofób membránt használtam, ami a Microdyn cég terméke. A membrán pórusmérete 0,2 μm , a hasznos szűrőfelülete 0,1 m^2 volt. A membrán-bioreaktoros kísérleteket egy laboratóriumi Amicon (Millipore) keverőcellával végeztem 4 bar nyomáson, nitrogéngáz segítségével. A permeátum előállításához egy 10 kDa-os Pall és egy 30 kDa-os Nadir lapmembránt használtam. Az enzimes bontás utáni ultraszűrésnél (membrán-bioreaktor) egy 5 kDa-os Nadir lapmembrán szolgált alapul.

A mikrobiológiai vizsgálatok során hagyományos szélesztéses módszert alkalmaztam, míg az érzékszervi összehasonlításoknál egy ISO minősítésű labor volt a segítségemre. További analitikai vizsgálatokat végeztem HPLC, refraktométer, illetve spektrofotométer készülékeken, valamint szabványos módszereket alkalmaztam a tejsavóban lévő fehérje- és zsírtartalom meghatározására.

3. Az eredmények

Értekezésemben szőlőmust és tejsavó kéméletes feldolgozásának megvalósítására alkalmas membránműveletek elemzésével, kísérleti vizsgálatával, modellezésével és tervezhetővé tételével foglalkoztam. A műveleteket és berendezéseket olyan új típusú folyamatokká kapcsoltam össze, amelyek az alapanyagok beltartalmi értékeinek megőrzése mellett jutnak el a végtermékig, egyes esetekben újrahasznosítva a végtermék előállításában keletkezett hulladékot.

Az új kéméletes és környezetbarát folyamatok gerincét az újszerű és rendkívül energiatakarékos membránműveletek és berendezések képezik:

- mikroszűrés, ultraszűrés, nanoszűrés és fordított ozmózis,
- és membránesztilláció.

A mikrobiológiai kísérletek során bebizonyosodott, hogy a mikroszűrés alkalmas a tejsavóban és a szőlőmustban lévő mikroorganizmusok eltávolítására. A kiindulási anyagokban lévő nagyon magas kezdeti mikrobaszám ellenére a mikroorganizmusok nem jutottak át a permeátumba. A kísérleteim során alkalmazott mikroszűrés legfontosabb célja a kéméletes csírátlanítás, zsírtalanítás volt és nem elhanyagolandó az eljárás során megtakarított energiaköltség sem.

Az ultraszűrés során magas fehérjekoncentrációt lehet elérni a sajtsavónál. A szűrés eredményességét befolyásolja a savó zsírtartalma, ezért az üzemekben célszerű szeparált anyagot szűrni és ezzel elkerülhetők a membránmodulok gyors eltömődése. A fehérjékben gazdag retentátumot további műveletekkel (diaszűrés, bepárlás, szárítás) tovább lehet töményíteni és így értékes savófehérje port kaphatunk, ami gyógyszerek, táplálék kiegészítők és különböző értékes, egészséges élelmiszerek alapanyagaként szolgálhat.

Kísérleteim igazolták, hogy a tejsavó nanoszűrése magas fehérje és laktóztartalmú sűrítmények előállítására alkalmas. A szőlőmust viszonylag magas szűrletfluxus és végkoncentráció mellett eredményesen besűríthető nanoszűréssel, melynek sűrítménylemembránesztillációval tovább töményíthető olyan állapotba, amely végtermék magas

cukortartalma miatt a szokványos tartósítási műveletek nélkül, kis helyen eltartható. Fordított ozmózis alkalmazásával kisebb arányú és lassúbb elősűrítést lehet elérni, de mivel visszatartása a nanoszűrésnél is magasabb, ezért jobb minőségű végterméket kaphatunk a membrándsztillációs sűrítések után.

A tejsavó mikroszűrése után alkalmazott membránreaktor sikeresen alkalmazható a tejsavó laktózmentesítésére. A reaktor folyamatos üzemű, így elkerülhetők a leállásoknál szükséges takarítási és fertőtlenítési műveletek, valamint az enzim veszteség, mellyel időt és pénzt takaríthatunk meg.

