

MEMBRÁN-

TECHNIKA

IPARI



BIOTECHNOLÓGIA

XI. évfolyam 3. szám

2020. szeptember

TARTALOM

oldal

Hülberné Beyer É., Nemestóthy N., Bélafiné Bakó K.: Az eredő folyadékoldali térfogati oxigénabszorpció együttható ($K_L a$) meghatározása itakonsav fermentációnál	26
Ereky-díj átadása.....	38
Közelgő membrános konferenciák, kurzusok.....	39

Az eredő folyadékkoldali térfogati oxigénabszorpciós együttható ($K_L a$) meghatározása itakonsav fermentációnál

Hülberné Beyer Éva, Nemestóthy Nándor, Bélafiné Bakó Katalin
Pannon Egyetem, Mérnöki Kar, Biomérnöki, Membrántechnológiai és Energetikai Kutató
Csoport, 8200 Veszprém, Egyetem u. 10.

Bevezetés

Az *Aspergillus terreus* NRRL-1960 mikrogomba itakonsav túltermelésének vizsgálata sok évtizedes múltra tekint vissza [1-5]. Az itakonsav szerkezeti sajátosságai miatt sokféle vegyipari felhasználásra alkalmas vegyület. Jelentősége az ezredforduló óta megnövekedett a fosszilis alapanyagok bizonytalan hozzáférhetősége miatt.

Az itakonsav túltermelés egyik ismert evolúciós előnye az igen alacsony környezeti pH megteremtése, amely a baktériumok szaporodására erőteljesen gátló hatású. A termelő mikroorganizmus így versenyelőnyhöz jut a mikroelemek és a szabad víz megszerzéséért folytatott küzdelemben. Az *Aspergillus terreus* itakonsav termelő törzseit ugyanis jellemzően alacsony vízaktivitású szubsztrátumokról (pl. sózott szárított szilva, talaj) izolálták. Az itakonsavat szénforrásként is képes hasznosítani az *Aspergillus terreus*, ha a cukor jellegű szénforrások kimerülnek.

A túltermelés kulcs enzimeit ebben a gombában a mitokondriális akonitáz, amely egy antiporter fehérjével együttműködve előidézi a cisz-akonitát szivárgását a citrát körből a citoszol felé. Továbbá a citoplazmában lokalizált cisz-akonitát-dekarboxiláz enzim, melynek hatására az itakonsav képződik. A mikroba fiziológiai stabilitását pedig olyan alternatív oxidáz enzim biztosítja, amely hatására a redukált koenzimek ATP képződés nélkül is regenerálódni tudnak, a hidrogén-ionok akceptora az oxigén.

Amennyiben a mikroorganizmus szempontjából szükségeszerű az alternatív oxidáz út működtetése – esetünkben itakonsav túltermelés történik, a tenyészet oxigénigénye jelentősen megnövekszik az aerob respirációval támogatott vegetatív növekedés oxigénigényéhez képest. Az itakonsav fermentáció oxigén ellátását ennél fogva szükségeszerűen szabályozni kell az optimális eredmények eléréséhez.

Célkitűzés

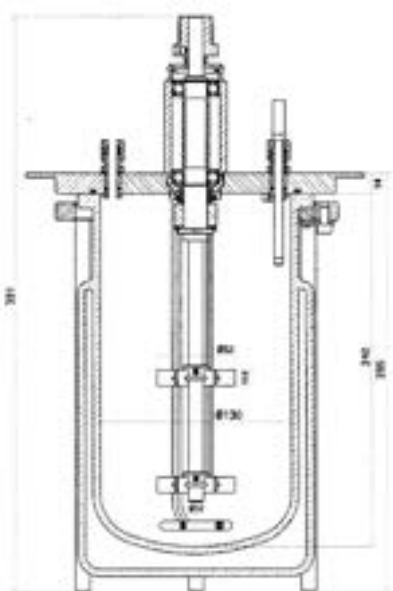
Bár a fermentáció már megvalósult ipari méretekben is – itakonsav termelő üzem működik például Kínában, 10 ezer tonna/ év kapacitással – a folyamat háttérében működő mechanizmusok további kutatásokra érdemesek. A kutatásban elterjedten használnak Biostat asztali fermentorokat.

A kutatás során 1,5 L hasznos térfogatú asztali Biostat B plus fermentor levegőztetési viszonyainak kvantitatív leírása a cél. A fermentor *Aspergillus terreus* itakonsav fermentációra optimalizált összeállításában kívántuk meghatározni az oxigénbeoldódás sebességét a bevezetett levegő térfogatáram és a keverési sebesség függvényében. A készülékben nincsenek elhelyezve terelőlemezek, hogy a fellépő nyíróerőket mérsékeljem, és a gombamicélium

aggregátumok megakadását a szűk résekben megakadályozzam. Az egymás felett elhelyezett Rushton turbinakeverők közül csak a közvetlenül a sparger fölött elhelyezett merül a folyadékszint alá, a tengelyen elhelyezett másik keverő habtörő funkciót lát el, így a 1,5 literes folyadék fázis felett, a levegőben forog. (Természetesen nincs szerepe az oxigénátadásban.)

