

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI



BIOTECHNOLÓGIA

XII. évfolyam 2. szám

2021. május

TARTALOM

oldal

Czinkóczy R., Németh Á.: Rebaudiozid A előállítása <i>Bacillus licheniformis</i> DSM13 eredetű ciklodextrin-glikoziltranszferázzal.....	14
Németh Á.: Upstream és downstream folyamatok műszaki-gazdasági értékelése tejsav fermentációk in silico folyamat modellezésével.....	18
Lajtai-Szabó P.: Membrán gradosztat reaktorok.....	21
Műszaki Kémiai Nap.....	26
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	27

Rebaudiozid A előállítása *Bacillus licheniformis* DSM13 eredetű ciklodextrin-glikoziltranszferázzal

Czinkóczy Réka, Németh Áron*

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és
Élelmiszertudományi Tanszék
naron@f-labor.mkt.bme.hu

A *Stevia rebaudiana* (Bertoni), azaz magyar nevén jázminpakóca, egy dél-amerikából származó évelő édes ízű gyógynövény. Évszázadokkal ezelőtt a guarani indiánok már *S. rebaudiana*-val édesítették a teájukat. Viszont a növényben levő édesítő ízért felelős szteviol-glikozidokat csak 1931-ben fedezték fel. A levélben található édesítő komponensek akár 300-szor édesebbek lehetnek a szacharóznál. Kutatók ma már több mint 10-féle szteviol-glikozidot azonosítottak. A növény levelében a legnagyobb mennyiségben a keserű utóízzel rendelkező szteviozid található, őt követi a sokkal édesebb, kellemetlen utóíz nélküli rebaudiozid A (reb A). Ma már a *Stevia rebaudiana*-t, nemcsak édesítőszerként használják, hanem vérnyomás-, és koleszterincsökkentőként is alkalmazható, valamint terápiás alkalmazása is ismert. Számos kutatás irányult már a különböző szteviol-glikozidok egymásba alakítására különböző enzimes (ciklodextrin-glikoziltranszferáz, α -, és β -glikozidáz) rendszerek segítségével [1].

A ciklodextrin-glikoziltranszferáz (CGTáz) enzimet a ciklodextrinek szintézise mellett különböző glikozidok glikozilálásában (szteviozid, narangin, neohesperidin) használják, a tulajdonságaik (oldhatóság, íz, stabilitás) javítása végett. A ciklodextrinek szintézisén (ciklizáció) kívül még kapcsolási, diszproporciós és hidrolitikus reakciókban is részt vehet [2]. Kutatásunk során *Bacillus licheniformis* NCAIM B.01470 (DSM 13) baktériumtörzset alkalmaztunk, amely a Mezőgazdasági és Ipari Mikroorganizmusok Nemzeti Gyűjteményéből származott. Célunk a fermentált CGTáz kipróbálása szteviozid rebaudiozid A-vá történő enzimes biokonverziója során, illetve ennek intenzifikálása statisztikai kísérletterv alkalmazásával.

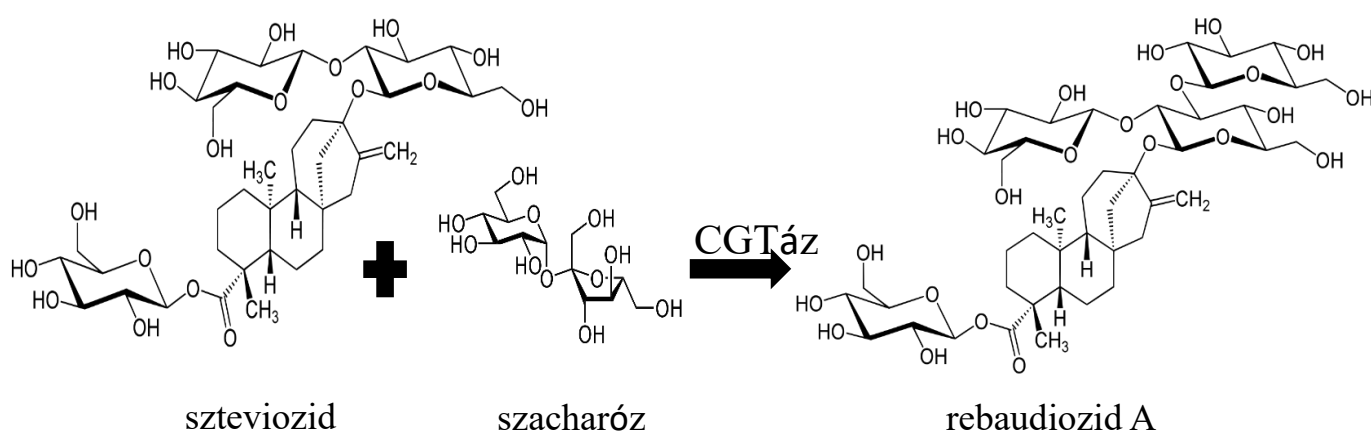
Az enzim fermentációs előállításához Horikoshi II tápközeget alkalmaztunk, ami egy CGTáz enzim előállításához fejlesztett komplex tápközeg [3]. A 3-lépcsős fermentáció során az első 2 lépcső csupán oltóanyag termelésére szolgált az 1 L-es termelő reaktorhoz. Az első lépcső egy Biosan RTS-1C bioreaktorban történt. Ez egy 50 mL-es Falcon cső, amelyet a készülék termosztál (37°C) és adott időközönként turbiditást mér. A tető egy speciális membránnal ellátott kupak, amely az aerobitást biztosítja. A 2. lépték egy 200 mL hasznos térfogatú, a 3. lépték pedig egy 1 L-es asztali bioreaktor volt (B. Braun Biostat Q). A