A kísérleti eredmények felhasználásával olyan korszerű, komplex membránszűrési eljárások alapjait dolgoztam ki, amelyek a must kémleletes feldolgozására és tartósítására alkalmazhatók, továbbá a tejsavóból, mint melléktermékből értékes végtermékek állíthatók elő.

3.1 Új tudományos eredmények

1. Félüzemi kerámia és félüzemi kapillárcsöves mikroszűrő berendezésekkel mozzarella sajt savóját és különböző mustokat szűrtem. A szűrések elsődleges célja a tejsavó zsírtartalmának szeparálása, valamint a mustok lebegőanyag tartalmának eltávolítása (előkezelés) volt. A szűrések másodlagos célja a tejsavó csíráltalanítása és a must érzékszervi paramétereinek javítása volt. A kísérletek eredményei alapján megállapítottam:

- A 0,2 µm pórusméretű mikroszűrő a tejsavóban lévő zsírok 98,7 %-át, a mikroorganizmusoknak pedig a 100 %-át visszatartotta, így a művelet sikeresen alkalmazható a tejsavó zsírtalanítására és csíráltalanítására.
- A 0,2 µm pórusméretű Microdyn kapillárcsöves modul az érzékszervi eredmények alapján több szempontból ajánlott eljárás a besűrítések első lépéseként. A kapillárcsöves modullal szűrte must külső megjelenésére 73,6 pontot kapott a 100-ból, míg a kezeletlen változat 64-et, ami a tükrösítés sikerességét igazolja. Íz preferencia alapján a bírálók 75,75 ponttal a kapillárcsöves modul szűrletét sorolták az első helyre és a kezeletlen musttal való összehasonlításnál az íz és illat intenzitásokban is csekély különbség adódott. Több vizsgált paraméter alapján

megállapítható, hogy a 0,2 μm pórusméretű Microdyn kerámia modul nem alkalmas a mustok előkezelésére.

2. A membrándsztillációs vizsgálatok során 0,2 μm pórusméretű, MD 020 CP 2N típusú hidrofób membránt használtam modell oldat (víz - cukros víz) és különböző mustok besűrítésére. A kísérletek során megállapítottam, hogy a nanoszűréssel és a fordított ozmózissal ellentétben a besűrítés sebessége állandó és kevésbé függ a besűrítendő anyag összetételétől, mivel a desztillált víz és a 20ref%-os cukros víz esetében is azonos, 2,4 $\text{kg}/(\text{m}^2\text{h})$ volt a fluxus 30°C-os hőmérséklet-különbség mellett. A kékfrankos és furmint mustok besűrítésénél azonos paraméterek mellett (kiindulási mennyiség és ref%, ΔT), 64 ref%-os sűrítményeket kaptam, megegyező idő alatt.