Eszközök

A Biostat B plus asztali fermentor egy általános célú készülék (1. ábra), amely sokoldalú felhasználhatóságra lett kialakítva. A hőálló üvegből készült, duplikált falú fermentortestet egy fém állványzat tartja, amelyhez rögzíthető a lapos fermentor fedél. A fedélen csatlakozik a keverőszár, ehhez rögzíthetők a keverő elemek. A készülék 2 tárcsás turbinakeverőt tartalmaz, melyek magassága a keverőszáron fokozatmentesen változtatható. A fermentor fedőn több vakdugózható csomagtalálható, melyeken keresztül szondák (pH, DO, szintszabályozó), mintavételi illetve betáplálási pontok nyithatók. A fedél polírozott saválló acélból készült.



1. ábra: A Biostat B plus fermentor kialakítása

A készülék egészben sterilizálható, a szondákkal együtt. A fermentáció indítása előtt csatlakoztatható a vezérlő egységhez, amelyen keresztül a hőmérséklet termosztált víz keringetésével szabályozható a köpenytérben, a pH sav illetve lúg automatikus adagolásával, a keverés fordulatszáma. Az oldott oxigénszint szabályozására kétféle lehetőség biztosított – vagy a keverés fordulatszámán keresztül vagy tiszta oxigén gáz adagolásával. A vezérlőegységhez csatlakoztatott számítógépen a szondák adatai és a fermentációs idő folyamatosan rögzítésre kerül, a paraméterek időbeli lefutása megjeleníthető grafikusán. Az adatrögzítés gyakorisága 5 perc, ami az oxigéntelítődés idejével összemérhető, hatékony rendszerben pedig jóval nagyobb. Így a grafikusán kinyerhető folyamatos függvény értékeit a DataThief program segítségével tudtam kinyerni, az értékeléshez szükséges számú ponton.

Elméleti háttér

Az oxigén rosszul oldódik vízben. Az oxigén oldódásának termodinamikai limitjét a Henry-törvény írja le:

$$P_{O_2} = H \cdot C_{O_2}^F$$

Azaz az oldott oxigén koncentrációja ($C_{O_2}^F$) függ az O_2 gáztérbeli parciális nyomásától (P_{O_2}), valamint a Henry-állandótól (H). A Henry-állandó számos paraméter függvénye (pl. tápközeg anyagi minősége, hőmérséklet). A Henry törvény nem ad információt az oldódás sebességére vonatkozóan, csak a maximális oldott oxigén mennyiségéről.

Az oxigén oldódásának (abszorpció) sebessége az alábbi egyenlettel írható le:

$$\frac{dC_{O_2}(t)}{dt} = K_L a \cdot (C_{O_2}^* - C_{O_2}(t))$$

ahol

K_L - az eredő folyadékoldali tömegátadási tényező, $\frac{cm}{s}$

a - térfogategységre jutó anyagátadási felület, $\frac{cm^2}{cm^3} = \frac{1}{cm}$

$C_{O_2}(t)$ - az oldott oxigén pillanatnyi koncentrációja, $\frac{mg}{L}$

$C_{O_2}^*$ - az oxigén egyensúlyi (telítési) koncentrációja a folyadékfázisban, $\frac{mg}{L}$

t - idő, s.

A $K_L a$ szorzat az eredő folyadékoldali térfogati oxigénabszorpciók együttható, ami függ pl. a buborékmérettől, keverési fordulatszámától, gázsebességtől, hőmérséklettől. A nehézkes modellalkotás miatt a gyakorlatban a keverős reaktorok eredő térfogati oxigén abszorpciókoefficiensét ($K_L a$) mérésrel szokták meghatározni.

A jelen mérés során alkalmazott dinamikus $K_L a$ meghatározási módszer lényege, hogy oxigénmérő elektróddal követik nyomon a folyadékban az oldott oxigén koncentrációját, miközben nulláról telítésbe megy át. Az alkalmazott elektród polarográfiás oldott oxigén-szenzor. Ez a típus membránalapú szenzor. Az oxigén átdiffundál a fermentlé és az elektrolit oldat fázishatárán elhelyezett membránon, és a megadott potenciálon tartott katódon redukálódik. A mért redukálási áram arányos a folyadékban oldott oxigén koncentrációjával. Ezzel a módszerrel a $K_L a$ meghatározás nehézsége abban rejlik, hogy bár viszonylag egyszerűen leírható a telítési folyamat, $K_L a$ értékének adekvát meghatározásához figyelembe kell venni magát a mérőberendezést.