fermentációkat optikai denzitás és β -CGTáz aktivitás mérésekkel követtem nyomon. A centrifugált fermentlé felúszót, mint egy nyers enzimdátot használtam fel a biokonverziók során.

A biokonverziók vizsgálatára egy lapon centrál centrál kompozit kísérleti tervet készítettünk, a vizsgált faktorkok és szintjeiket az 1. táblázat tartalmazza. A reakcióhoz (1. ábra) glikozil donorként szacharózt választottunk korábbi kutatási eredményeink alapján [4]. A reakciók 16 órán át tartottak, a kezdeti-, és végmintából folyadékkromatográfiával történt a szteviozid és rebaudiozid A koncentrációjának meghatározása. 2-féle eredetű növényi extraktummal dolgoztunk. Az egyik szabadföldön termesztett és szárított, a másik pedig a laboratóriumunkban levő növénynevelő kamrában növesztett és liofilizálással feldolgozott volt. Nagynyomású forróvizes extrakcióval izoláltuk a növények szteviol-glikozid tartalmát, majd préseléssel a szilárd anyagoktól mentesítettük, így már felhasználható volt a vizsgálatok során [5].

1. táblázat – A vizsgált faktorkok és beállítáaik

Faktor			
Szint	pH	Hőmérséklet	Szacharóz [g/L]
+1	3	15	5
0	6	30	15
-1	9	45	25



1. ábra – Rebaudiozid A keletkezése szteviozidból

A biokonverziók tekintetében fontos megemlíteni, hogy nem csak a szteviozidból keletkezhet rebaudiozid A, hiszen az enzim 4-féle reakciót is képes katalizálni, így az

eredményeink során egy úgy nevezett eredő eredményt mutatunk be, mivel a reakcióban ezt a 2 terpenoidot tudtuk mérni.

A fermentációk során az első és második lépték a következő szakasz oltóanyagaként szolgált. A 2. szakasz végén a sejtek olyan állapotban voltak, hogy a 3. termelő léptékben LAG fázis nélkül növekedtek. Az 1 L-es termelő fermentáció során a végső enzimaktivitás $2,58 \pm 0,37$ U/mL fermentlé lett.

A biokonverziós főbb eredmények a 2. táblázatban láthatóak. Mind a 2 növényi eredet hasonló kiindulási reb A tartalommal rendelkezett. A maximális biokonverziót mind a 2 esetben a vizsgált faktorok alacsony szintjein ($\text{pH}=3$, $T=15^\circ\text{C}$, 5 g/L szacharóz) érték el. Ebben az esetben a szteviozid konverziója $83 \pm 5\%$ volt.

2. táblázat – Enzimes biokonverziók összefoglalása

	Frissen liofilizált növény	Szárított tárolt növény
kiindulási reb A [g/L]	1,47	1,25
max reb A [g/L]	7,22	6,40
átlagos reb A [g/L]	2,59	2,57

Összegzésképpen a növényi extraktumokban sikerült a rebaudiozid A koncentrációját átlagosan 1.7-szeresére növelni. A maximális reb A tekintetében mindkét növényeredet esetén körülbelül 5-szörös növekedést tapasztaltunk, így elmondható, hogy a *B. licheniformis* DSM13-as törzs CGTáz enzime sikeresen alkalmazható a szteviol-glikozidok enzimes biokonverziója során.

Köszönetnyilvánítás:

A kutatási munka a Richter Gedeon Nyrt. Által létrehozott Richter Gedeon Talentum Alapítvány támogatásával, Richter Gedeon PhD ösztöndíj keretében készült.

A jelen publikációban megjelenő kutatások az ITM NKFIÁ által nyújtott TKP2020 NKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-NKA).