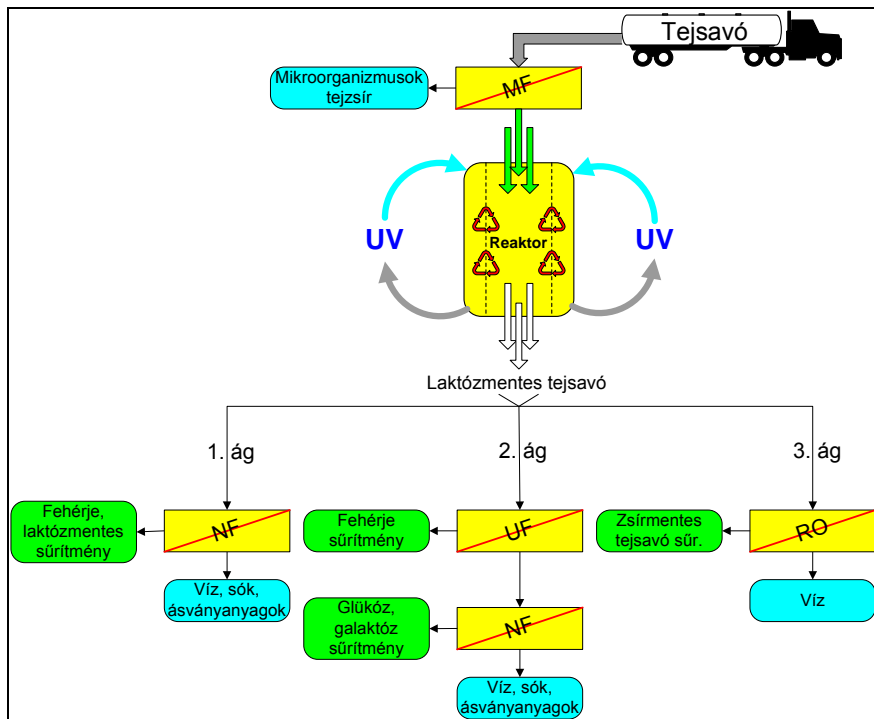
3. Membrán reaktor kísérleteim során igazoltam, hogy az 5 kDa-os Nadir membrán 100% -ban visszatartja a β -galaktozidáz enzimeket (ellentétben az 5 és 10 kDa-os Pall membránokkal), mivel a membrán reaktor szűrletében enzimaktivitást nem lehetett mérni. HPLC vizsgálatokkal igazoltam, hogy a membrán bioreaktorban a 7% szárazanyag tartalmú tejsavó 50 g/L enzim, valamint a 20% szárazanyag tartalmú tejsavó 120 g/L enzim melletti hidrolízise sikeresen kivitelezhető a β -galaktozidáz enzim 100%-os visszatartása mellett.

4. Komplex eljárást dolgoztam ki a tejsavó, mint tejipari melléktermék feldolgozására (1. ábra). Az eljárást, melynek lényege a membrántechnikai műveletek kombinációja, a következő eredményeim alapján dolgoztam ki. Kezdeti lépésként a tejsavót 0,2 μm pórusméretű kapillárcsöves félüzemi berendezéssel csíráatlanítottam és a zsírok 98,7%-át szeparáltam. Ezzel a művelettel két hagyományos eljárást egyesítettem. Ezután membrán-bioreaktorban laktózmentesítettem a tejsavót, majd az ultraszűrést, a nanoszűrést és a fordított ozmózist alkalmazva három párhuzamos ágat képeztem a tejsavó hasznos végtermékekké alakítása céljából:

- A mikroszűrés utáni szűrletet ultraszűréssel, majd nanoszűréssel betöményítve, két végterméket kapunk. Az ultraszűrés során a 100 kDa vágási értékű membrán a fehérjék 75%-át tartotta vissza, ami a kisebb molekulaméretű savófehérjékké magyarázható. Az UF-permeátumot nanoszűrve pedig magas laktóztartalmú

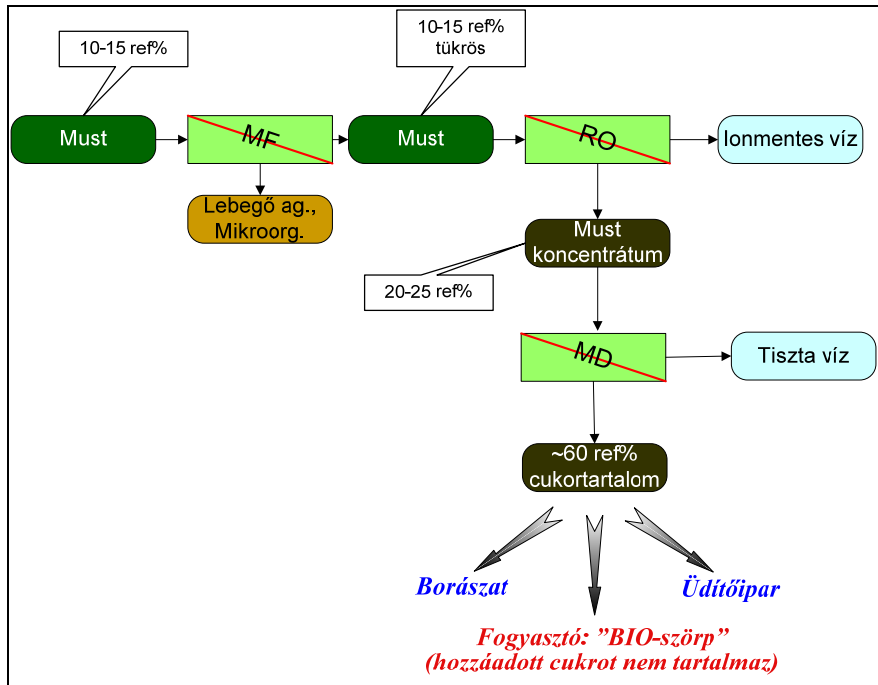
koncentrátum keletkezik. Az így kapott elegyekből port készítve értékes anyagok nyerhetők a gyógyszeripar és a táplálék-kiegészítő termékeket gyártók számára.

