

**Kutatásalapú tanulást segítő biológia
gyakorlatok 9. évfolyam számára
Tanári kézikönyv**



Dr. Nyisztor Zsolt

Impresszum

Szerző: Dr. Nyisztor Zsolt

Lektorálta: Dénes Eszter

Felelős kiadó: Ciszterci Rend Nagy Lajos Gimnáziuma és Kollégiuma

Cím: 7621 Pécs Széchenyi tér 11.

e-mail: crnl@crnl.hu

telefon: 06 72 312-888

Nyelvi lektor: Dr. Molnár Mária

Pécs, 2025

ISBN 978-615-80509-7-5

Tartalomjegyzék

1	Bevezetés	6
1.1	Az IBL-módszer elméleti alapjai	6
2	Élőflórás kefir mikroorganizmus-flórájának vizsgálata	8
2.1	Bevezetés.....	8
2.2	Tanári feladatok.....	8
2.2.1	Problémafelvetés	8
2.2.2	Szükséges anyagok, eszközök	8
2.2.3	Alkalmazandó eljárások	9
2.2.4	A munka ütemezése.....	10
2.2.5	Balesetvédelem.....	10
2.2.6	Összegzés, értékelés	10
2.2.7	Kitekintés, további lehetőségek.....	10
2.3	Tanulói feladatlap.....	12
2.3.1	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	12
2.3.2	A tapasztalatok magyarázata	13
2.3.3	Összefüggések keresése, értelmezése.....	13
2.3.4	Értékelés	14
2.3.5	Változók azonosítása	14
2.4	Megoldások, magyarázatok.....	15
2.4.1	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	15
2.4.2	A tapasztalatok magyarázata	16
2.4.3	Összefüggések keresése, értelmezése.....	16
2.4.4	Értékelés	16
2.4.5	Változók azonosítása	16
2.5	Források.....	17
3	Az élesztőgomba szaporodásának vizsgálata különböző tápanyagtípusú folyadékkultúrákban	18
3.1	Bevezetés.....	18
3.2	Tanári feladatok.....	19
3.2.1	Problémafelvetés	19
3.2.2	Szükséges anyagok, eszközök	19
3.2.3	Alkalmazandó eljárások bemutatása	20
3.2.4	A munka ütemezése.....	20
3.2.5	Munka- és balesetvédelem.....	21

3.2.6	Összegzés, értékelés	21
3.2.7	Kitekintés, további lehetőségek	21
3.3	Tanulói feladatlap	22
3.3.1	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	22
3.3.2	A tapasztalatok magyarázata	22
3.3.3	Összefüggések keresése, értelmezése	23
3.3.4	Értékelés	23
3.3.5	Változók azonosítása	23
3.4	Megoldások, magyarázatok	24
3.4.1	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	24
3.4.2	A tapasztalatok magyarázata	25
3.4.3	Összefüggések keresése, értelmezése	25
3.4.4	Értékelés	25
3.4.5	Változók azonosítása	25
3.5	Források	26
4	Zöld szemesostoros (<i>Euglena viridis</i>)	27
4.1	Bevezetés	27
4.2	Tanári feladatok	27
4.2.1	Problémafelvetés	27
4.2.2	A szükséges anyagok, eszközök	27
4.2.3	Alkalmazandó eljárások bemutatása	28
4.2.4	A munka ütemezése	29
4.2.5	Balesetvédelem	29
4.2.6	Összegzés, értékelés	29
4.2.7	Kitekintés, további lehetőségek	29
4.3	Tanulói feladatlap	30
4.3.1	Változók azonosítása	30
4.3.2	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	30
4.3.3	A tapasztalatok magyarázata	31
4.3.4	Összefüggések keresése, értelmezése	31
4.3.5	Értékelés	31
4.4	Megoldások, magyarázatok	32
4.4.1	Változók meghatározása	32
4.4.2	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	32

4.4.3	A tapasztalatok magyarázata	33
4.4.4	Összefüggések keresése, értelmezése	33
4.4.5	Értékelés	34
4.5	Források.....	34
5	Az ecetmuslica (<i>Drosophila melanogaster</i>) fejlődési feltételeinek vizsgálata	36
5.1	Bevezetés.....	36
5.2	Tanári feladatok.....	37
5.2.1	Problémafelvetés	37
5.2.2	A szükséges anyagok, eszközök	37
5.2.3	Alkalmazandó eljárások bemutatása	37
5.2.4	A munka ütemezése.....	38
5.2.5	Balesetvédelem.....	38
5.2.6	Összegzés, értékelés	39
5.2.7	Kitekintés, további lehetőségek.....	39
5.3	Tanulói feladatlap.....	40
5.3.1	A muslica egyedek vizsgálati tapasztalatainak összegyűjtése.....	40
5.3.2	A tenyésztési kísérlet tapasztalatai	41
5.3.3	A tapasztalatok magyarázata	41
5.3.4	Összefüggések keresése, értelmezése.....	41
5.3.5	Értékelés	42
5.3.6	Alapvetések	42
5.4	Megoldások, magyarázatok.....	43
5.4.1	A muslica egyedek vizsgálata.....	43
5.5	Források.....	45
6	A bioindikáció terepi vizsgálata zuzmófajok segítségével	46
6.1	Tanári feladatok.....	46
6.1.1	Problémafelvetés	46
6.1.2	A szükséges anyagok, eszközök	46
6.1.3	Alkalmazandó eljárások bemutatása	46
6.1.4	A munka ütemezése.....	47
6.1.5	Balesetvédelem.....	48
6.1.6	Összegzés, értékelés	48
6.1.7	Kitekintés, további lehetőségek.....	48
6.2	Tanulói feladatlap.....	49

6.2.1	Alapvetések	49
6.2.2	A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése	49
6.2.3	A tapasztalatok magyarázata	50
6.2.4	Összefüggések keresése, értelmezése	50
6.2.5	Értékelés	50
6.3	Megoldások, magyarázatok.....	51
6.3.1	Alapvetések	51
6.3.2	A kísérlet tapasztalatai.....	51
6.3.3	A tapasztalatok magyarázata	51
6.3.4	Összefüggések keresése, értelmezése.....	52
6.3.5	Értékelés	52
6.4	Források.....	52

1 Bevezetés

Kedves Kollégák!

Az elmúlt 25 évben tehetséggondozásban eltöltött idő alatt egyértelműen kikristályosodott bennem, hogy a tanórákhoz kapcsolódó gyakorlatok, laboratóriumi és terepgyakorlatok igen nagymértékben segítik a tudás elsajátítását, a problémák mélyebb megértését. Emellett nagyon fontos az a motivációs tényező, amely így segíti a diákokat a nehezebben befogadható, kevésbé élményszerű tananyagrészek elsajátításában is. Ezen munka során találkoztam a kutatásalapú tanulás, tanítás (Inquiry Based Learning – IBL) módszerével.