Hivatkozások

- [1] C. M. Galanakis, Ed., *Steviol Glycosydes*. Academic Press, 2020.
ISBN:9780128200605
- [2] R. Czinkóczy and Á. Németh, “Production of the Enzyme Cyclodextrin Glycosyltransferase Using Different Fermentation Techniques,” *Hungarian J. Ind. Chem.*, vol. 47, no. 2, Dec. 2019, doi: 10.33927/hjic-2019-14.
- [3] C. S. Park, K. H. Park, and S. H. Kim, “A rapid screening method for alkaline β -cyclodextrin glucanotransferase using phenolphthalein-methyl orange-containing solid medium,” *Agric. Biol. Chem.*, vol. 53, no. 4, pp. 1167–1169, 1989, doi: 10.1080/00021369.1989.10869443.
- [4] R. Czinkóczy and Á. Németh, “Investigations into Enzymatic Bioconversion to Form Rebaudioside A from Stevioside,” *Period. Polytech. Chem. Eng.*, vol. 62, no. 4, pp. 396–402, 2018, doi: <https://doi.org/10.3311/PPch.12673>.
- [5] Németh Á. and S. Z. Jánosi, “Extraction of steviol glycosides from dried stevia rebaudiana by pressurized hot water extraction,” *Acta Aliment.*, vol. 48, no. 2, pp. 241–252, 2019, doi: 10.1556/066.2019.48.2.12.

Upstream és downstream folyamatok műszaki-gazdasági értékelése tejsav fermentációk in silico folyamat modellezésével

Németh Áron

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Alkalmazott Biotechnológia és
Élelmiszertudományi Tanszék
naron@f-labor.mkt.bme.hu

Az elmúlt évtizedben több alkalommal bemutattam a Fermentációs Félüzemi Kutatócsoportban zajló tejsav fermentációs kutatásokat, amelyeket továbbra is a növekvő tejsav és politejsav (PLA) igény motivál [1].

Korábbi kísérleteink során számos (főleg mezőgazdasági) alapanyaggal végeztünk már tejsav fermentációt, ám az egyik leggyakrabban használt fermentációs alapanyagnak a melasznak ilyen felhasználásával még keveset foglalkoztunk. Három éve A 18th European Congress on Biotechnology-n mutattuk be azon poszterünket, amelyen egy létező magyar cég üzemébe adaptáltunk tejsav fermentációs technológiát, illetve amelynek technológia-szimulációját is elvégeztük. Eredményül akkor azt kaptuk, hogy termelékenység szempontjából nincs jelentős különbség a használt *Lactobacillus* és *Bacillus* fajok között, valamint a gazdaságosság közelítéséhez kb. 4 termelő 15m³-es reaktort kell működtetniük, és a feldolgozási opciók közül a szűrés volt gazdaságosabb a centrifugálással szemben [2].

Két éve pedig megjelent azon közleményünk [3], amelyben a tejsav feldolgozást vizsgáltuk, és a legkevesebb művelet alkalmazásával igyekeztünk piac képes terméket előállítani. Ezt végül a fermentlé sejtmentesítését követően a Ca-laktát alkoholos kicsapásával értük el, de a közleményben előre vetítettük, hogy érdemes lenne megvizsgálni technológia szimuláció segítségével, hogy az olcsóbb melasz szénforráson összetettebb feldolgozást használó eljárás, vagy a költségesebb ám tiszta szacharózt és egyszerűbb feldolgozást használó eljárás költséghatékonyabb-e? A melasz alapon végzett tejsav fermentációt követően a tejsav kinyerése ugyanis maximum 47% volt, míg a szacharóz alapú fermentációt követően 86%-át sikerült kinyerni a teljes Ca-laktát mennyiségének (tiszta Ca-laktát oldatból a kicsapás pedig közel teljes volt). Mindezek alapján feltételeztük, hogy a melaszban valamilyen komponens akadályozza a Ca-laktát nagy mértékű kiválását, ezért aktív szénnel kezeltük a melaszos tejsav fermentlevet, majd az alkoholos kicsapással 64%-ot sikerült kinyerni.

