

Élesztőgomba metabolizmusának vizsgálata szén-dioxid gáz nyomásának mérésével

TDK dolgozat

Készítette:

Nagy Anikó Napsugár

Budapest XIV. Kerületi
Teleki Blanka Gimnázium

Konzulens:

Dr. Lagzi István László

Budapesti Műszaki és
Gazdaságtudományi Egyetem
Természettudományi Kar

Középiskolai fizika tanára: Dr. Jarosievitz Beáta
Budapest XIV. Kerületi Teleki Blanka Gimnázium

Budapest, 2024

Tartalomjegyzék

1. Motiváció	3
2. Tudományos összefoglaló.....	3
3. Bevezetés	4
4. Kísérleti elrendezés	6
4.1. A keletkezett szén-dioxid gáz nyomásának mérése manométerrel	6
4.2. Az élesztőgomba metabolizmusának vizsgálata spektrofotométerrel	7
5. Eredmények	8
5.1. Szén-dioxid gáz keletkezése manométerrel való méréssel.....	8
5.2. Koncentráció vizsgálata spektrofotométerrel	10
6. Összefoglalás	11
7. Irodalomjegyzék	12
8. Ábrajegyzék.....	12
Köszönet	13

1. Motiváció

Az élesztőgomba metabolizmusának mérése nem csak tudományos kérdésekre ad választ, hanem lehetővé teszi az iparban való gazdaságosabb felhasználását is. Leggyakrabban az élesztőgombához a tápanyagot a fermentációs folyamat elején adják hozzá. Azonban felmerül az a tudományos kérdés, hogy mi történik a fermentációs folyamattal, ha a tápanyagot nem egyszerre, hanem szakaszosan adagoljuk. Ahhoz, hogy erre a kérdésre választ adjunk, ki kell dolgozni olyan módszereket, amellyel az élesztőgomba metabolizmusa időben nyomon követhető. Dolgozatomban manométerrel és spektrofotométerrel való mérésekkel vizsgáltam az élesztősejtek metabolizmusát. A munkám során szerzett tudást és tapasztalatot későbbiekben szeretnénk hasznosítani a periodikusan táplált fermentációs folyamatok vizsgálatában.

2. Tudományos összefoglaló

Kutatásom során az élesztőgomba metabolizmusát vizsgáltam kétféle mérési módszerrel. Meghatároztam, hogy a szacharóz mennyisége, hogyan befolyásolja a metabolizmus fokát. Megvizsgáltam azt az esetet is, amikor kevés vagy egyáltalán nem volt szacharóz az élesztő környezetében, illetve, ha a tápanyagot már nem képes lebontani az élesztő. Mérésemet kétféle kísérleti úton végeztem el. Az egyik a gázfejlődés vizsgálata volt U-csöves manométerrel. Ennél a kísérletnél a keletkezett szén-dioxid gáznyomás mértékét mértem. Másik kísérletemben, UV-látható spektroszkópiával vizsgáltam a minta turbiditását szacharóz koncentrációjának függvényében. Az élesztőgombák metabolizmusa során, a szaporodás miatt, a számuk (koncentrációjuk) változik, ami arányos a szacharóz mennyiségével.