Az IBL lényege, hogy a tanulók nem pusztán ismereteket vesznek át, hanem aktívan részt vesznek a tudás előállításában kutatási tevékenységeik révén. Ez a megközelítés a tanulókat kutatóvá teszi, a tanárt pedig facilitátori szerepbe helyezi.^{[2][1]}

Öt éve foglalkozom ezzel a módszerrel, és úgy gondolom, a hagyományos gyakorlatokhoz képest mélyebb megértést, több motivációt és alaposabb tudást biztosít a diákok számára. Kétségtelen azonban, hogy a tanár számára több feladatot jelent, alaposabb felkészülést kíván.

Ebben a folyamatban megszerzett tapasztalataimat szeretném az alábbi tanári kézikönyvben összefoglalni. A könyvben szereplő gyakorlatokat egy külön munkafüzetbe is összerendeztem azért, hogy a diákoknak kiadható formában is segítse a kollégák munkáját.

1.1 Az IBL-módszer elméleti alapjai

Az **IBL** a tanulás azon formája, ahol a diákok kutatási kérdéseket fogalmazznak meg, hipotéziseket alkotnak, adatokat gyűjtenek, majd azokat értelmezik, és levonják következtetéseiket. Ez a folyamat a tudományos gondolkodás alapelemeire épül (megfigyelés, kísérlet, elemzés, értékelés).^{[1][2]}

Spronken-Smith és munkatársai (2007) szerint az IBL négy alapelven nyugszik:

- kérdésekre vagy problémákra épülő tanulás,
- aktív részvétel és önszabályozás,
- a tanár mint segítő, szervező és inspiráló feladata,

- új tudás konstruálása a tanulók saját tapasztalatain keresztül.^[1]

Az IBL három fokozatát különböztetjük meg:

1. **Strukturált kutatás** – a tanár adja meg a problémát és az eszközöket, de a megoldást a tanulók dolgozzák ki.
2. **Irányított kutatás** – a tanár csupán a problémát jelöli ki, az eljárás megtervezése már a tanulók feladata.
3. **Nyitott kutatás** – a diákok önállóan fogalmazzák meg a kutatási kérdést, és végzik el a vizsgálatot.^[1]

Jelen munka során strukturált kutatási feladatokat gyűjtöttem össze azzal a céllal, hogy segítsem elindítani az IBL típusú tanári és diákmunkát. Az egyes fejezetek az alábbi módon épülnek fel: először egy rövid elméleti bevezető összefoglalja a téma fontosságát és alapvető kérdéseit; ezt követően a tanári feladatok kerülnek részletezésre, majd egy a diákoknak szóló gyakorlati feladatlap található. Ezután a feladatok megoldása következik, végül pedig az irodalomjegyzék szerepel.

A sikeres IBL-óra megvalósításához a tanárnak képesnek kell lennie:

- nyitott kérdéseket feltenni és időt adni a gondolkodásra,
- támogató tanulási környezetet kialakítani,
- a tanulói hibákat építő jellegűen kezelni,
- differenciáltan segíteni a különböző képességszintű diákokat.^[2]

A tanári feladatok az alábbi lépésekből tevődnek össze: (1) a probléma felvetése, kijelölése; (2) a szükséges anyagok, eszközök előkészítése, eljárások prezentálása, munka ütemtervének kidolgozása; (3) balesetvédelem; (4) a feladat összegzésének értékelése, esetleges javítása, továbblépések megadása.

A tanulók feladata: a kísérlet során a tapasztalatok összegyűjtése, magyarázata, összefüggések értelmezése, értékelés.

A munkához, a tanításhoz és a közös felfedezés öröméhez jó munkát kívánok!

2 Élőflórás kefir mikroorganizmus-flórájának vizsgálata

2.1 Bevezetés

A kefir mint élelmiszer mikrobiális összetétele és táplálkozásegészségügyi jelentősége

A kefir egy tradicionális savanyított tejtermék, amely egyedülálló mikrobiális közösséget tartalmaz; jellemzően tejsavbaktériumokból, különböző élesztőgombákból és más mikroorganizmusokból áll. A mikroorganizmusok komplex keveréke különbözik például a joghurttól, ami csak néhány baktériumtörzset hordoz, így a kefir sokoldalúbb és erőteljesebb probiotikus hatással bír. Az egészségügyi előnyök között szerepel az emésztőrendszer egészségének támogatása, a bélflóra egyensúlyának helyreállítása, az immunrendszer erősítése, valamint olyan kedvező hatások, mint a gyulladáscsökkentés és a koleszterinszint szabályozása. A fermentáció során kialakuló ún. L(+) tejsav biológiailag aktív formában járul hozzá ezekhez a kedvező hatásokhoz. Vizsgálatunk ennek a mikrobiális közösségnek a környezeti igényeit szeretné feltárni.

2.2 Tanári feladatok

2.2.1 Problémafelvetés

Vizsgáljuk meg két különböző, élőflórás kefirminta mikrobiális összetételét és életképességét eltérő pH-értékű táptalajokon!

- Hogyan változik a különböző márkájú kefirekben található baktériumok és gombák szaporodása eltérő pH-értékű környezetben?
- Befolyásolja-e a pH a baktérium-, illetve a gombatelepek növekedését, fejlődését?

2.2.2 Szükséges anyagok, eszközök

Kefirminták:

- Milli kefir (Magyarország) – tartalmazza például: *Lactobacillus kefiranofaciens*, *Lactococcus lactis*, *Streptococcus thermophilus*

- Bakoma kefir (Lengyelország, hazai forgalomban) – tartalmazza például: *Lactobacillus acidophilus*, *Bifidobacterium bifidum*, *Streptococcus thermophilus*

(A pontos törzslistát aktuális gyártói adatlap/raktári címke alapján ellenőrizni kell a laborban!)