Az elektród holtidejének nagysága gyors dinamikájú oxigéntelítésnél a tényleges telítési idővel összemérhető (5-40 s az elektród típusától függően). Az elektród jelére elsőrendű időfüggést feltételezve felírható:

$$T_1 \cdot \frac{dy_1(t)}{dt} + y_1(t) = C_{O_2}(t) \quad y_1(0) = 0$$

ahol

T_1 - elsőrendű időállandó,

$y_1(t)$ - elektród jelfüggvénye.

A T_1 az egytárolás tag időállandója. Ezek alapján az elektród $y_1(t)$ jelfüggvénye $y_1(0) = 0$ kezdeti feltétellel:

$$y_1(t) = C_{O_2}^* + \frac{C_{O_2}^*}{\frac{1}{T_1} - K_L a} \cdot \left[K_L a \cdot e^{-\frac{t}{T_1}} - \frac{1}{T_1} \cdot e^{-K_L a \cdot t} \right]$$

Ebből a formulából az összetartozó $(t, y_1(t))$ mérési adatok birtokában nemlineáris regresszióval a $K_L a$ és T_1 keresett paraméterek meghatározhatók. Azonban az egyenletben $K_L a$ és $1/T_1$ teljesen szimmetrikus, azaz felcserélve őket ugyanazt az összefüggést kapjuk. Ez azt jelenti, hogy a regresszió végrehajtása után nem lehet kétséget kizáróan megmondani, hogy melyik becsült érték az $1/T_1$, és melyik a $K_L a$. Az elektród viselkedésének pontosabb leírása vezethet el a megbízhatóbb, egyértelműbb eredményekhez.

Folyadékokban az oldott oxigén diffúzióval jut el az elektród katódjára, és a katód felé irányuló oxigénfluxus arányos az elektródon folyó áram erősségével, ami tulajdonképpen az elektród által szolgáltatott mért jel. Az oxigénfluxus arányos az oxigén membránon keresztüli diffúziójával, melynek kvantitatív leírására a diffúziós egyenlet szolgál. Az oldott oxigén elektródok többségénél az egydimenziós diffúziós modell használata indokolt. Az egydimenziós diffúzió leírására használt modellek egyrétegűek vagy háromrétegűek. Az egyrétegű modellnél csak a membránon keresztül történő diffúziót szokás figyelembe venni, míg a háromrétegű modellnél a membrán külső felületén kialakuló folyadékfilmen, magán a membránon és a membránon belül lévő elektroliton keresztül történő diffúziót különböző diffúziós állandóval veszik figyelembe. A háromrétegű modell alkalmazása valamivel pontosabb, azonban egy „átlagos” diffúziós együtthatóval jól közelíthető az egyrétegű modellel.

A diffúziós modell matematikai leírására Fick második törvényéből lehet kiindulni [6], s a differenciálegyenletet megfelelő peremfeltételek mellett megoldva a következő egyszerű összefüggéshez juthatunk:

$$\int_0^\infty (1 - c(t)) dt = \frac{\pi^2}{6k}$$

ahol $k = \frac{D\pi^2}{d^2}$ (D : „átlagos” diffúziós együttható, d : membrán vastagsága), melynek dimenziója $1/\text{idő}$, így egy elektródra jellemző időállandó reciprokaként is felfogható. $c(t)$ az elektród egységugrásra adott válaszfüggvénye, mely 0 és 1 közötti értékeket vehet fel. A fenti egyenletből k meghatározható.

Ugyanitt a $K_L a$ meghatározására a következő összefüggést vezethető le:

$$\int_0^{\infty} (c(t) - c_a(t)) dt = \frac{1}{K_L a}$$

ahol $c_a(t)$ a beállított keverési és levegőztetési paraméterek mellett mért oldott oxigén koncentráció pillanatnyi értéke, miközben nulláról telítésbe tart, a telítési koncentrációra fajlagosítva. Számértéke tehát 0 és 1 között változik.

A fenti összefüggés átalakítható a következő formára:

$$\begin{aligned} \frac{1}{K_L a} &= \int_0^{\infty} (c(t) - c_a(t)) dt = \int_0^{\infty} ((1 - c_a(t)) - (1 - c(t))) dt \\ &= \int_0^{\infty} (1 - c_a(t)) dt - \int_0^{\infty} (1 - c(t)) dt \end{aligned}$$

Mivel mind a $c_a(t)$, mind $c(t)$ függvény 1-hez tart, az improprius integrálok helyett elég egy véges határozott integrált kiszámítani. A számítás numerikus integrálással, a trapézszabályt alkalmazva egyszerűen elvégezhető.