3. Bevezetés

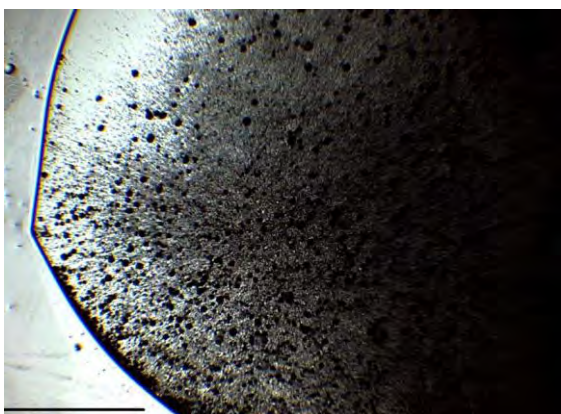
Az élesztőgombák a gombák országába tartoznak [1]. A gombák, mint egy 1%-át teszik ki. Az élesztőgomba sejtjei lehetnek oválisok vagy gömbölyűek és 5–10 mikrométer átmérőjűek (1. ábra). A természetben először a szőlő és a szilva héján, vékony fehér réteggént figyelték meg, ugyanis ez a gomba a növény kutikula rétegében él. Szaporodása ivartalan sarjadzás, más néven bimbózás útján történik. Ez olyan ivartalan szaporodási mód, amely során a szülő testén kinövés („bimbó”) keletkezik, és abból új teleprész/telep/szervezet fejlődik [1]. Az élesztőgomba egy szaprofita, vagyis lebontó szervezet. Tulajdonsága, hogy szacharóz vagy glükózból képes szén-dioxidot és alkoholt előállítani lebontás következtében [4]. Ezt a folyamatot fermentációnak hívjuk. A „fermentáció” kifejezés latin eredetű, és szorosan kapcsolódik a „fermentum”-hoz, a kovász latin nevéhez. A biotechnológia a fermentációs folyamatra utal, amikor szerves anyagokat alakítanak át baktériumok, gombák, kultúrák felhasználásával vagy enzimek hozzáadásával [5]. A fermentálás történhet aerob (a lebontáshoz oxigénre van szükség) és anaerob (a lebontáshoz nincs szükség oxigénre) folyamat során [6].

Az élesztőt sör és bor készítésére is használják [3]. Miután az élesztő lebontotta az adott anyag szacharóz tartalmát hajlamos az autolízisre. Az autolízis az a biológiai jelenség, mikor egy sejt felbontja magát saját enzimei segítségével. Segíti az anyagcsere folyamatokat és a sejt regenerációt. Az autolízis folyamatában a sejt membrán felbomlik, a sejtben lévő sejtplazma(citoplazma) kiszabadul a többi organogén anyaggal, amit az enzimek kisebb molekulákra bontanak és újra felhasználnak [7].

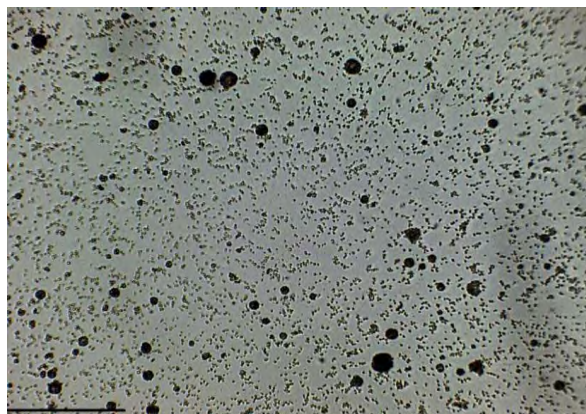
Az élesztőgomba antibiózisban együtt él bizonyos baktériumokkal, így a benne keletkezett antibiotikum a baktériumokra káros hatással van. Az élesztőnek gyógyhatásai is vannak, segítik az emésztőrendszerünket. Az élesztő olyan emésztőenzimeket tartalmaz, mint a laktáz, szacharóz és maltáz, melyeknek köszönhetően az antibiotikumok szedése során keletkező mellékhatásokkal szemben is hatékony, ugyanis az élesztőgombák segítik a belekben található „jó” baktériumok munkáját az emésztésben. Ezenkívül segítik a bélnyálkahártya védekezőképességét, és erősítik az immunrendszert. A benne található kálium erősíti a fogakat és a csontokat, a magnézium pedig az izomzatunkra van jótékony hatással. Az élesztőben rengeteg egészséges összetevő található, többek közt B1-, B2- és B-vitaminok, így nem csupán az idegeinket védi, hanem sok anyagcsere folyamatnál is kiemelt szerepe van, továbbá a hajunk, a bőrünk és a körmünk is sokkal szebb lesz tőle, mivel biotint és folsavat tartalmaz. Az élesztő nem csak a testi, hanem a lelki egészségünkre is jótékony hatással van, hiszen képes csökkenteni a depresszió tüneteit, enyhíti a szorongáson, és még az alvásunk minőségén is