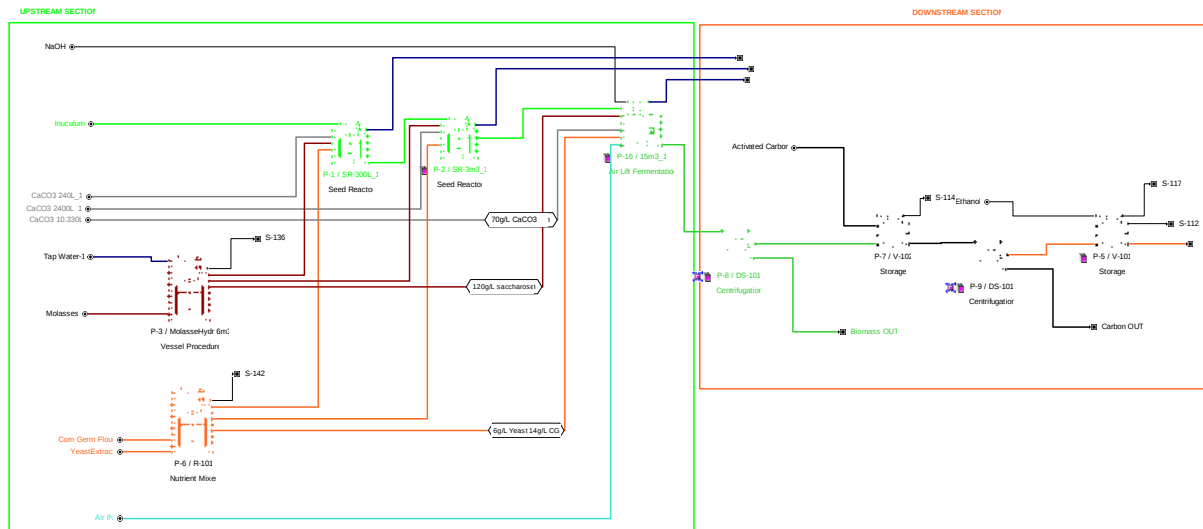
Jelen munkánkban tehát célul tűztük ki 3 eset műszaki-gazdasági összehasonlítását:

Scenario I.: szacharóz szénforráson és 86% kicsapási hatékonysággal

Scenario II.: melasz szénforráson és 47% kicsapási hatékonysággal

Scenario III.: melasz szénforráson, aktív szenes kezelést követően 64%-os kicsapási hatékonysággal.

A technológia szimulációt SuperPro Designer (v.9.5 Academic Site Licence) végeztem, a Scenario III. folyamatábráját az 1. ábra mutatja.



1. ábra: A Scenario III. folyamatábrája

A fermentációk előkészítéséhez külön szén-forrás kezelő reaktor és külön tápközeg bekeverő reaktor került szimulálásra, mivel az alkalmazott *Lactobacillus*-ok a szacharózt nem képesek hasznosítani, ezért mind 3 vizsgált esetben a sterilizést megelőzően a pH-t 2-re kellett csökkenteni. Az oltási lépcsők a következők voltak: 300L-es fermentorral 2db 6m³-es, majd azokkal 4db 15m³-es fermentor kerül beoltásra. Bár a centrifuga költségesebb, jelenleg csak ez érhető el az üzemben, így ezzel szimuláltam a sejtek és a csapadék elválasztását is. A Scenario III.-ban a 2 centrifugálás között aktív szenes kezelés került szimulálásra. A sejtmentes felülúszó kicsapási hatékonyságát a 3 eset között a fent megadott módon változtattam, csakúgy, mint a szénforrást (a szacharóz kb. 6,5x drágább volt a melasznál).

A szimuláció eredményeként azt kaptam, hogy a melasz alapú előállítás esetén a termék önköltségi ára kb. kétszerese a szacharóz alapú esetnek (7,45\$/kg vs. 14,34\$/kg), azaz a nagy mértékű veszteséget a kicsapás során nem tudta az olcsóbb alapanyag ellensúlyozni. Mivel így több termék maradt a szennyvízkezelésre küldött felülúszóban, a működési költség emelkedése és a csökkent hasznos termék mennyisége együtt okozták a jelentős különbséget. A melasz alapú előállításon az aktív szenes kezelés is alig tudott javítani, és 12,73\$/kg önköltségi árat eredményezett. Míg a szacharóz esetén az up/downstream szekciók költség megoszlása kiegyensúlyozott volt (41,4 vs 58,6%), a melasz alapú esetekben a költségek kétharmada a feldolgozás során keletkezett (36/64%).

Bár a szimulációval kapott árak minden esetben a jelenlegi piaci ár fölöttinek adódtak, az arányok jól tükrözik, hogy a melasz okozta feldolgozási és termékkinyerési nehézségek nagyobb költséget okoztak, mint amennyit a melasz árán nyerni lehet, így nem tűnik célszerűnek a melasz alapon tejsavat fermentálni. Mivel az üzemméret növelésével a termékárban az alapanyagköltsége egyre nagyobb hányadot szokott kitenni, így elképzelhető, hogy sokkal nagyobb üzemméret esetén érdemes lehet újra végezni a szimulációkat, de a jelenlegi 600-800 t/éves termékkapacitásnál nagyságrendekkel nagyobb üzem realitása Magyarországon csekély, mivel az ahhoz szükséges melasz mennyiség a cukorgyárak bezárása miatt nem elérhető.