Az általánosan használt kifejezés, amellyel $K_L a$ -nak a keverő fordulatszámától és a levegő áramlási sebességétől való függését meg szokás adni, a következő:

$$K_L a = \gamma \cdot n^{\alpha} \cdot q^{\beta}$$

ahol n a fordulatszám, q az áramlási sebesség, α , β , γ pedig a mérési adatokból meghatározható paraméterek. A fenti összefüggésből az ismeretlen paraméterek meghatározása úgy a legegyszerűbb, ha az egyenletet linearizáljuk, és a paramétereket lineáris regresszióval határozzuk meg. A linearizált összefüggés:

$$\ln K_L a = \ln \gamma + \alpha \cdot \ln n + \beta \cdot \ln q$$

A kísérletek menete

Paraméterek:

A mérés hőmérséklete 37°C, amely megfelel a fermentáció hőmérsékletének.

A készülék keverése 0-2000 rpm fordulatszám tartományban működik.

A levegőbevezetés sebessége 0-4 L/perc tartományban, manuálisan állítható.

A folyadékfázis inoculum nélküli fermentlé.

Egyes beállításoknál, bizonyos tartományban már jelentős mértékű kedvezőtlen jelenségek lépnek fel. Nagy keverési fordulatszám és kis térfogatáramú levegőbevezetés mellett a tengely mentén, a folyadék felszínén mély tölcsér alakul ki. Fordított esetben, mikor a levegő térfogatáram nagy és a keverési sebesség kicsi, a bevezetett buborékok alig diszpergálódnak,

szinte akadálytalanul azonnal felszínre emelkednek, a folyadék és a gáz fázisok kontakt ideje és az érintkezési felület igen kicsi.

Az elektród választ a mérési sortól függetlenül vettük fel, feltételezve, hogy a kevertetés, levegőztetés befolyása elhanyagolható, szemben a hőmérsékletével. Két eljárást alkalmaztunk:

- A. Két termosztált folyadékfázisban végeztük a mérést. Az egyik edényben levegőt ($DO = 100\%$), a másikban nitrogén gázt ($DO = 0\%$) buborékoltattunk át a folyadék fázison. Az elektródot gyors mozdulattal áthelyeztük az oldott oxigént nem tartalmazó vízből az oldott oxigénre telítettbe. A művelet kis pontatlanságot okoz a holtidő meghatározásában, azonban ez a másodpercnél kevesebb idő a várható holtidőnél nagyságrendekkel kisebb. A várható holtidő az általunk alkalmazott oxigénelektrod specifikációja szerint kisebb, mint 60s. Három párhuzamos mérést végeztünk. A telítésbe futást, majd a zérushoz tartást grafikusán rögzítettük, ennek célja az adatok kinyerése mellett a két ellentétes irányú folyamat hiszterézisének feltérképezése.
- B. A fermentorban kevertetett ioncserélt vízbe feleslegben Na_2SO_3 -ot adagoltunk, katalitikus mennyiségű kobalt(II) ion kíséretében. Tökéletes keveredést feltételezve az oldott oxigén pillanatszerűen elreagál. Feltételezve, hogy a lefelé végrehajtott egységugrásra ugyanazt a dinamikus választ kapjuk, mint a felfelé végrehajtott egységugrásnál, a negatív egységugrás görbéből végeztük számításokat.

A mérések során felvett diagramokból a DataThief szoftver segítségével a $K_L a$ meghatározáshoz szükséges gyakoriságú idő-jel adatpárokat kigyűjtöttük, melyekkel a Microsoft Excel programban elvégeztük a számításokat.

Eredmények

Az A eljárás szerint felvett elektródválasz diagramokat és a két végpontba futó, ellentétes irányú változásra adott válaszokat értékeltem. A telítésbe futás, és a pillanatszerű 0-ra csökkenés görbéjén látható, hogy mindkét esetben a végpont elérése előtt lassul a folyamat. Mivel a végpont épp ellentétes, durva közelítésként állítható csak, hogy nincs hiszterézis.

Az A. elektródválasz mérés 3 párhuzamos eredményének szórása 1,95%-osnak adódott. Az ennek alapján számolt $K_L a$ [$1/s$] értékeket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: Az A. elektródválasz függvényével számított $K_L a$ [$1/s$] értékek

q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2		3
150	0,0057	0,0077				
500	0,0163	0,0201	0,0207			
750	0,0374	0,0435	0,0413	0,0447		0,0490
1000	0,0626	0,0625	0,0866	0,0830		0,0831
1500			0,1037	0,0838		0,1778

A B. elektródválasz alapján számolt $K_L a$ [$1/s$] értékeket a következő táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A B. elektródválasz függvényével számított $K_L a$ [$1/s$] értékek

q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2	3
150	0,0056	0,0074			
500	0,0150	0,0181	0,0186		
750	0,0310	0,0351	0,0336	0,0359	0,0386
1000	0,0466	0,0465	0,0587	0,0570	0,0571
1500			0,0661	0,0574	0,0900

Értékelés

A különbözőképpen mért elektródválaszok hatását a számított $K_L a$ értékeket a 3. táblázat szemlélteti.