képes javítani, aminek köszönhetően sokkal kipihentebbek leszünk. Számos új kutatás szerint a szacharózbetegekkel is jól tesz az élesztő, ugyanis a benne található vitaminok és ásványi anyagok képesek helyreállítani a vércukorszintet. Sok ember sima, ráncoktól mentes bőrre vágyik, ebben pedig az élesztő lehet a segítségükre, ugyanis a benne rejlő anyagok be tudnak jutni a bőr mélyebb rétegébe, ahol stimulálják azokat a kötőszöveti sejteket, melyek a kollagén termeléséért felelnek. Ezen kívül serkentik azoknak a molekuláknak a termelését is, melyek összekötik a kötőszöveteket a legfelső bőrréteggel. Ennek köszönhetően ezek sokkal jobb kölcsönhatásban vannak egymással, így javul a bőr vérellátása.

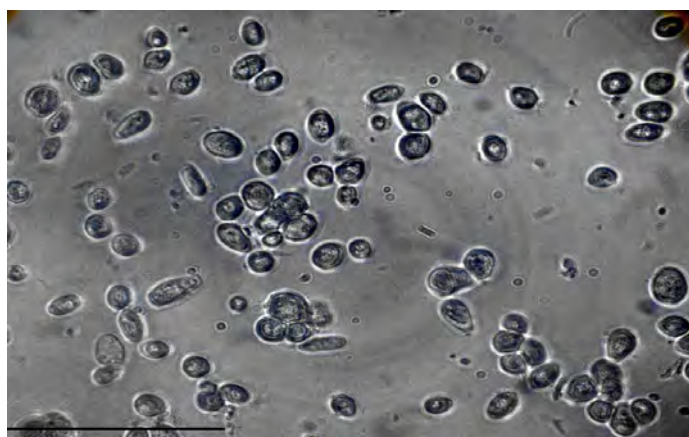
Az élesztőgombáknak tisztító hatásuk is van, így a hagyományos orvoslásban már régóta használják pattanások, aknék és mitesszerek ellen. Az élesztő képes kivonni a bőrünkől a szennyeződések és a faggyút, felpuhítani a mitesszereket, aminek köszönhetően sokkal könnyebben el lehet azokat távolítani [2]. A kísérletek során használt **élesztőgombák optikai mikroszkópos képe** különböző nagyítások esetén látható alább:



1. ábra: a kép szélessége 4,3 mm



2. ábra: a kép szélessége 1,5 mm



3. ábra: a kép szélessége 0,4 mm

4. Kísérleti elrendezés

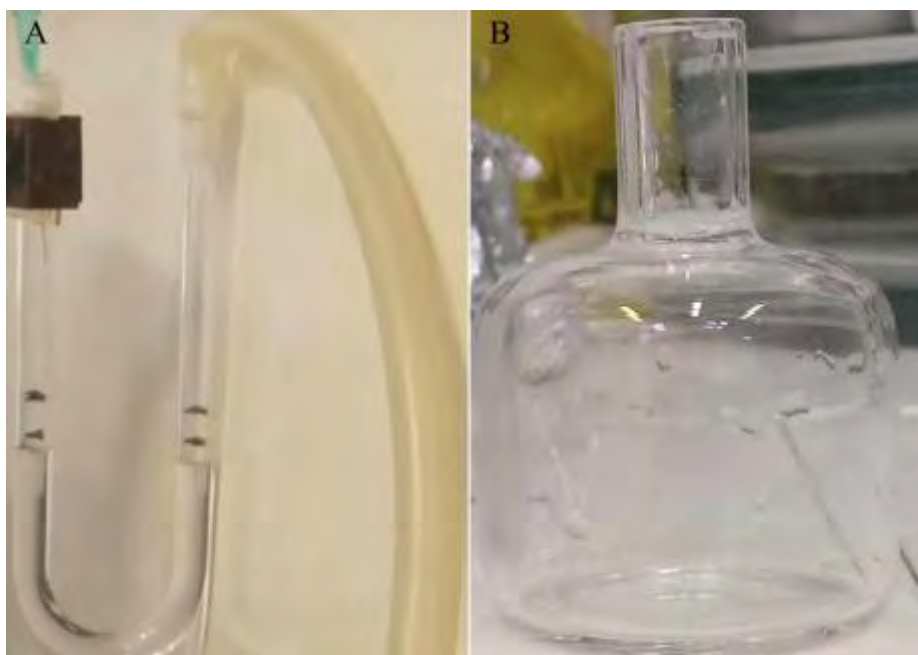
Az élesztőgomba metabolizmusát kétféle módszerrel végeztem el.

4.1. A keletkezett szén-dioxid gáz nyomásának mérése manométerrel

A kísérlet elvégzéséhez általános élesztőt használtam, amit a Sigma-Aldrich vegyszer gyártó cégtől szerezünk be. 2,5 g élesztőt 10 ml vízzel szuszpendáltam. Különböző mennyiségű 1 mólos (mol/dm^3) szacharóz oldat hozzáadása után egy reaktorba öntöttem az elegyet.

A reaktorban ment végbe a fermentációs folyamat. A reaktort ráerősítettem a manométerből kiálló csőre és légmentesen leszigetelem. 15 perc után leolvastam vízoszlop elmozdulását mérőpapír és fényképezőgép segítségével.

Az alábbi ábrán a gáznyomás mérésekor használt elrendezés látható:



4. ábra: az U-csöves manométer

5. ábra: az alkalmazott reaktor

Magyarázat: lásd 4-es ábra: az U-csöves manométer, amiről leolvastam a gázfejlődés mértékét, 5-ös ábra: az alkalmazott reaktor, amiben végbement a fermentációs folyamat.

Kísérletemben U-csöves manométerrel végeztem el a méréseket. A manométer működési elve a nyomáson alapszik, ami vízoszlop magasságának megváltozásához vezet. Az U alakú csőbe vizet tettem, aminek a sűrűsége szobahőmérsékleten $998,2 \text{ g/cm}^3$.

Kezdetben, az üvegcső két oldalát nyitva hagyva a cső két oldalában a vízszint egyenlő, mert mindkét oldalra ugyanannyi nyomás hat (légnyomás). A cső egyik végére erősített, a reaktorban keletkező szén-dioxid, túlnyomást eredményez, így a csőben lévő víz szintje a nyitott végű

üvegcsőben megemelkedik. Az elmozdulás mértékéből és a víz szobahőmérsékleten (25 °C) való sűrűségéből (997,07 kg/m³) és a nehézségi gyorsulás (9,81 m/s²) szorzatából kiszámolható a keletkezett gáz nyomása.

4.2. Az élesztőgomba metabolizmusának vizsgálata spektrofotométerrel

A kísérletek során 2,5 g élesztőt 10 ml vízzel szuszpendáltam és az elegyből 1 µl-t kivettem és 3 ml vizet adtam hozzá. További négy elegyet készítettem, amihez különböző mennyiségű szacharóz oldatot adtam. 15 perc elteltével megmértem a minták turbiditását spektrofotométer segítségével (lásd: ábra). A turbidimetria a kolloid oldatok fényszórásának mérésére alkalmas mérési technika. Az oldatra fényt irányítunk egy része elnyelődik, a másik része szóródik, a maradék rész pedig tovább halad. Ezzel a spektrofotometriás méréssel az áthaladó fény csökkenését mértem. A mért turbiditás (abszorbancia) egyenesen arányos a Beer–Lambert törvény szerint a koncentrációval.