Köszönetnyilvánítás:

„A jelen publikációban megjelenő kutatások az ITM NKFIA által nyújtott TKP2020 NKA támogatásból, az NKFIH által kibocsátott támogatói okirat alapján valósultak meg (projekt azonosító: TKP2020 BME-NKA).”

Hivatkozások

- [1] <https://www.grandviewresearch.com/industry-analysis/polylactic-acid-pla-market>
- [2] Á., Németh: Experimental and in silico development of molass based lactic acid fermentation technology, In: Mike, Taussig (szerk.), *New Biotechnology*: 18th European Congress on Biotechnology, Elsevier, (2018) pp. 157-157. Paper: P33-5,1 p.
- [3] Vidra, A., Németh, A., Salgo, A.: Factors Affecting Precipitation of Calcium Lactate from Fermentation Broths and from Aqueous Solution, *Period. Polytech. Chem. Eng.* 63: 4 pp. 533-540., 8 p. (2019)

Membrán gradosztat reaktorok

Lajtai-Szabó Piroska

Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató
Csoport, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.
tpiroska94@gmail.com

Membrán bioreaktorok

A membrán bioreaktorok olyan rendszerek, melyek a biológiai, biokémiai reakciók színteréül szolgáló reaktorokat valamilyen membrános eljárással ötvözik. Az integrált rendszer kialakításának számos célja / előnye lehet [1]:

- a termék szeparációja lehetővé teszi a folyamatos üzemmód megvalósítását,
- a termék folyamatos elvétele csökkenti annak esetleges inhibíciós hatását (pl. etanolfermentáció),
- többfázisú reakcióelegyben, eltérő oldhatóságú vegyületek esetén a membrán egyrészt gátolja a nem kívánt keveredést, másrészt érintkezési felületként szolgál a reakcióhoz,
- rögzített biokatalizátor esetén a membrán hordozóként funkcionálhat.

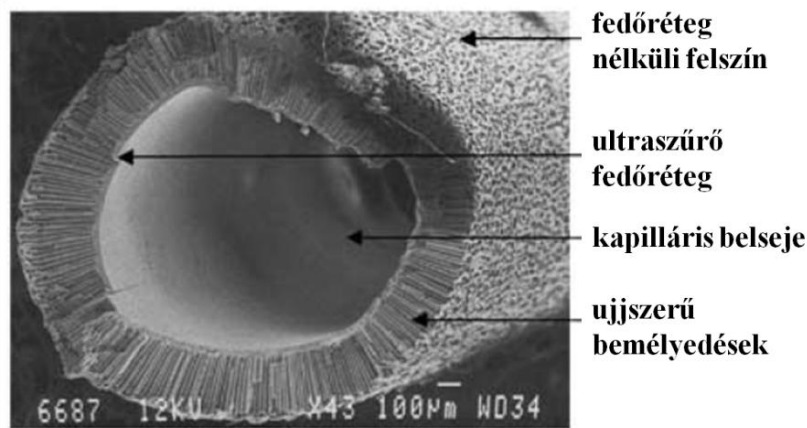
Bár a felhasználási lehetőségük igen sokrétű, a membrán bioreaktor kifejezést / fogalmat gyakran azonosítják a szennyvíztisztításban használt típussal, mely lényegében a hagyományos eleveniszapos eljárás egyik típusának tekinthető. A levegőztetett medencébe merülő - vagy ahhoz kapcsolt - membrán feladata a lebegőanyag visszatartása, a biomasszában a vizes fázistól történő szeparációja, használatával tehát kiváltható az utóülepítő, valamint az iszapkor és a hidraulikus tartózkodási idő külön-külön szabályozható [2].

Membrán gradosztat reaktorok

A szennyvíztisztításban használt, bemerülő modulós berendezéshez első ránézésre igen hasonlóak a membrán gradosztat reaktorok (MGR), ezek a rendszerek azonban felépítésükben és funkciójukban is eltérnek az előbbtől [3]. Az MGR koncepciója az 1980-as években merült fel először, a jelenleg elterjedt változatát pedig 1999-ben szabadalmaztatták [4]. Eredetileg a *Phanerochaete chrysosporium* fehér farothasztó gomba extracelluláris enzimeit, a lignin peroxidáz és mangán peroxidáz előállítására fejlesztették ki. Bár az azóta végzett kutatások többségében ugyanezzel a fajjal dolgoztak, az MGR-ban számos olyan mikroorganizmussal végezhető fermentáció, amely képes extracelluláris szekunder metabolit termelésére.