- A mikroszűrő savó nanoszűrésénél a 400 Da vágási értékű, R75A Millipore membránnal, 4-szeres sűrítési arány mellett a 92%-os laktóz visszatartást értem el. A tejsavóban lévő laktóz tartalmat 21%-ig növeltem. Nanoszűrést alkalmazva a savóban lévő fehérjék és laktóz betöményíthetők. Az így kapott sűrítmény tovább hasznosítható a fagylaltgyártás egyik alapanyagaként.
- Az RO kísérletek során megállapítottam, hogy a zsírmentes szűrletnél 16%-os, a fehérje- és zsírmentes szűrletnél 57%-os, míg a nanoszűrés permeátumánál 84%-os fluxus növekedés várható a besűrítés során a kiindulási savóhoz viszonyítva. Így igazoltam, hogy fordított ozmózis során a zsírtartalomnak kisebb szerepe van a szűrletfluxus csökkenésében, mint a fehérje- és laktóz tartalomnak. A zsírgolyócskák -melyek mérete mikrométeres nagyságrendű-, kevésbé szólnak bele az ozmotikus viszonyokba. További kísérleteim igazolták, hogy a fordított ozmózis alkalmas a savó összes értékes komponensének eredményes besűrítésére, mivel a vezetőképesség csökkenés még kétszeres besűrítés esetén is 93% volt az MF-szűrlet RO permeátumánál. Ez a komplex membránszűrés alkalmazás ideális lehet a kisüzemek számára, mivel a sűrítmény visszavezethető a sajtgyártás folyamatába, ezzel növelve a sajtkihozatalt.



1. ábra. Új, komplex membránseparációs eljárások a tejsavó felhasználására

5. Komplex eljárást dolgoztam ki a mustok besűritésére (2. ábra). Az eljárást, melynek lényege a fokozatos besűrités, a következő eredményeim alapján dolgoztam ki. Első lépésként a rossz évjáratú mustot 0,2 μm pórusméretű kapillárcsöves mikroszűrővel csírátlanítottam és tükrösítettem, majd a szűrletet MFT-Köln CD-1 fűüzemi fordított ozmózis berendezésen 22,5 re% értékig koncentráltam. Ezután a kiindulási anyagot membrán-desztillációval, amelynél egy 0,2 μm pórusméretű hidrofób típusú membránt használtam, 64 re%-ra végsűrittem, így olyan végterméket kaptam, amely borászati, üdítőipari, valamint fogyasztói felhasználásra egyaránt alkalmas.



2. ábra. Új, komplex membránseparációs eljárások mustok besűrítésére

4. Következtetések és javaslatok

4.1. Következtetések

Kutatásaim során komplex eljárást dolgoztam ki a sajtgyártás során keletkező savó feldolgozására és laktózmentesítésére.