6. ábra: UV spektrofotométer



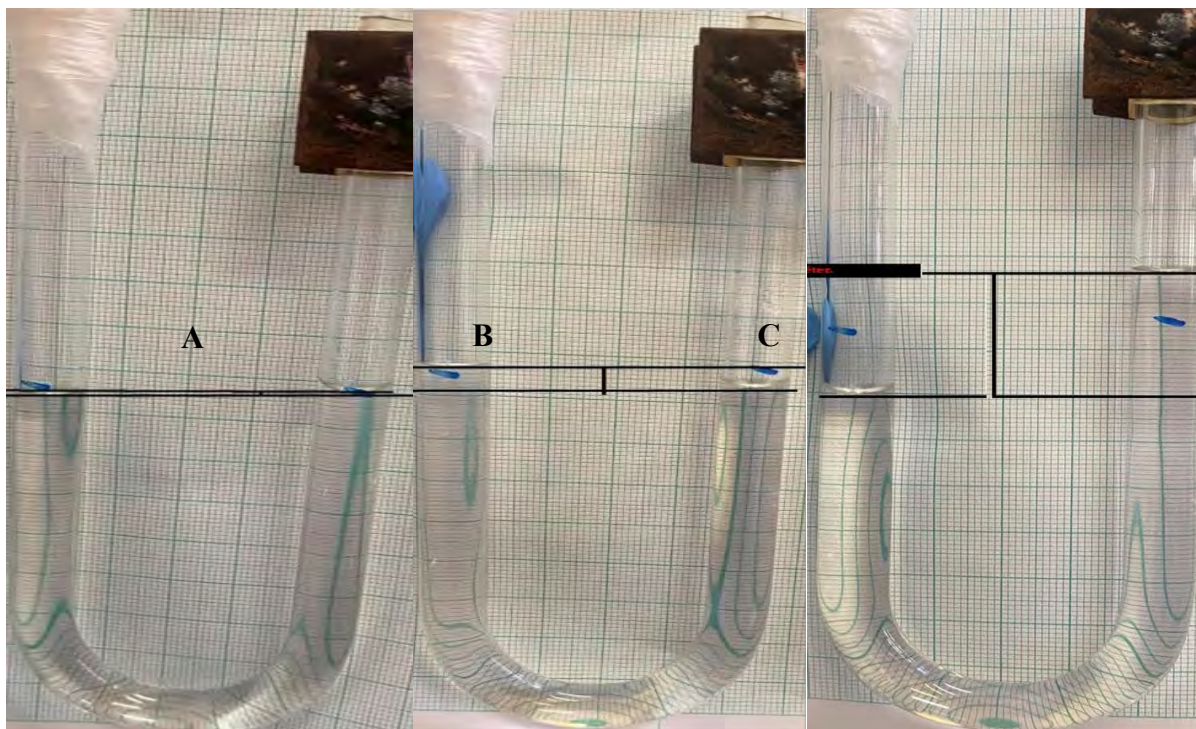
7. ábra: az alkalmazott reaktor

Magyarázat: a 6-os ábrán látszik a mérések során használt UV-látható spektrofotométer fényképe, a 7-es ábrán látható az alkalmazott reaktor, amiben végbement a fermentációs folyamat.

5. Eredmények

5.1. Szén-dioxid gáz keletkezése manométerrel való méréssel

A manométerrel mérőpapírral, majd később számítógépes kiértékeléssel kiszámoltam a két csőben lévő vízoszlop magasságát. A manométerben keletkezett vízszint változások különböző szacharóz mennyiségek esetén látható az ábrákon.