3. táblázat: A különböző módon mért elektródválaszokkal számított $K_L a$ értékek hányadosa (A/B)

q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2	3
150	1,02	1,04			
500	1,09	1,11	1,11		
750	1,20	1,24	1,23	1,25	1,27
1000	1,34	1,34	1,48	1,46	1,46
1500			1,57	1,46	1,98

Az oldott oxigén telítési koncentrációját a vízben leglassabban a kis keverési sebesség – kis levegőtérfogatóáram paraméterpároknál értem el, 5-10 percig is eltartott a mérés. Ez a hosszú telítődési idő az elektród válaszüdejénél nagyságrendekkel nagyobb, ezeken a mérési pontokon kevéssé jelentős az eltérés. A számítási módszerben $K_L a$ reciprokát a telítődésbe futó jeltől számolt integrálból és az elektród válaszból számolt integrál különbségeként kapjuk meg.

A lankásan lefutó, a szélsőértékeket nagy időintervallum alatt elérő görbe integrálja mellett a meredeken letörő elektród válaszfüggvény integrálja nem számottevő.

Ahogy az oxigén telítődés sebessége közelít a válaszdőhöz, egyre jelentősebb eltérés tapasztalható a számított $K_L a$ értékben. A legmagasabb fordulatszámon, 3 L/perc levegőáram mellett kétszeres eltérés van a számolt értékek között. Mivel létezik egy valódi értéke az eredő folyadékoldali térfogati oxigénabszorpció együtthatónak, hiszen fizikai-kémiai folyamatokból eredeztetett, a kapott eredmények alapján a modell alkalmazhatóságát kell megvizsgálnunk.

G. Ruchti és munkatársai 1981-es munkájukban [7] összehasonlították a dinamikus oxigén-elektrodos $K_L a$ mérési eljárásokat. Megállapították, hogy az olyan eljárásokban, ahol az abszorpció folyamatánál lényegesen gyorsabb az elektród válaszdő, megfelelhet az a hagyományos megközelítés, amely csak a folyadék-gáz interakciókat veszi számításban. Ha ez a kikötés nem áll fenn, az elektród dinamikus válaszát közelíthetjük elsőrendű időfüggéssel, és diffúziós modellekkel. A gázfázis dinamikája, a folyadékfilm ellenállása igazoltan hatással van a $K_L a$ értékére. Az általuk vizsgált modellek is hasonló eredményeket adtak, míg fennállt a $K_L a < 1/T_1$. A $K_L a \approx 1/T_1$ tartományban a $K_L a$ igen érzékennyé válik a T_1 változására, emiatt kis mérési hiba nagy hibát okoz a $K_L a$ -ban.

Végső következtésük, hogy ilyen módszerrel nem lehet igazán pontosan meghatározni $K_L a$ értékét, ha $K_L a \geq 1/T_1$.