- A 0,2 μm pórusméretű mikroszűrő alkalmas a savóban lévő zsír hatékony szétválasztására, valamint eredményesen használható a tejsavó csírátlanítására.
- A 100 kDa vágási értékű membrán a savóban lévő fehérjetartalom 75%-át képes visszatartani. Magasabb visszatartás esetén alacsonyabb vágási értékű membránt kell alkalmazni.
- A nanoszűrés még négyszeres besűrítés esetén is képes volt a tejsavó 91%-át visszatartani, így az eredményekből következik, hogy a tejsavóban lévő laktóz visszatartására a 400 Da-hoz közeli vágási értékű membrán az ideális választás.
- A β -galaktozidáz enzim visszatartása nem csak a vágási értéktől függ, hanem meghatározó a membrán típusa is. Jó membránválasztással, a β -galaktozidáz enzim 100%-osan visszatartható, így a membrán-bioreaktor gazdaságosan üzemeltethető.

Kutatásaim során komplex eljárást dolgoztam ki a szőlőmust besűrítésére.

- A 0,2 μm pórusméretű mikroszűrő alkalmas a must csírátlanítására és sikeresen alkalmazható előkezelésként tükrösítésre.
- Fordított ozmózzissal sikerült 20 ref^o fölötti sűrítményt elérni, ami alkalmas az alacsony cukortartalmú (gyenge évjárat) mustok feljavítására. Ilyen sűrítmény már a minőségi bor készítésére alkalmas mustok kategóriájába tartozik.
- Membrándesztillációval a mustot tovább lehet töményíteni a 60 ref^o cukorkoncentráció fölé. A besűrítés gyorsaságát nagyban meghatározza a

membrán két oldal oldala között lévő hőmérséklet különbség, mely folyamat a helyes hőmérséklet választással optimalizálható.

4.2. Javaslatok

- A tejsavó komplex membrántechnikai feldolgozása során további félüzemi és üzemi kísérletek és azok számításai szükségesek a különböző lépések optimalizálására és összehangolására.
- A tejsavó laktózmentesítése membrán-bioreaktor segítségével csak egy laboratóriumi vizsgálat eredménye, ami a membrántechnikai megoldások sikerességére mutat rá. További kísérletek szükségesek a módszer folyamatos és ipari méretű megvalósításához.
- A szőlőmust komplex membrántechnikai feldolgozása során további félüzemi és üzemi kísérletek és azok számításai szükségesek a különböző lépések optimalizálására és összehangolására.

5. A szerzőnek az értekezés témaköréhez kapcsolódó publikációi

Impakt faktoros cikkek

A. Rektor, Á. Kozák, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Pilot plant RO-filtration of grape juice, Separation and purification technology, 57 (2007) 473-475

Á. Kozák, **A. Rektor**, Gy. Vatai: Integrated large-scale membrane process for producing concentrated fruit juices, Desalination, 200 (2006) 540-542

A. Rektor, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Multi-step membrane processes for the concentration of grape juice, Desalination, 191 (2006) 446-453

A. Rektor, N. Pap, Z. Kókai, R. Szabó, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Application of membrane filtration methods for must processing and preservation, Desalination, 162 (2004) 271-277

A. Rektor, Gy. Vatai: Membrane filtration of Mozzarella whey, Desalination, 162 (2004) 279-286

Lektorált cikkek

Rektor A.: Tejsavó laktózmentesítése membrános eljárás és enzimes hidrolízis kombinációjával, Membrántechnika, Budapest, 2005. március, p. 2-8

Rektor A.: EUROMEMBRANE 2004, konferencia beszámoló, Membrántechnika, Budapest, 2004, p. 71-73

Rektor Attila, Koroknai Balázs, Bélafiné Bakó Katalin: Gyümölcslevek koncentrációja membrános műveletekkel, Membrántechnika, Budapest, 2004, p. 8-15

Rektor A.: XX. EMS Nyári Egyetem, konferencia beszámoló, Membrántechnika, Budapest, 2003, p. 53-56

Konferencia kiadványokban megjelent teljes terjedelmű közlemények

A. Rektor, Á. Kozák: Enrichment of the sugar content in the grape juice by osmotic distillation. VI. International Food Science Conference, 20-21. May 2004., Szeged, Hungary, Agrártudományi Szekció 11., ISBN 963 482 677 6

A. Rektor, I. Burján: Membrane distillation application for concentration of must. VI. International Food Science Conference, 20-21. May 2004., Szeged, Hungary, Agrártudományi Szekció 10., ISBN 963 482 677 6