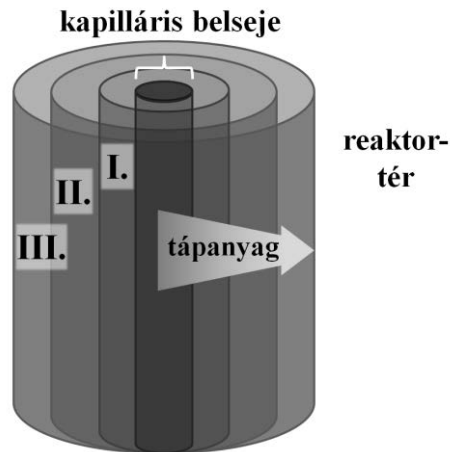
A szekunder metabolitok a mikrobiális növekedési kinetika stacioner fázisában keletkeznek valamilyen környezeti tényező hatására, pl. tápanyaghiány, adott mikroorganizmusok jelenléte, stb. Ezek a vegyületek a sejt védekező, túlélő mechanizmusának részét képezik, például gátolják más fajok szaporodását, segítik a nehezen hozzáférhető tápanyagok felvételét vagy védik a sejtet a toxikus hatásoktól [5]. A szekunder metabolitok fermentációjához szükséges környezet megteremtésére kínál lehetőséget az MGR, melynek egyedi felépítése lehetővé teszi a szubsztráthiányos állapot fenntartását és a termelést végző biofilm folyamatos megújulását egyaránt [3].

A rendszer egy fermentorból és a benne rögzített kapilláris membránokból áll. A membránszál belső felületén ultraszűrő fedőréteg található, ezt veszi körbe a porózus mikroszűrő membrán (1. ábra). A külső rétegben nagy mennyiségben találhatók üregek, bemélyedések, melyek nagy fajlagos felületet biztosítanak. A pórusos felszín elősegíti a mikroorganizmusok megtapadását, így stabil biofilm tud kialakulni. A kapilláris belső fedőrétegére jellemző alacsony vágási érték azonban meggátolja a sejtek bejutását a membránszál belsejébe [6].



1. ábra: Kapilláris membrán felépítése (elektronmikroszkópos felvétel) [6]

A reaktor üzemeltetése során a tápoldatot a kapillárisok belsejében keringetik, innen sugárirányú diffúzióval jut a membránon keresztül a felületen megtapadó sejtekhez (2. ábra). A membrán felszínétől távolodva a biofilmen belül csökken a hozzáférhető tápanyag mennyisége, ennek megfelelően eltérő fiziológiai és morfológiai sajátosságokkal rendelkező zónák alakulnak ki. A biofilm membránhoz legközelebb eső rétege (ábrán I.) kellő mennyiségű tápanyaghoz jut, ezért az itt található sejtekre folyamatos növekedés, szaporodás jellemző. A *Phanerochaete chrysosporium* tenyésztésében a sarjadzó sejtek, illetve a membrán felszínét behálózó, aktívan növekvő hifák képe jól felismerhető mikroszkóp alatt. A középső réteget (II.) a mikrobánövekedési kinetika stacioner fázisában lévő, sűrűn elágazó hifák alkotják. A membrántól legtávolabbi zónában (III.) tápanyaghiányos állapot alakul ki, ez a környezeti stressz váltja ki a szekunder metabolitok termelését. A külső réteg sejtei hanyatló fázisban vannak, konidiospórákat hoznak létre, az elhalt sejtek pedig leszakadnak a biofilmről [7].



2. ábra: Biofilm felépítésének sematikus ábrája

A kapillaris belsejétől a reaktortér felé tehát folyamatosan fennáll a tápanyaggradiens, innen származik a gradosztat elnevezés. A biofilm minden rétege fontos szerepet tölt be a fermentációs folyamatban. A külső, tápanyaghiányos állapotban lévő sejtek végzik a szekunder metabolitok termelését, melyek a reaktortérből folyamatosan elvehetők. A belső, szaporodásra képes rétegek pedig pótolják az elhalt sejteket, így a biofilm képes a megújulásra [3].

Membránok az MGR rendszerben

A gradosztat reaktorokban olyan cső vagy kapillaris kialakítású membránt lehet használni, mely megfelel az alábbi követelményeknek [8]:

- nagy fajlagos felülettel rendelkeznek, melyen a sejtek könnyen megtapadnak;
- belső rétege a mikroorganizmusok számára átjárhatatlan;
- sterilizálható.

A cső típusú kerámiamembránok rendelkeznek a legjobb mechanikai, kémiai és hőstabilitási tulajdonságokkal, ennek köszönhetően könnyen sterilizálhatók, széles pH-tartományban működtethetők. Ugyanakkor a kapillaris membránok nagyobb fajlagos felülete kedvezőbb a biofilm kialakítása szempontjából, ezért a fejlesztések erre a típusra irányulnak [8].