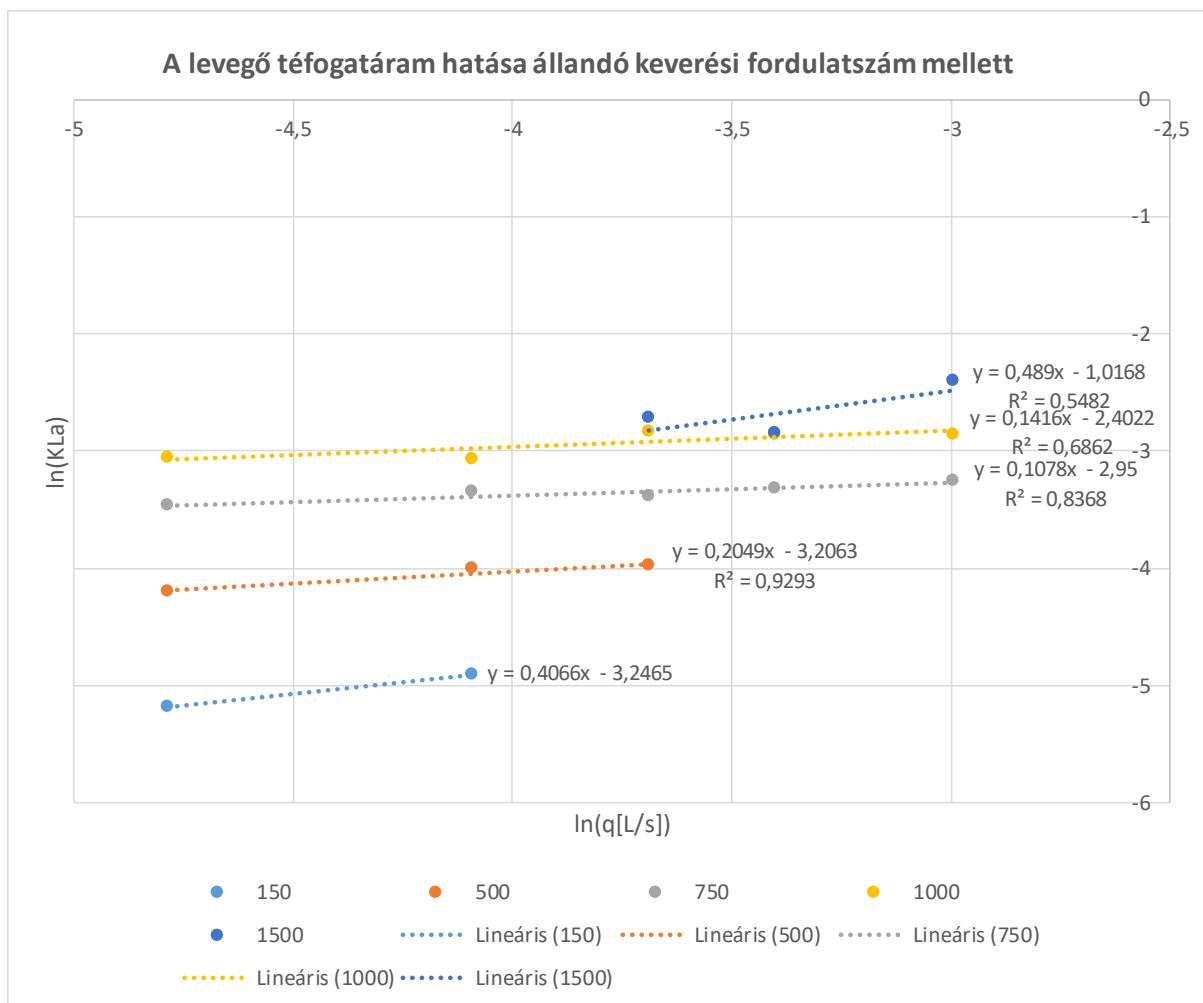
Megfigyelhető azonban, hogy a fordulatszám és levegőtérfogatóáram hatására kialakuló trendek a két számítási módban hasonlóak. Nem tévesztve szem elől a mérés célját, hogy az itakonsav oxigénigényének biztosítására a készülék karakterisztikáját leírjuk, a kémiai reakcióval kiváltott egységugrásra kapott elektródválaszból számított eredményeket további elemzéseknek vetettem alá. Azért választom ezt, mert kevesebb veszélyt rejt a fermentációra nézve az oxigén „túladagolása”, mint annak ellenkezője.

A linearizáláshoz kiszámítottuk a $K_L a$, n és q értékeknek a természetes alapú logaritmusát. Az n és q értékeket átváltottuk a számításokhoz, hogy csak [s] mértékegység szerepeljen.

$$\ln K_L a = \ln \gamma + \alpha \cdot \ln n + \beta \cdot \ln q$$

A kapott eredményeket az 1-2. ábra és a 4-5. táblázat mutatja.