Baktériumok magyar és latin nevei példákban:

Táptalajok:

- Standard tej agar vagy MRS agar
- Háromféle pH-beállítás: pH 4,0; pH 5,5; pH 7,0 (foszfát pufferrel/savval-bázissal beállítva)

Egyéb eszközök:

- Steril pipetta, petricsésze (3db/minta)
- Oltókacs/vattapálca
- Inkubátor 37°C (nem feltétlenül szükséges)
- pH-mérő
- Védőkesztyű, fertőtlenítőszer, hulladéktartály

2.2.3 Alkalmazandó eljárások

1. **Előkészítés:** Mindkét kefirmintából mintaelőkészítés: 1:10 hígítást végezni steril fiziológiás sóoldatban vagy kiforralt, lehűtött csapvízzel...
2. **Táptalaj előkészítése:** Minden táptalaj három különböző pH-ját állítsuk be laboratóriumi pH-mérővel.
3. **Beoltás:** Minden minta és minden pH-szint táptalajára külön petricsészébe egyforma mennyiséget oltunk (húzóátányér/terítéses módszer).
4. **Inkubáció:** Petricsészek inkubálása 24-48 órán át 37°C-on vagy 72 órán át szobahőn.
5. **Értékelés:** Kolóniák számlálása, mérete, színe véleményezhető, morfológia leírása (jegyzetelés, fényképezés javasolt).
6. **Adatok rögzítése:** Táblázatban a különböző pH-jú agaron mutakozó kolóniaszámokat/morfológiát összehasonlítják.

2.2.4 A munka ütemezése

Fázis	Időkeret
Előkészítés	30 perc
Beoltás	30 perc
Inkubáció	24–48 óra (következő óra)
Értékelés, kiértékelés	45 perc
Összegzés	15 perc

2.2.5 Balesetvédelem

- A mikrobiális anyagokkal végzett minden munka előtt és után kézmosás, kézfertőtlenítés kötelező.
- Sterilizált eszközök használata (pipetta, oltókacs, petricsésze)
- Védőkesztyű, laborköpeny, szükség esetén maszk és szemüveg
- Az elhasznált táptalaj baktériumokat tartalmaz – csak kijelölt fertőtlenítő tartályba dobható! 24 órás hipós fertőtlenítés megfelelő.

2.2.6 Összegzés, értékelés

- A tanulók a különböző pH-jú táptalajokon megfigyelik, mely környezet kedvez leginkább a mikroorganizmus-kolóniák szaporodásának.
- Feljegyzések, fotók alapján értékelik: nő-e valamely mintabaktérium vagy -gomba életképessége/tömege egyes pH-értékeken.
- Az eredményeket közösen megbeszélik, hogyan mutatkozik meg a pH-hatáson keresztül a baktérium-/gombaflóra sokfélesége (diverzitása és alkalmazkodási képessége).

2.2.7 Kitekintés, további lehetőségek

- Más tejtermékek vizsgálata: joghurt, aludttej.

- Milyen egyéb környezeti tényezők (hőmérséklet, fény, ozmotikus viszonyok) befolyásolják még a baktériumok, gombák szaporodást?
- Vizsgálhatók további különböző gyártójú vagy házi termékek is.
- Antibiotikum tartalmú táptalaj vagy antibiotikum-korongok kipróbálása a rezisztencia vizsgálatához (tovább vezető kísérlet).

Jegyzet: A vizsgálat pontos törzslistájához minden minta aktuális címkéje hivatalos gyártói adatlappal egyeztetendő, mivel a pontos baktériumösszetétel időben változhat.

2.3 Tanulói feladatlap

Élőflórás kefir mikroorganizmus-flórájának vizsgálata

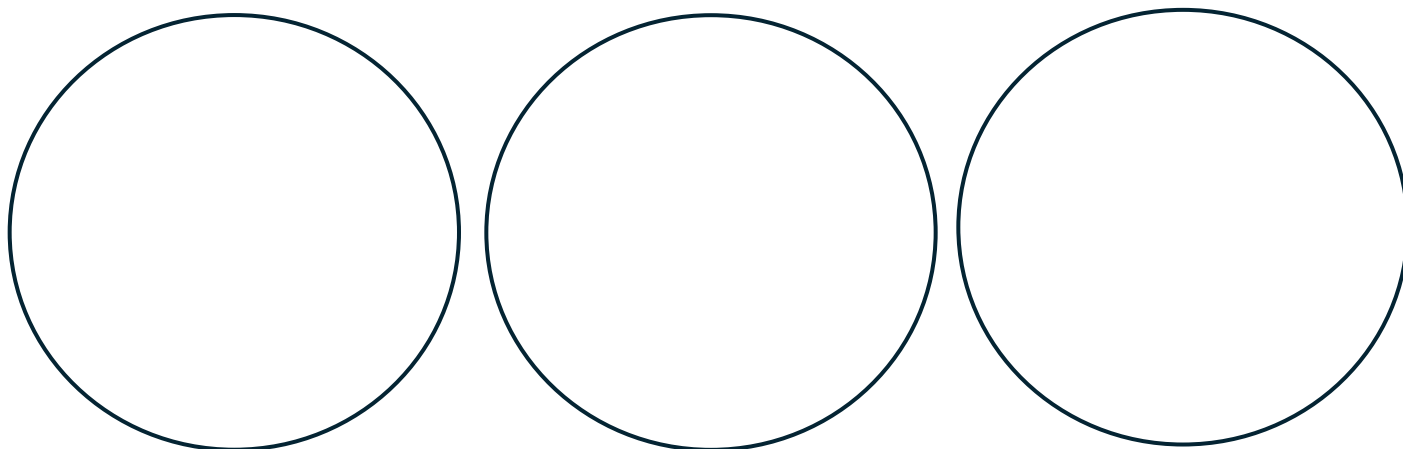
Válaszaid legyenek minél részletesebbek, a rajzokat pedig gondosan készítsd el, mert segítik a tapasztalatok megértését.

2.3.1 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- Milyen változásokat figyeltél meg a baktérium- és gombakolóniák számában a különböző pH-jú táptalajokon? Voltak-e szembetűnően gazdagabb vagy szegényebb tenyészetek?
.....
- Figyelj meg különbséget a két kefir márkájú kolóniái között (szám, szín, méret, megjelenés)!
.....
- Írd le, hogyan változott a kolóniák kinézete (szín, forma, felület) a különböző pH-tartományokban!
.....
- Rögzítsd, hogy voltak-e tápanyagot lebontó, gázképző vagy egyéb eltérő kolóniamegjelenések!
.....
- Milyen szagot, állagot, egyéb látványos eltérést tapasztaltál a különböző tenyészeteknél?
.....

Rajzold le a három különböző pH-jú táptalajon látott tenyészeteket!

(Húzz az alábbi 5 cm átmérőjű körökbe minden táptalajhoz egy-egy vázlatrajzot! Jelöld szabadon a különböző kolóniákat!)



2.3.2 A tapasztalatok magyarázata

Jegyezz le legalább 3 eltérő tapasztalatot, és magyarázd meg azok okait! Bármely más tapasztalatot is feljegyezhetsz, megmagyarázhatsz.

.....

.....

.....

.....

(Pl.: Miért volt az egyik táptalajon több kolónia, mint a másikon? Mi okozhatta, hogy a két márká között különbség van? Tapasztaltál-e olyat, hogy egyes baktériumok csak bizonyos pH-n nőttek jól? Mit jelent ez az élettevékenységük szempontjából?)