8. ábra: A: 100 µl

9. ábra: 200 µl

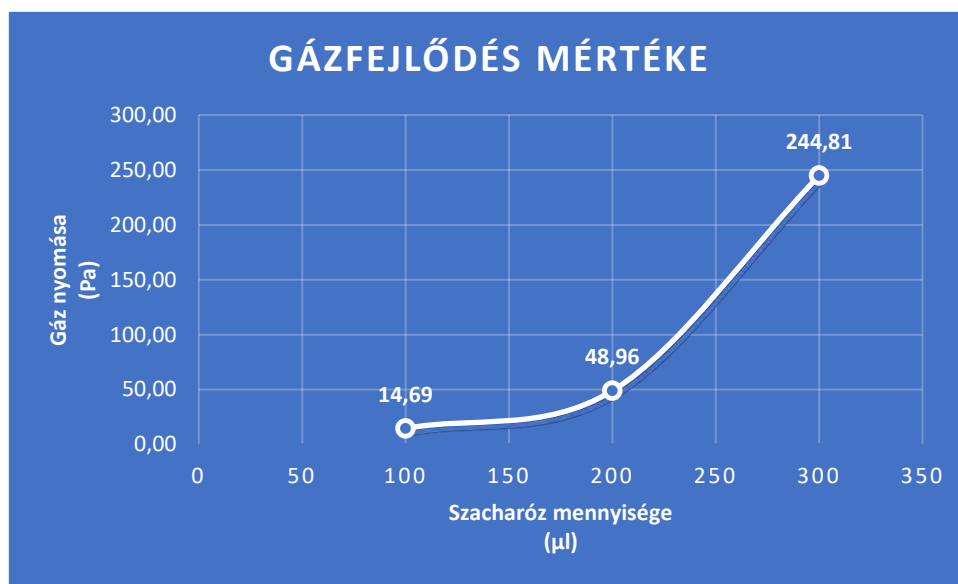
10. ábra: 300 µl

Számítógépes mérésnél meghatároztam a papíron egy centimétert pixelben és ehhez viszonyítva kiszámoltam a távolságot a két vízszint közötti távolságot (1. táblázat).

	szacharóz mennyisége (µl)	két oldal közötti magasság (cm)
A	100	0,15
B	200	0,5
C	300	2,5

1. táblázat: a szacharóz mennyiségének függvényében történt vízoszlop elmozdulásának mértéke látható.

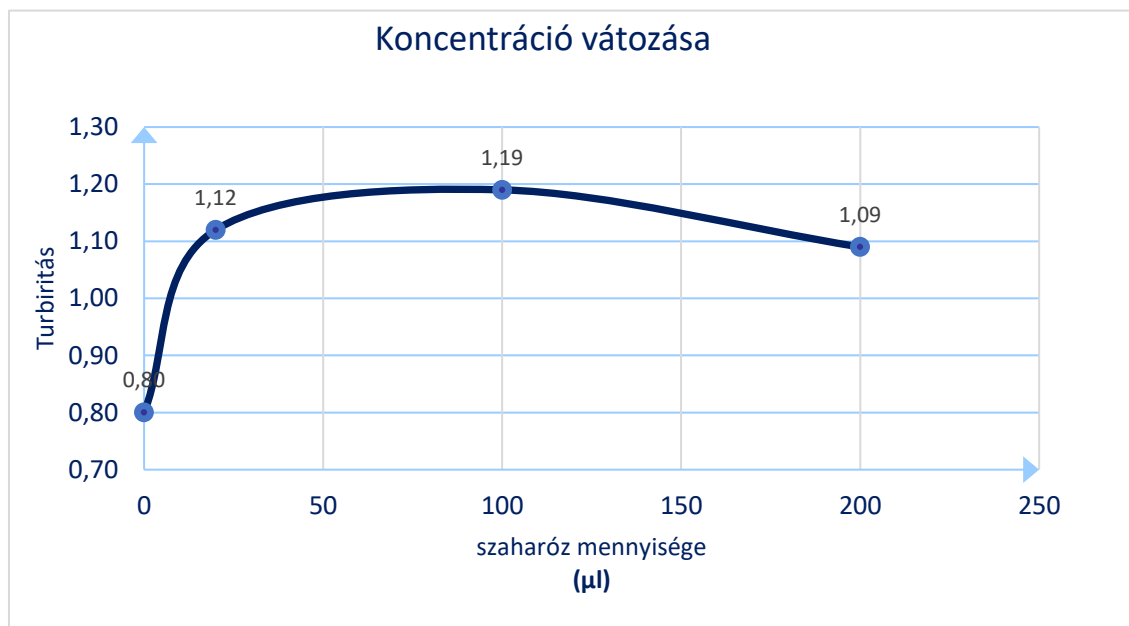
Ezekből az adatokból kiszámoltam a keletkezett szén-dioxid gáz nyomást ($p = \rho g \Delta h$).