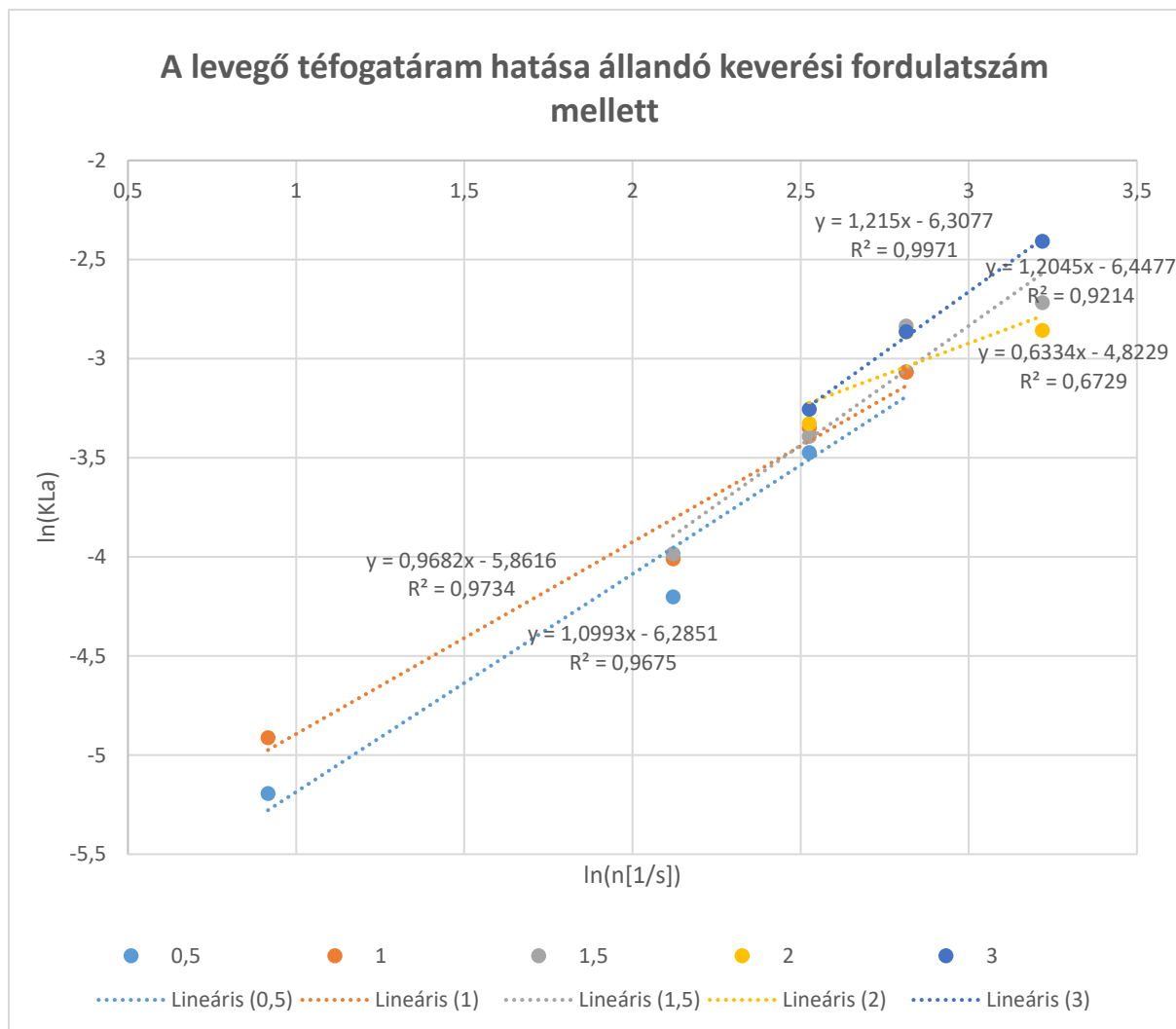
Az alkalmazott paraméter tartományban β értéke nem konstans. Megfigyelhető, hogy a keverési fordulatszám növekedésével a lineáris trendvonalak illeszkedése egyre rosszabb.



1. ábra: A levegő térfogatáram hatása

4. táblázat: β értékének számítása

$\ln q[L/s] - \ln K_L a [1/s]$ egyenesek alapján a β értéke					
q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2	3
150	$\beta = 0,4066$				
500	$\beta = 0,2049$				
750	$\beta = 0,1078$				
1000	$\beta = 0,1416$				
1500			$\beta = 0,0489$		



2. ábra: A linearizálás eredményei

5. táblázat: α értékek számítása

$\ln n[1/s] - \ln K_L a [1/s]$ egyenesek alapján az α értéke					
q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2	3
150	$\alpha = 1,0993$	0,9682	$\alpha = 1,2045$	$\alpha = 0,6334$	$\alpha = 1,2150$
500					
750					
1000					
1500					

Az $\ln K_L a$ függése az $\ln n$ -től jól közelíthető lineáris trendvonalal. A jó egyezést mutató beállításoknál az $\alpha = 1,12(\pm 10\%)$ – az átlagolásba nem számítottam bele a 2 L/perc beállítás adatait. A viszonylag stabil α kitevőt visszahelyettesítve a levegő térfogatáramának változására húzott trendvonalak egyenletébe γ értéke a következőknek adódik:

6. táblázat: γ értékének számítása

$\ln q[L/s] - \ln K_L a [1/s]$ egyenesek és $\alpha = 1,12$ értéke alapján γ					
q [L/min] n [rpm]	0,5	1,0	1,5	2	3
150	$\gamma = 0,013943$				
500	$\gamma = 0,003769$				
750	$\gamma = 0,003092$				
1000	$\gamma = 0,003875$				
1500			$\gamma = 0,009834$		

A β mellett tehát a γ -ra sem kaptunk állandó értéket, látszólag a fordulatszám függvényében minimuma van.