2.3.3 Összefüggések keresése, értelmezése

Segítő kérdések (Mindegyikre válaszolj!):

- Hogyan hatott a mikroorganizmusok szaporodására a pH-változás?
.....
- Észrevettél-e márkafüggő eltéréseket? Mit jelenthet ez a termékek minőségére nézve?
.....
- Volt-e olyan pH, aminél nem indult meg a szaporodás? Ez összefüggésben lehet-e a természetes élőhelyükkel?
.....
- Milyen egyéb tényezők (pl. hőmérséklet, tápanyag) okozhatnak változást a baktériumkolóniák fejlődésében?
.....
- Hogyan lehetne tovább pontosítani a vizsgálati módszert, ha többféle baktériumtörzset akarnánk elkülöníteni?
.....
- Milyen módon segítik a gombák és a baktériumok egymás működését?
.....

2.3.4 Értékelés

Segítő értékelő kérdések:

- A kísérlet mely részét találtad a legizgalmasabbnak?
.....
- Mi volt a legnehezebb megfigyelési vagy mérési feladat?
.....
- Mit tanultál arról, hogy hogyan hat a környezet a mikroorganizmusok életére?
.....

2.3.5 Változók azonosítása

- Sorold fel a kísérletben a független változókat (amit változtatunk)!
.....
- Sorold fel a függő változókat (amit mérünk)!
.....
- Sorold fel a rögzített változókat (amit állandó értéken tartunk)!
.....

2.4 Megoldások, magyarázatok

A kefir mikroorganizmusainak különböző pH-értékeken végzett vizsgálatából levonható következtetések jelentősek a termék biológiai működése és élelmiszeripari szerepe szempontjából. A kefirben található fő mikroorganizmus-csoportok közé tartoznak a tejsavbaktériumok (pl. *Lactobacillus kefirifaciens*, *Lactococcus lactis*) és különféle élesztőgombák (például *Saccharomyces cerevisiae*).

A kísérlet során megfigyeltük, hogy a mikroorganizmusok különböző pH-körülményekhez eltérően alkalmazkodnak, és ennek következtében változik a szaporodásuk intenzitása. A 4,0 és 5,5 pH-értékű savas közeg optimális környezetet biztosít a tejsavbaktériumok számára, amelyek így hatékonyan tudják fermentálni a tejcukrot, tejsavat termelve. Ez a savas közeg gátolja a káros baktériumok elszaporodását, hozzájárulva a kefir tartósságához és egészségügyi előnyeikhez. Az élesztőgombák számára is előnyös a savas közeg, hozzájárulva az alkoholos erjedéshez és a termék jellegzetes ízének kialakulásához. A pH 7,0 körüli semleges közeg viszont kevésbé kedvez mindkét mikroorganizmus-csoportra nézve, lelassítja növekedésüket, így ez a pH-szint nem alkalmas a kefir jellegének fenntartására.

A mikroorganizmusok közötti kapcsolatot szimbiotikus fermentációnak nevezzük. Ez egy összetett kölcsönhatás, ahol a baktériumok által termelt anyagok (például tejsav) elősegítik az élesztőgombák növekedését, míg az élesztők által képzett CO₂ és alkohol szabályozza a baktériumflóra összetételét. Ez az ökológiai egyensúly és kölcsönhatás biztosítja a kefir stabilitását, minőségét, és megőrzési tulajdonságait. Összességében a kefir egészséges probiotikum, amelynek működése a mikrobák szoros együttműködésén alapul, és a pH-érték szabályozása kulcsfontosságú a fermentációs folyamatok sikeressége és a végtermék biológiai értéke szempontjából.

2.4.1 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- A szacharóz- és glükózoldatban indult be a leggyorsabban a szaporodás, mert az élesztő könnyen metabolizálja ezeket az egyszerű cukrokat.
- A buborékok megjelenési sorrendje: először glükóz-, majd a szacharózoldatban, ezután a tejben, legvégül a keményítőoldatban.
- A glükóz- és szacharózoldatok átlátszóak, de zavarosak lettek a szaporodás miatt; a keményítőoldat kevés változást mutatott, a tej pedig enyhén opálos maradt.
- Az erjedés alatt enyhe, alkoholra és savanyúságra emlékeztető illat jelentkezett a glükóz- és szacharózoldatokban.

- A rajzokon a glükóz- és szacharózoldatokban mért gázfejlődés volt a legjelentősebb, a tejben kisebb, a keményítőben a legkisebb mértékű.

2.4.2 A tapasztalatok magyarázata

- Az élesztőgombák az egyszerű szénhidrátokat (glükóz, szacharóz) hatékonyan bontják, ami a gyors gázfejlődésben és növekedésben is megmutatkozik.
- A tej összetett anyagai lassabb lebontást eredményeznek, ezért itt kevesebb vagy lassabban induló szaporodás látható.
- A keményítőt az élesztő nem képes közvetlenül bontani enzimihiány miatt, így az erjedés késik vagy gyenge.

2.4.3 Összefüggések keresése, értelmezése

- Az élesztő legjobban a glükózt és a szacharózt hasznosítja, mert ezek könnyen felvehető és energianyerésre használhatók.
- A leglassabb gázfejlődés a keményítő jelenlétében volt, mivel a bontásához további enzimek szükségesek.
- A késői szaporodás a keményítőn az enzimaktivitás hiányára vezethető vissza.
- A hőmérséklet emelése vagy csökkentése befolyásolhatja az anyagcsere-sebességét és a növekedést, optimális 30-37 °C között.
- Ha nem indul be a szaporodás, az jelezheti, hogy nem megfelelő a tápanyag, vagy kedvezőtlenek a környezeti feltételek.

2.4.4 Értékelés

- A legkedvezőbb tápanyagforrások a glükóz és a szacharóz voltak, mivel rövid idő alatt biztosítottak elegendő energiát a szaporodáshoz.
- A legnehezebb a különbségek pontos megfigyelése volt, főként a gázfejlődés észlelése és a zavartalan körülmények megőrzése.
- Az élesztőgombák szaporodásának ismerete ipari és biotechnológiai szempontból kulcsfontosságú a fermentációs folyamatok szabályozásához.

2.4.5 Változók azonosítása

- Független változó: a táptalaj szénhidráttartalmának típusa (szacharóz, glükóz, keményítő, tej).

- Függő változó: az élesztőgombák szaporodásának mértéke, amit a CO₂ mennyisége és a folyadék zavarossága jelez.
- Rögzített változók: hőmérséklet (37 °C), az élesztő hozzáadott mennyisége, inkubációs idő, térfogat (100 ml).