11. ábra: A különböző szacharóz mennyiségek esetén mért szén-dioxid gáz nyomása.

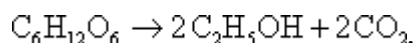
Az 11. ábrán látható, hogy a szacharóz mennyiségének függvényében az élesztőgomba által termelt szén-dioxid gáz mennyisége a vizsgált tartományban exponenciálisan nő. Minden alkalommal 15 percig volt az élesztő szuszpenzió a reaktorban. Ebből arra következtettem, hogy az élesztő metabolizmusának intenzitása függ a szacharóz mennyiségétől.

5.2. Koncentráció vizsgálata spektrofotométerrel



12. ábra: A különböző szacharóz mennyiségek esetén mért abszorbancia.

A 12. ábrán látható az abszorbancia vagyis fényelnyelés mértéke szacharóz hozzáadásának függvényében. Az abszorbancia egyenesen arányos a koncentrációval így elmondható, hogy szacharóz hozzáadásával az élesztőgombában fokozódik a metabolizmus foka így a koncentráció növekszik. A grafikonon látható, hogy 200 µl szacharóz oldat hozzáadásánál kisebb a mért turbiditás. Ez azért lehetséges, mert az élesztőgombák metabolizmusa során glükózból szén-dioxid és alkohol keletkezik



Az alkohol károsítja a sejt energia termelő sejt szervecskét, a mitokondriumot. Ez főként az alkohol metabolizmusából eredő acetaldehid toxikus hatásának köszönhető. Az energia ATP termelésének hiányában leállnak az anyagcsere folyamatok. Így túl sok tápanyag mellett is bekövetkezik az apoptózis, más néven a sejthalál, mivel túl sok alkohol termelődik az élesztő metabolizmusa során. Ez után a folyamat után a gomba elkezd saját szerves anyagait lebontani, ez az autolízis folyamata, mivel több szerves anyagot nem tud felvenni. A 0,2 mmol glükózból ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$) 0,4 mmol etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) és 0,4 mmol szén-dioxid (CO_2) keletkezik. Így a keletkezett alkohol mennyisége $0,4 \text{ mmol} \times 46,07 \text{ g/mol} = 18,4 \text{ mg}$. Ebből az adatból kiszámítható az oldatban lévő alkohol térfogatszázaléka. Szobahőmérsékleten az alkohol sűrűsége $0,789 \text{ g/cm}^3$. Így elmondható, hogy $0,789 \text{ g/ml} / 0,0184 \text{ g} \approx 0,0233 \text{ ml}$ alkohol és 0,25

mg élesztő található az oldatban. A keletkezett alkohol az élesztőnek 9,3%. Az alkohol tőrése függ az élesztő fajtájától viszont az általános élesztő 10% alkoholban elpusztul.

6. Összefoglalás

Az élesztőgombák fontos szerepet játszanak az élelmiszeriparban és a biotechnológiában. A legtöbb területen a gomba metabolizmusát hasznosítják. Kísérleteim során az élesztőgomba metabolizmusát a fermentáció során keletkezett szén-dioxid gáz nyomásának mérésével és spektrofotometriás eljárással követtem nyomon.