Összefoglalás

A $K_L a$ keverési sebességtől és levegő térfogatáramtól való függése Biostat B asztali fermentációban az összeállításban részletezett mérési eredmények alapján nem írható le a szokványos hatványos összefüggéssel. Megállapítható azonban, hogy a keverési fordulatszám növelése erőteljesebben befolyásolja az oxigén oldódást, mint a bevezetett levegő mennyiségének növelése. Eddig tapasztalataink alapján az *Aspergillus terreus* NRRL-1960 fonalas gomba a kevésbé érzékeny a nyíró erőkre, azonban igen hajlamos habzásra szubmerz tenyésztése. Ennek tükrében az elegendő oxigénszint biztosításához célszerű a lehetséges maximumra emelni a keverő fordulatszámát.

A levegő alacsony, 20%-os oxigéntartalma miatt is adódhat, hogy ez a paraméter kevésbé járul hozzá a $K_L a$ növekedéséhez. Tiszta oxigén ráadagolással tovább növelhető lehet a $K_L a$.

A további kutatómunka során a mikroorganizmus fajlagos oxigénfelvételi rátájának kísérletes meghatározása a célunk, illetve ennek változása a biomassa korának előrehaladtával a fermentáció során.

Köszönetnyilvánítás

A kutatást a K 119940 azonosító számú „Az elektrokémiai folyamatok hatása biológiai eredetű termékek elektrodialízissel történő szeparációjára” tárgyú NKFIH-OTKA pályázat támogatásával végeztük.

Irodalomjegyzék

- [1] Steiger, M. Blumhoff, G., Marzena L., Mattanovich, D., Sauer, M. (2013) Biochemistry of microbial itaconic acid production, *Microbial Physiology and Metabolism* 4: 23-32
- [2] Dwiarti, L., Otsuka, M., Miura, S., Yaguchi, M., Okabe, M. (2007) Itaconic acid production using sago starch hydrolysate by *Aspergillus terreus* TN484-M1, *Bioresour Technol* 98(17):3329–3337
- [3] Kuenz, A., Susan Krull, S. (2018) Biotechnological production of itaconic acid—things you have to know, *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 102:3901–3914
- [4] Fekete E.; Karaffa L.: *Ipari biotechnológia*, 2013, Digitális Tankönyvtár, Debreceni Egyetem
- [5] Bressler, E., Braun, S. (2000) Conversion of citric acid to itaconic acid in a novel liquid membrane bioreactor, *J. Chem. Technol. Biotechnol.* 75(1):66-72
- [6] Sevelle B.: *Félüzemi fermentációs laborgyakorlat*, 2008, BME jegyzet
- [7] Ruchti, G., Dunn, I.J., Bourne, J.R. (1981) Comparison of dynamic oxygen electrode methods for the measurement of K_{La} , *Biotechnol. Bioeng.* 23(2) 277-290

Ereký-díj átadása

A VEAB Ipari Biotechnológia Munkabizottsága 2020. február 4-én, kedden 10:00-kor a Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar 7. emeleti tárgyalójában tartotta azt az ülést, melyen a 2019. évi Ereký Károly Díj díjazottjának előadása szerepelt. A már nagy hagyományokkal rendelkező pályázat díjazottja Papp Lejla volt, aki a Pannon Egyetem Bionanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézetében írta meg szakdolgozatát. A „Mágneses nanoszálak előállítása magnetitkötő flagelláris filamentum templátok alkalmazásával” című dolgozat eredményeiről érdekes előadást is tartott az ülésen.

A díj átadását (képünkön) követően egy szakmai előadás következett: Dr. Járvas Gábor, a Pannon Egyetem Bionanotechnológiai és Műszaki Kémiai Kutatóintézet, Transzlációs Glikomika Kutatócsoportjának tudományos munkatársa számolt be rangos nemzetközi konferenciákon is elismerést kiváltó kutatási eredményeiről.



A 2019. évi Ereký-díj átadása

KÖZELGŐ KONFERENCIÁK, KURZUSOK

International Congress for Membrane and Electromembrane Processes, MELPRO2020

2020. november 8., Prága (Csehország) (hibrid konferencia)

<https://www.melpro.cz/>

14. International Conference on Desalination and Membrane Technology (ICDMT 2020)

2020. október 29-30., Párizs (Franciaország)

<https://waset.org/desalination-and-membrane-technology-conference-in-october-2020-in-paris>

Membrane Technology Conference & Exposition

2021. március 22-26., West Palm Beach, FL (USA)

<https://www.amtaorg.com/>

Polymers 2021: New Trends in Polymer Science: Health of the Planet, Health of the People

2021. május 17-19., Torino (Olaszország)

<https://10times.com/polymers-turin>

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

2021. július 8-10., Budapest

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

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>

EuroMembrane 21

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

<http://euromembrane2021.eu/>

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>

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.