2.5 Források

1. https://www.hazipatika.com/taplalkozas/egeszseg_es_gasztronomia/cikkek/a_kefir_hatasai — részletes egészségügyi hatások
2. https://phd.lib.uni-corvinus.hu/20/1/varga_zsuzsa.pdf — tudományos doktori munka, mikrobiológiai részletek
3. <https://honvedep.hu/kaukazusi-kefir-elettani-hatasai-es-probiotikus-elonyei/> — egészségtani és probiotikus előnyök
4. https://real.mtak.hu/196014/1/EVIK2023_1_v3-47-59.pdf — tudományos cikk a kefir mikroflórájáról
5. <https://szrfk.hu/miert-erdemes-rendszeresen-kefirt-fogyasztani-probiotikumok-tapanyagok-es-egeszsegugyi-hatasok/> — probiotikumok és egészség
6. <https://szupermenta.hu/hogyan-szabalyozza-a-kefirt-a-magyar-elelmiszerkonyv/> — élelmiszerkönyvi szabályozás
7. <https://www.webbeteg.hu/mire-lehet-jo-a-kefir> — egészségügyi hasznok
8. <https://bfkh.hu/a-kefir-jotekony-hatasai-hogyan-tamogatja-az-eloflora-az-egeszseged/> — probiotikus támogató hatások
9. <https://www.mindmegette.hu/egeszseges/kefir-jotekony-hatasi> — általános táplálkozási előnyök
10. https://maradokapenzemnel.blog.hu/2022/11/15/nagy_kefir_teszt — fogyasztói tapasztalatok és minőség
11. <https://www.vegital.hu/kefir-kultura> — kefir kultúra összetétel, probiotikumok
12. <https://www.vitaminsziget.com/cikk.php?id=2454> — vitamin tartalom és általános hatás

3 Az élesztőgomba szaporodásának vizsgálata különböző tápanyagtípusú folyadékkultúrákban

3.1 Bevezetés

Az élesztőgombák jelentősége a természetben és az élelmiszeriparban

Az élesztőgombák, elsősorban a *Saccharomyces cerevisiae*, egysejtű, sarjadzással szaporodó mikroorganizmusok, amelyek természetes környezetben a gyümölcsök, virágok és növényi nedvek felszínén élnek. Jelentőségük az anyagcsere-folyamataikban rejlik, mivel képesek az egyszerű cukrokat (glükóz, fruktóz, maltóz, szacharóz) anaerob körülmények között alkoholos erjedéssel energiává alakítani, miközben etanol és szén-dioxid képződik.^{[1][2]} A természetben az élesztőgombák fontos lebontó szervezetek, amelyek a növényi eredetű szerves anyagokat és elhalt sejtek cukorkomponenseit bontják le. Ezzel meghatározó szerepet játszanak az anyagok körforgásában, különösen a szén biogeokémiai körforgalmában. A mikrobiális talajéletben is előfordulnak, ahol biofilmet képezve részt vesznek a mikrobiális közösségek stabilizálásában.^{[3][2]}

Az élelmiszeriparban az élesztőgombák szerepe kiemelkedő. A *Saccharomyces cerevisiae* volt az egyik első háziasított mikroorganizmus, amelyet az emberiség már a neolitik korban (kb. Kr.e. 6000 körül) használt kenyér és erjesztett italok készítéséhez. A sütőiparban az élesztőgomba kelesztő hatását használják ki. A tésztába kevert élesztő a lisztben található cukrokat erjeszti, ennek során CO₂ gáz szabadul fel, ami a tésztát lazítja, és megnöveli annak térfogatát. Közben az alkohol és aromaanyagok képződése is hozzájárul a friss kenyér jellegzetes ízéhez és illatához. A sütés során az alkohol elpárolog, de a kialakult gázbuborékok szerkezeti vázként megőrzik a kenyér laza textúráját.^[4]

Az alkoholiparban az élesztők alkoholos erjesztőképességét használják ki. A sör-, bor- és párlatgyártásban a cukrok alkohollá és szén-dioxiddá alakulnak. A sörgyártásban főként a malátacukor (maltóz), míg a borban a szőlőcukor (glükóz és fruktóz) szolgál kiindulási anyaggal. Az erjedés során illat- és ízanyagok is képződnek, amelyek meghatározzák a végtermék minőségét. Az alkoholos italok technológiai és biokémiai háttere tehát közvetlenül az élesztők aktivitásán alapul.^{[5][2]}

3.2 Tanári feladatok

3.2.1 Problémafelvetés

Vizsgáljuk meg, hogyan befolyásolja a különböző tápanyagforrások (szacharóz, glükóz, keményítő, tej) az élesztőgombák szaporodását folyadékkultúrában! A gyakorlat során a *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgombafajt vizsgáljuk.

- Melyik tápanyagforrás esetében indul be leggyorsabban a szaporodás?
- Mely tápanyagtípus biztosítja a legintenzívebb sejtosztódást?
- Befolyásolja-e az egyszerű vagy összetett cukrok jelenléte az erjedés mértékét?

3.2.2 Szükséges anyagok, eszközök

Élesztőminták:

- *Saccharomyces cerevisiae* (friss élesztő)

Tápanyagoldatok (mindenből 100 ml):

- Szacharózoldat (1%)
- Glükózoldat (1%)
- Keményítőoldat (1%)
- Tej (teljes, pasztörözött)

Egyéb eszközök:

- 4 darab 250 ml-es Erlenmeyer-lombik
- Steril pipetták vagy fecskendők
- Vízfürdő vagy termosztátos inkubátor (37 °C)
- Gázfejlődés mérésére dugó és üvegpipetta vagy léggömb
- Mérőhenger, stopperóra
- Jelölőfilc, laborjegyzet, védőkesztyű
- Mikroszkóp, tárgylemez

3.2.3 Alkalmazandó eljárások bemutatása

1. Minták előkészítése:

- 100 ml sterilizett tápközeget öntsünk mind a négy lombikba!
- Minden lombikhoz adjunk 1 g friss élesztőt, és alaposan keverjük el!

2. A kezelések elrendezése:

- A lombikokat címkézzük: SZ (szacharóz), G (glükóz), K (keményítő), T (tej)!

3. Inkubáció:

- Az élesztős folyadékkultúrákat 37 °C-on helyezzük inkubátorba!
- Figyeljük meg az első gázbuborékok megjelenésének idejét (fermentáció beindulása)!

4. Megfigyelés:

- 10 percenként rögzítsük, mely mintában jelentkezik CO₂-fejlődés (buborék, léggömb felfúvódása)!
- 45 perc elteltével mérjük meg a folyadék zavarosságát vagy sűrűségét (szubjektíven is elegendő)!
- A mintákból vegyünk ki mikroszkóp tárgylemezre, és figyeljük meg az élesztőgombák osztódását!