A publikációk többségében a szabadalomban is leírt poliszulfon membránt, illetve annak különböző változatait alkalmazzák. (Ezt részben magyarázhatja, hogy az MGR rendszerekkel meglepően kevés kutatócsoport foglalkozik.) A poliszulfon membrán belső, ultraszűrő rétege nem csupán bevonat, hanem a szerkezet integrált része. A külső felszín felé haladva az anyaga egyre porózusabb, és számos ujjszerű üreget tartalmaz. Emellett az irodalomban találkozhatunk kapillaris kerámia membránnal, mely készülhet titánoxidból vagy alumíniumoxidból [3].

A membránmodul kialakítását tekintve állhat egy (SC, *single capillary*) vagy több (MC, *multicapillary*) kapillarisból. Az egyszálas rendszer nem alkalmas nagyobb mennyiségű termék előállítására, de alap kutatásban előszeretettel alkalmazzák, különösen a matematikai modellek alátámasztására szolgáló mérésekhez [9].

Alkalmazási területek

A membrán gradostat reaktorok - felépítésükből adódóan - alapvetően szekunder metabolitok előállítására alkalmasak. Bár az említett anyagcseretermékek legismertebb képviselői az antibiotikumok, számos más vegyület sorolható ide, melyek felhasználhatók a gyógyszeriparban, élelmiszeriparban, kozmetikumokban, mezőgazdaságban és környezetvédelemben egyaránt. Az 1. táblázatban néhány, a gyakorlati felhasználás szempontjából fontosabb vegyületcsoportra láthatunk példát.

1. táblázat: Szekunder metabolitok [5], [10]

Metabolit	Termelő mikroorganizmus	Felhasználási terület
tetraciklin	<i>Streptomyces aureofaciens</i>	antibiotikum
cefalosporin	<i>Acremonium chrysogenum</i>	
ciklosporin	<i>Tolypocladium inflatum</i>	immunszuppresszáns
gibberellin	<i>Gibberella fujikuroi</i>	növényi hormon (mezőgazdaság)
xantán	<i>Xanthomonas</i> fajok	sűrítő, zselésítő anyag (élelmiszeripar, kozmetikumok)
emulzán	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	felületaktív anyag (kozmetikumok, olajipar)

Az 1. táblázatban felsorolt vegyületeket jelenleg szubmerz vagy szilárd fázisú fermentációval gyártják, MGR rendszerben történő előállításukra még nincs példa. Az elméletileg alkalmazható mikroorganizmusok, illetve az általuk termelt metabolitok köre igen széles, ugyanakkor további kutatásokra van szükség annak megállapításához, hogy ezek közül melyek valósíthatók meg gazdaságosan a gyakorlatban.

Köszönetnyilvánítás

A szerző köszönetet mond az EFOP-3.6.1-16-2016-00015 nyilvántartási számú projekt keretében kapott támogatásért.

Irodalomjegyzék

- [1] K. Bélafi-Bakó, *Membrános műveletek*. Veszprém: Veszprémi Egyetemi Kiadó, 2002.
- [2] C. H. Neoh, Z. Z. Noor, N. S. A. Mutamim, and C. K. Lim, "Green technology in wastewater treatment technologies: Integration of membrane bioreactor with various wastewater treatment systems," *Chem. Eng. J.*, vol. 283, pp. 582–594, 2016.
- [3] S. Ntwampe, M. Sheldon, and H. Volschenk, "The Membrane Gradostat Reactor: Secondary metabolite production, bioremediation and commercial potential," *African J.*

- Biotechnol.*, vol. Vol 6, pp. 1164–1170, 2007.
- [4] W. D. Leukes, E. P. Jacobs, P. D. Rose, S. G. Burton, and R. D. Sanderson, “Method of producing secondary metabolites,” US5945002A, 1999.
 - [5] S. M. Abdel-Aziz, M. M. Abo Elsoud, and A. A. H. Anise, “Microbial Biosynthesis: A Repertory of Vital Natural Products,” in *Handbook of Food Bioengineering*, A. M. Grumezescu and A. M. B. T.-F. B. Holban, Eds. Academic Press, 2017, pp. 25–54.
 - [6] S. Govender, E. Jacobs, W. D. Leukes, and V. L. Pillay, “A scalable membrane gradostat reactor for enzyme production using *Phanerochaete chrysosporium*,” *Biotechnol. Lett.*, vol. 25, pp. 127–131, 2004.
 - [7] S. Govender, “Biofilm productivity and concomitant cell autolysis in a membrane bioreactor,” *Biotechnol. Lett.*, vol. 33, no. 2, pp. 263–271, Feb. 2011.
 - [8] M. S. Sheldon and H. J. Small, “Immobilisation and biofilm development of *Phanerochaete chrysosporium* on polysulphone and ceramic membranes,” *J. Memb. Sci.*, vol. 263, no. 1, pp. 30–37, 2005.
 - [9] B. Godongwana, M. S. Sheldon, and D. M. Solomons, “Momentum transfer inside a vertically orientated capillary membrane bioreactor,” *J. Memb. Sci.*, vol. 303, no. 1, pp. 86–99, 2007.
 - [10] J. Barrios-Gonzalez, F. Fernández, and A. Tomasini, “Microbial Secondary Metabolites Production and Strain Improvement,” *Indian J. Biotechnol.*, vol. 2, pp. 322–333, Mar. 2003.