Kutatásom során arra jutottam, hogy a szacharóz mennyisége befolyásolja a keletkezett szén-dioxid gáz mennyiségét. Ezt azzal támasztom alá, hogy az élesztőgomba metabolizmusa során a sejtek száma (koncentrációja) változik, így biztos, hogy a folyamat végbe ment. Kísérletek további érdekes kérdéseket vetnek fel Ha a szacharóz mennyiségét periodikusan adagolom, hogyan változik a keletkezett szén-dioxid gáz mennyisége?

7. Irodalomjegyzék

- [1] Baranyai József, Kerényi Zoltán, Szabó Bence Farkas, Veres Gábor, Vizkievicz András. (2020). Gyűjtemény a biológia emelt szintű oktatáshoz. In J. Baranyai, Z. Kerényi, B. F. Szabó, G. Veres, & A. Vizkiewicz, *Gyűjtemény a biológia emelt szintű oktatáshoz* (old.: 141). OH.
- [2] BENU. (2021. május 18). Az élesztő 7 jótékony hatása. *BENU Magazin*.
- [3]. Gábor, P. (2020). Élesztőgombák jelentősége az élelmiszeriparban, régi és új. In P. Gábor, *Élesztőgombák jelentősége az élelmiszeriparban, régi és új* (old.: 9). Budapest.
- [4] Gábor, S. (2014). Élesztő futtatás. *Sulinet hírmagazin*, 1.
- [5] Galen bio diagnosztikai és bitechnológiai kft. (2024. 10 30). Forrás: <https://galenbiolabor.hu/elesztő-es-peneszgombak-jellemzese/>
- [6]] Gyopár, C. (1999-2000). Élesztő k és az erjedési folyamatok. *Firka*, 1.
- [7] Könyvtár, B. M. (1958). In B. M. Könyvtár, *A Magyar Műszaki egyetemenken elfogadott doktori disszertációk jegyzéke*. Budapest: Budapesti Műszaki Egyetem Központi Könyvtára.

8. Ábrajegyzék

1. ábra: a kép szélessége 4,3 mm	2. ábra: a kép szélessége 1,5 mm.....	5	
3. ábra: a kép szélessége 0,4 mm.....		5	
4. ábra: az U–csöves manométer	5. ábra: az alkalmazott reaktor.....	6	
6. ábra: UV spektrofotométer	7. ábra: az alkalmazott reaktor.....	7	
8. ábra: A: 100 µl	9. ábra: 200 µl	10. ábra: 300 µl	8
11. ábra: A különböző szacharóz mennyiségek esetén mért szén-dioxid gáz nyomása.....			9
12. ábra: A különböző szacharóz mennyiségek esetén mért abszorbancia.			10

Köszönet

Köszönetemet szeretném kifejezni elsősorban konzulensemnek, aki középiskolás diákként, első nehéz megpróbáltatás ideje alatt is támogatott, és a tudományos munka elvégzésére ösztönzött. Nagyon köszönöm a támogatást, a hasznos szakmai tanácsokat, kísérletek elvégzésének a lehetőségét, együttműködést.

Nagyon köszönöm szüleimnek, családomnak is a hosszas türelmét, biztatását, a lelkesítést, együttérzést, a támogatást, amit munkásságom alatt nyújtottak, nyújtanak.

Nem utolsó sorban köszönetemet, szeretném kifejezni középiskolai tanáromnak, aki megteremtette a kutatási lehetőséget, kapcsolatot épített az iskola és a BME között. Köszönöm a hasznos tanácsokat, a sok segítséget!

“...ha a tudományt műveljük, nyugodtan állíthatjuk, hogy teszünk valamit: a talaj itt biztos, s minden felfedezés, még a legkisebb is, megmarad” (PIERRE CURIE).

Budapest, 2024.nov.03.