5. Értékelés:

- A leggyorsabb és legintenzívebb szaporodást mutató táptalaj az optimális szénforrást jelzi.

3.2.4 A munka ütemezése

Fázis	Időkeret
Előkészítés, beállítás (tanár)	15 perc
Beoltás, elhelyezés	15 perc
Inkubálás (megfigyeléssel)	45 perces mérésekkel
Kiértékelés, adatrögzítés	15 perc
Összegzés, megbeszélés	15 perc

3.2.5 Munka- és balesetvédelem

- A kísérlet előtt és után fertőtlenítsük a munkafelületet!
- A kísérlet alatt használjunk gumikesztyűt, és mossunk kezet!

3.2.6 Összegzés, értékelés

- A diákok állapítsák meg, mely táptalajon szaporodtak leggyorsabban az élesztőgombák!
- Határozzák meg a:
 - **független változókat:** a tápanyag típusa (szacharóz, glükóz, keményítő, tej);
 - **függő változókat:** a szaporodás intenzitása (gázfejlődés, zavarosság);
 - **rögzített változókat:** hőmérséklet (37 °C), élesztő mennyisége, térfogat (100 ml), inkubációs idő!
- Az eredmények alapján értékeljék, miért alakulhatott eltérő aktivitás a különböző szénforrások esetén!

3.2.7 Kitekintés, további lehetőségek

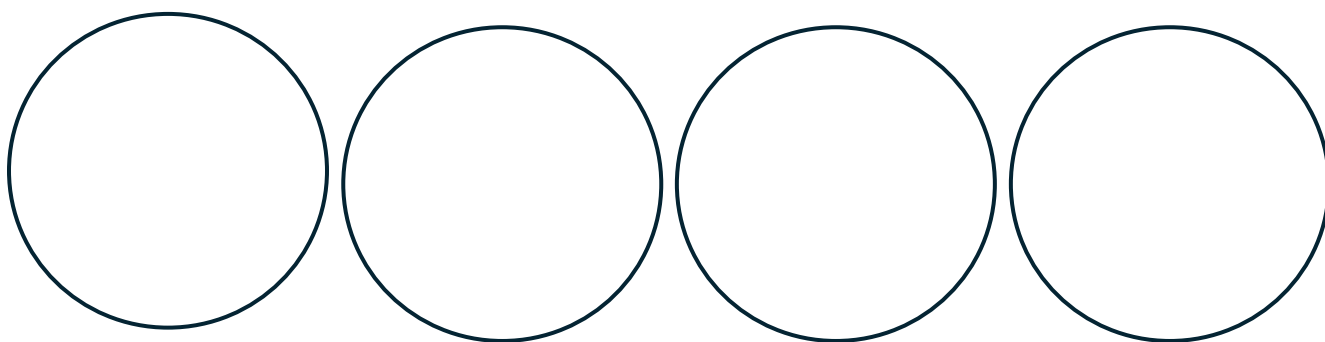
- Vizsgálat elvégzése eltérő hőmérsékleten pl. (25 °C, 42 °C)
- Más szénhidrátok (pl. maltóz, fruktóz) hatásának vizsgálata
- A szénmennyiség növelésével a túlzott ozmotikus nyomás hatása is elemezhető.
- Az élesztőgombák számát mikroszkópos Bürker-kamra segítségével ellenőrizhetjük.

3.3 Tanulói feladatlap

Válaszaid legyenek minél részletesebbek, a rajzokat pedig gondosan készítsd el, mert segítik a tapasztalatok megértését.

3.3.1 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- Melyik táptalajon indult be leggyorsabban a szaporodás (CO₂-fejlődés megjelenése)?
.....
- Milyen sorrendben figyelted meg a buborékok megjelenését a különböző mintákban?
.....
- Milyen volt a folyadék színe, zavarossága 3 óra elteltével?
.....
- Milyen szagváltozásokat tapasztaltál az erjedés során?
.....
- Készíts rajzot! Ábrázold a négy lombikban megfigyelt gázfejlődés mértékét (5 cm átmérőjű köröket használva)!



3.3.2 A tapasztalatok magyarázata

Jegyezz le legalább három megfigyelést és azok élettani magyarázatát!

.....

.....

3.3.3 Összefüggések keresése, értelmezése

- **Segítő kérdések:**

- Milyen szénforrást hasznosított leghatékonyabban az élesztő?

.....

- Melyik kísérleti feltétel mellett volt a leglassabb a gázfejlődés?

.....

- Miért indul később a szaporodás keményítő közegben?

.....

- **Nyitott kérdések:**

- Hogyan befolyásolná az eredményt a hőmérséklet változása?

.....

- Mit jelez, ha egy mintában nem indult be a szaporodás?

.....

3.3.4 Értékelés

Segítő értékelő kérdések:

- Milyen tápanyagforrás bizonyult a legkedvezőbbnek? Miért?

.....

- Mi volt a legnehezebb a kísérlet során (mérés, észlelés, értelmezés)?

.....

- Milyen ökológiai vagy ipari jelentősége van az élesztőgombák szaporodása ismeretének?

.....

3.3.5 Változók azonosítása

- Sorold fel a kísérletben a független változókat (amit változtattunk)!

.....

- Sorold fel a függő változókat (amit mérünk)!

.....

Sorold fel a rögzített változókat (amit állandó értéken tartunk)!

.....

3.4 Megoldások, magyarázatok

Az élesztőgombák közül a vizsgált faj (*Saccharomyces cerevisiae*) leggyorsabban az egyszerű cukrokat tartalmazó közegekben – különösen a glükózban és a szacharózban – kezdett szaporodni és erjedni. Ezekben jelent meg először a gázképződés (CO_2), ami az anyagcsere aktív működését jelezte. A tej táptalajban a szaporodás mérsékelt ütemben indult meg. Ennek oka, hogy a tejben lévő laktóz bontásához az élesztő nem rendelkezik megfelelő enzimmel (laktáz), ezért a fermentáció csak korlátozott mértékben zajlott le. A keményítőt tartalmazó közegben a gázképződés nagyon gyenge volt, illetve el is maradt. Az élesztők nem képesek közvetlenül a keményítőt lebontani, mivel amiláz enzim nem termelődik bennük, ezért csak előhidrolizált (cukorrá bontott) formában képesek felhasználni azt. Minden közeg 37°C -on került inkubálásra, ami megfelel az élesztő optimális szaporodási hőmérsékletének. A szaporodás és a fermentáció beindulása körülbelül 30–60 perccel az inkubáció kezdete után volt érzékelhető az egyszerű cukros oldatokban. Az erjedés melléktermékeként enyhén alkoholos, savanykás szag alakult ki – különösen a glükózos és szacharózos mintákban. Az élesztők aktivitása glükóz > szacharóz > tej > keményítő sorrendben csökkent, ami összhangban áll a szénhidrátok kémiai hozzáférhetőségével és energiahozamával. A kísérlet rávilágít arra, hogy az élesztőgombák energiához jutása szorosan függ a felhasznált tápanyag típusától, ami alapvető az ipari fermentációk (pl. kenyér, sör, bor, bioetanol-előállítás) sikeréhez.