Műszaki Kémiai Nap 2021. április 21.

Idén – rendhagyó módon – a pandémia miatt on-line lebonyolítással, egy-napos időtartammal rendezték meg a hagyományos konferenciát. Az ünnepélyes megnyitót egy plenáris előadás követte, ahol Kovács Kornél professzor (Szegedi Tudományegyetem) a gazdaságos ipari biogáz termelés legújabb aspektusairól, vizsgálati lehetőségeiről mesélt a népes hallgatóságnak.



Kovács Kornél

Ezt követően három platform keretében az alábbi szekciókban zajlottak a tudományos ülések, ahol összesen 41 előadást hallgathattak meg a résztvevők:

- Folyamatmérnöki
- Bionanotechnológia
- Biomérnöki műveletek
- Korszerű műveletek
- Élelmiszertechnológia
- Víz- és szennyvízkezelés
- Membrános elválasztástechnikák

A szekcióüléseken kívül az MTA Műszaki Kémiai Tudományos Bizottság és az MTA Folyamatmérnöki Bizottság összevont ülését tartották meg kedden délelőtt.

A résztvevők nagy többsége – öröndetes módon – PhD hallgató és fiatal kutató volt, s a szervezők reményei szerint a következő MKN konferenciát már ismét a hagyományos, megszokott, „élő” módon rendezhetik meg.

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

Aachen Membrane Course for Water Technologies – Online

2021. május 25-27, Aachen (Németország)

www.avt.rwth-aachen.de/MCW

37th EMS Summer School 2021

2021. május 23-28., Alentejo (Portugália)

<https://sites.google.com/.../37themssum.../home/programme...>

Global Conference on POLYMERS, PLASTICS and COMPOSITES (PPC-2021)

2021. július 8-10., Budapest

<https://ppc-2020.org/>

International Conference on Membrane and Membrane Reactors Operations (ICMMRO)

2021. július 15-16., Stockholm (Svédország)

<https://conferenceindex.org/event/international-conference-on-membrane-and-membrane-reactors-operation>

Membrane Technology Conference and Exposition

2021. július 19-22, West Palm Beach, Florida (USA)

<https://www.awwa.org/Events-Education/Membrane-Technology>

The 10th International Water Association (IWA) Membrane Technology Conference & Exhibition for Water and Wastewater Treatment and Reuse

2021. augusztus 1-4., St. Louis, Missouri (USA)

<https://mtc2021.wustl.edu>

18th Network Young Membrains

2021. szeptember 9-11., Lund University (Svédország)

<http://euromembrane2021.eu/nym.html>

EuroMembrane 21

2021. szeptember 12-16., Koppenhága (Dánia)

<http://euromembrane2021.eu/>

12th International Conference on Hydrogen Production (ICH2P-2021)

2021. szeptember 19-22, on-line

<https://www.ich2p-2021.org/index.html>

15. International Conference on Desalination and Membrane Technology (ICDMT 2021)

2021. október 28-29., Párizs (Franciaország)

<https://waset.org/desalination-and-membrane-technology-conference-in-october-2021-in-paris>

Membrane Desalination 2021 (MEMDES2021)

2021. november 14 – 17., Shanghai (Kína)

<https://www.elsevier.com/events/conferences/desalination-using-membrane>

IDA 2022 World Congress

2022. május 29 – június 2., Sydney (Ausztrália)

<https://idadesal.org/>

MEMBRÁNTECHNIKA ÉS IPARI BIOTECHNOLÓGIA

A MKE Membrántechnikai Szakosztályának kiadványa ISSN 2061-6392

Felelős szerkesztő:

Bélafiné Dr. Bakó Katalin, Pannon Egyetem, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutatóintézet, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

E-mail: bako@almos.uni-pannon.hu

A szerkesztőbizottság tagjai:

a MKE Membrántechnikai Szakosztály vezetősége: Dr. Nemestóthy Nándor, Békássyné Dr. Molnár Erika, Dr. Mizsey Péter, Dr. Hodúr Cecília, Dr. Vatai Gyula, Dr. Cséfalvay Edit, valamint Dr. Gubicza László (lektor)

Megjelenik: negyedévente, 300 példányban

Előfizetési díja: évi 1 500 Ft

Megrendelhető: MKE Membrántechnikai Szakosztály, 1015 Budapest, Hattyú u. 16.