A. Rektor, S. Novalin, Gy. Vatai: New membrane reactor technology for enzymatic hydrolysis of lactose in whey. CEFood Second Central European Congress on Food, 2004, Budapest, Hungary, CD-ROM Diamond Congress Ltd. P-T-19

A. Rektor, N. Pap, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Application of membrane filtration methods for must processing and preservation, PERMEA 2003, International membrane science and technology conference, Slovakia, P3.6, ISBN 80-227-1922-6

A. Rektor, Gy. Vatai: Membrane filtration of Mozzarella whey, PERMEA 2003, International membrane science and technology conference, Slovakia, P3.7, ISBN 80-227-1922-6

Rektor A., Burján I.: Komplex membránszűrési eljárás alkalmazása mustok tartósítására (2. lépés: Elősűrítés), Műszaki Kémiai Napok '04, Veszprém, 2004, p. 133-137

Rektor A., Pap N., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Komplex membránszűrési eljárás alkalmazása mustok tartósítására (1. lépés: Mikroszűrés), Műszaki Kémiai Napok '03, Veszprém, 2003, p. 67-72

Rektor A.: Mozzarella sajt tejsavójának membránszűrése, MÉTE – XIX. TDK, Szeged, 2002., p.

Konferencia előadások összefoglalóval

Á. Kozák, **A. Rektor**, Gy. Vatai: Integrated large-scale membrane process for producing concentrated fruit juices, Desalination, 200 (2006) 540-542

A. Rektor, Á. Kozák, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Pilot plant RO-filtration of grape juice, PERMEA 2005, International membrane science and technology conference, Poland, p. 27, ISBN 83-7085-888-0

A. Rektor, Gy. Vatai, E. Bekassy-Molnar: Multi-step membrane processes for the concentration of grape juice. ICOM 2005 Congress, August 21-26. 2005., Seoul, Korea, p. 223 SW-167

A. Rektor, Gy. Vatai, E. Bekassy-Molnar: Grape juice concentration by recent membrane processes. EUROMEMBRANE 2004 Congress, 28.September-1.October 2004., Hamburg, Germany

A. Rektor, N. Pap, Gy. Vatai, E. Békássy-Molnár: Must concentration analysis and modelling of membrane filtration, XX. EMS Summer School and Conference, Norway-Trondheim, 2003, p. 67

Kozák Á., **Rektor A.**: Komplex membránszűrési eljárás alkalmazása mustok tartósítására (3. lépés: Végsűrités), Műszaki Kémiai Napok '05, Veszprém, 2005, pp: 113-114

Kozák Á., **Rektor A.**: Szőlőmust cukortartalmának növelése fordított ozmózis és ozmotikus desztilláció alkalmazásával, poszter, „Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2005, p. 264-265

Vatai Gy., Kiss I., **Rektor A.**, Békássyné Molnár E.: Must sűrítmeny előállítása integrált membrán rendszerrel, XII. Membrántechnikai Konferencia, Budapest, 2004, p. 25

Rektor A., Vatai Gy.: Membránszeparációs műveletek alkalmazása tejsavó újrahasznosítására, előadás, „Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003., p. 234-235

Rektor A., Pap N., Vatai Gy., Békássyné Molnár E.: Must tartósítása membránszűréssel, „Lippay-Ormos-Vas” Tudományos Ülésszak, Budapest, 2003., p. 236-237

Rektor A., Vatai Gy.: Mozzarella sajt savójának feldolgozási lehetőségei különböző membránszűrési műveletek összekapcsolásával, Műszaki Kémiai Napok '03, Veszprém, 2003, p. 90

Rektor A.: Mozzarella sajt savójának membránszűrése (A savó hasznosításának lehetőségei), XXVI. OTDK, Agrártudományi Szekció, Kaposvár, 2003., p. 162-163

Rektor A., Pap N.: Must feldolgozása és tartósítása komplex membránszűrési eljárással, XXVI. OTDK, Agrártudományi Szekció, Kaposvár, 2003., p. 151-152