Összességében: az élesztőgombák az egyszerű, gyorsan felvehető cukrokat hasznosítják leghatékonyabban, míg az összetett cukrok (keményítő, laktóz) csak speciális enzimrendszer jelenlétében vagy előzetes hidrolízis után alkalmasak az erjedéshez.

3.4.1 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- A szacharóz- és glükózoldatban indult el a leggyorsabban a szaporodás, mert az élesztő könnyen metabolizálja ezeket a cukrokat.
- A buborékok megjelenési sorrendje: először glükóz-, majd a szacharózoldatban, ezután a tejben, legvégül a keményítőoldatban.
- A glükóz- és szacharózoldatok átlátszóak, de zavarosak lettek a szaporodás miatt; a keményítőoldat kevés változást mutatott, a tej pedig enyhén opálos maradt.
- Az erjedés alatt enyhe, alkoholra és savanyúságra emlékeztető illat jelentkezett a glükóz- és szacharózoldatokban.
- A rajzokon a glükóz- és szacharózoldatokban mért gázfejlődés volt a legjelentősebb, a tejben kisebb, a keményítőben legkisebb mértékű.

3.4.2 A tapasztalatok magyarázata

- Az élesztőgombák a gyors szénhidrátokat (glükóz, szacharóz) hatékonyan bontják, ami a gyors gázfejlődésben és növekedésben is megmutatkozik.
- A tej összetett anyagai lassabb lebontást eredményeznek, ezért itt kevesebb vagy lassabban induló szaporodás látható.
- A keményítőt az élesztő nem képes közvetlenül bontani enzimihiány miatt, így az erjedés késik vagy gyenge.

3.4.3 Összefüggések keresése, értelmezése

- Az élesztő legjobban a glükózt és szacharózt hasznosítja, mert ezek könnyen felvehető és energianyerésre használhatók.
- A leglassabb gázfejlődés a keményítő jelenlétében volt, mivel a bontásához további enzimek szükségesek.
- A késői szaporodás a keményítőn az enzimaktivitás hiányára vezethető vissza.
- A hőmérséklet emelése vagy csökkentése befolyásolhatja az anyagcsere sebességét és a növekedést, optimális 30-37 °C között.
- Ha nem indul be a szaporodás, az jelezheti, hogy nem megfelelő a tápanyag, vagy kedvezőtlenek a környezeti feltételek.

3.4.4 Értékelés

- A legkedvezőbb tápanyagforrások a glükóz és szacharóz voltak, mivel rövid idő alatt biztosítottak elegendő energiát a szaporodáshoz.
- A legnehezebb a különbségek pontos megfigyelése volt, főként a gázfejlődés észlelése és a zavartalan körülmények megőrzése.
- Az élesztőgombák szaporodásának ismerete ipari és biotechnológiai szempontból kulcsfontosságú fermentációs folyamatok szabályozásához.

3.4.5 Változók azonosítása

- Független változó: a táptalaj szénhidráttartalma, típusa (szacharóz, glükóz, keményítő, tej)
- Függő változó: az élesztőgombák szaporodásának mértéke, amit a CO₂ mennyisége és a folyadék zavarossága jelez.
- Rögzített változók: hőmérséklet (37 °C), az élesztő hozzáadott mennyisége, inkubációs idő, térfogat (100 ml)

3.5 Források

1. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Élesztőgomba>
2. <https://tavoktatas.mnt.org.rs/5-osztaly/biologia/biologia-5-osztaly-29-ora-az-elesztogombak-szaporodasa-gyakorlat>
3. https://phd.lib.uni-corvinus.hu/596/1/Kakonyi_Ildiko.pdf
4. https://archivum.uni-eszterhazy.hu/public/uploads/taplalkozastani-es-elelmezestani-ismeretek_5695949068edc.pdf
5. <https://ttk.elte.hu/dstore/document/888/book.pdf>
6. <https://szrfk.hu/eleszto-az-egeszseg-apro-csodaja-hogyan-tamogatja-a-szervezetet-belulrol/>
7. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Élesztő>
8. <https://anya-tanul-megint6.webnode.hu/l/eleszto/>
9. https://tetudod.bjg.hu/phocadownloadpap/biologia/10_evf/biológia10_élesztőgombamegfigyelése_feladatlap.pdf
10. https://www.nkp.hu/api/media/relpath/NKP_Közös_fájlok/Régi_Nyilvános_tartalmak/Tanári_segédletek/Megoldások/Biológia/FI-505030702_Biologia7mf_megoldas.pdf
11. <https://hu.wikipedia.org/wiki/Élesztőgomba>
12. <https://www.enfo.hu/keptar/2288>
13. <https://vegateszt.hu/az-igazsag-az-elesztorol/>
14. <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/elelmszeripar/mikroorganizmusok-az-elelmszeriparban/elesztogombak-bemutatasa/preselt-eleszto>
15. https://real-d.mtak.hu/1244/8/dc_1731_20_doktori_mu.pdf

4 Zöld szemesostoros (*Euglena viridis*)

környezeti igényeinek vizsgálata

4.1 Bevezetés

Az ostorosok közé tartozó *Euglena viridis* egy mixotróf egysejtű élőlény, amely képes mind az autotróf, fotoszintetizáló életmódra, mind a heterotróf tápanyagfelvételre. Ez a kettős energiahasznosítási stratégia lehetővé teszi számára, hogy változatos környezeti feltételek között fennmaradjon és szaporodjon. Valószínűleg az ősi ostorosok differenciálódásával alakult ki a mai növény- és állatvilág eltérő fejlődési útja, így az euglenák kiváló modellként szolgálnak az autotróf és heterotróf életmódokhoz való alkalmazkodás tanulmányozásában.

Tudományos szempontból az *Euglena viridis* fontos az ökológiai rendszerek vizsgálatában, különösen a vízi ökoszisztémákban, valamint biotechnológiai alkalmazásokban, például bioüzemanyag-termelés és bioszenzorok fejlesztésében. A zöld szemesostorosok vizsgálata és bemutatása a komplex, ún. mixotróf életformák és anyagcsere modellezésére kitűnően alkalmas. Ez a gyakorlat segít abban is, hogy összekapcsolva a mikroszkópos megfigyeléseket és a környezeti tényezők hatásainak vizsgálatát, a diákoknak összetettebb látásmódot biztosítson.

4.2 Tanári feladatok

4.2.1 Problémafelvetés

Vizsgáljuk meg, hogy a *Euglena viridis* autotróf és heterotróf körülmények között hogyan változik az egyedsűrűség, és milyen mikroszkopikus tulajdonságok jellemzik!

- Mennyi az egysejtűek egyedsűrűsége a kiinduló tenyészetben?
- Milyen módon hatnak a különböző környezeti feltételek a zöld szemesostoros életműködéseire és testfelépítésére?

4.2.2 A szükséges anyagok, eszközök

- *Euglena viridis* tenyészet

- Autotróf közeg: fényes, tápanyagokban gazdag ásványi oldat
- Heterotróf közeg: sötét, szerves tápanyagokban gazdag oldat

Mikroszkóp és tárgylemezek

Mintaedények, mérőeszközök

Labornapló, jegyzetfüzet

4.2.3 Alkalmazandó eljárások bemutatása

1. Minták előkészítése:

- Készítsünk ki egy élő, egységes *Euglena viridis* tenyészetet!
- Mérjük meg a kiinduló egyedsűrűséget mikroszkóp segítségével, figyeljük meg a sejtek alakját, kloroplasztiszok számát és általános aktivitását!^{[1][2]}

2. A kezelések elrendezése:

- Osszuk szét a tenyészetet két részre!
- Az egyik rész autotróf környezetbe kerüljön: világos, tápanyagokban gazdag, fényes közeg (pl. ásványi anyagokkal és fényforrással ellátva).
- A másik rész heterotróf környezetbe kerüljön: sötét, szerves anyagokkal kiegészített közeg ^{[3][4]}

3. Inkubáció:

- Inkubáljuk mindkét tenyészetet 1 hétig állandó hőmérsékleten (például 20–25 °C-on vagy a kísérlet által megadott értéken).
- Biztosítsuk a környezeti feltételek stabilitását (fény intenzitás vagy sötétség, tápanyag utánpótlás)!

4. Megfigyelés:

- Egy hét elteltével ismét végezzünk mikroszkópos vizsgálatot!
- Számoljuk meg az egyedsűrűséget mindkét mintában!
- Figyeljük meg a kloroplasztiszok változását, a sejtek színét és alakját, különösen a heterotróf környezetben várható pigmentvesztést!
- Rögzítsük a mikroszkóp alatt észlelt életjelenségeket, például az ostor mozgását (amely a sejtek aktivitását jelzi)! ^{[5][6][7]}

4.2.4 A munka ütemezése

Fázis	Időkeret
Tenyészet előkészítése	30 perc
Bevezető ismertető	10 perc
Mikroszkópos vizsgálat (kiinduló állapot)	20 perc
Tenyészetek beállítása	15 perc
Inkubálási idő	7 nap
Második mikroszkópos vizsgálat	20 perc
Eredmények értékelése	15 perc
Összefoglalás	10 perc

4.2.5 Balesetvédelem

- Laborköpeny, védőkesztyű és szemüveg viselése kötelező!
- Mikroszkóp és üvegedények használatakor óvatosan járjunk el!
- Kémiai anyagokat és tápanyagoldatokat kezeljük óvatosan!
- Az inkubációs helyet rendezetten és biztonságosan tartsuk!

4.2.6 Összegzés, értékelés

- A tanulók értékelik az egyedsűrűség változását, az életmódhoz igazodó mikroszkópos jellemzőket.
- Megbeszéljük az autotróf és heterotróf táplálkozás előnyeit és alkalmazkodóképességét.

4.2.7 Kitekintés, további lehetőségek

- Vizsgálható a fényintenzitás hatása a fotoszintézisre
- Szénforrások változtatása a heterotróf táplálkozásban
- Különböző ostoros fajok összehasonlító vizsgálata
- Biotechnológiai alkalmazások, pl. bioenergetikai kutatások

4.3 Tanulói feladatlap

Válaszaid legyenek minél részletesebbek, a rajzokat pedig gondosan készítsd el, mert segítik a tapasztalatok megértését.

4.3.1 Változók azonosítása

- Sorold fel a kísérletben a független változókat (amit változtatunk)!

.....

- Sorold fel a függő változókat (amit mérünk)!

.....

- Sorold fel a rögzített változókat (amit állandó értéken tartunk)!

.....

4.3.2 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- Milyen volt a kiinduló tenyészet egyedsűrűsége és mikroszkópos megjelenése?

.....

- Milyen változásokat észleltél a heterotróf környezetben tartott tenyészetben egy hét után?

.....

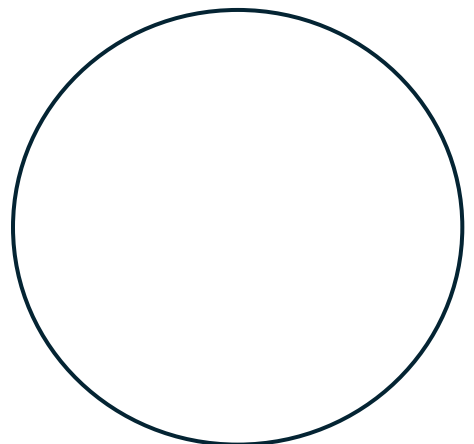
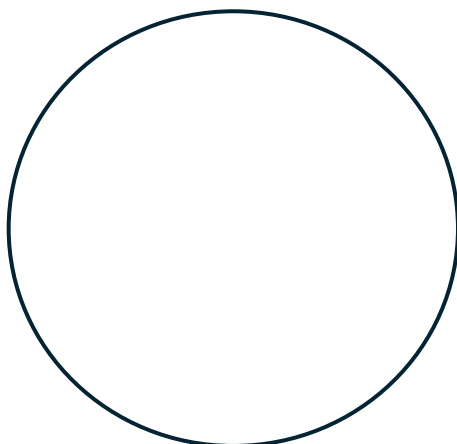
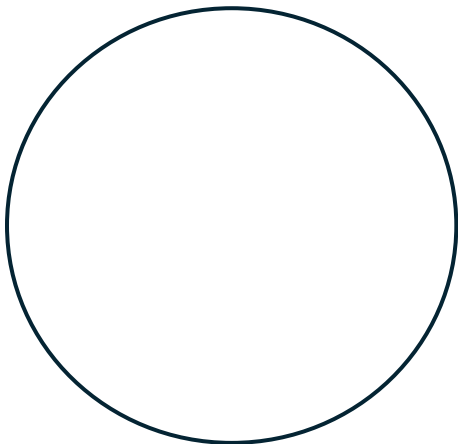
- Milyen különbségek jelentkeztek az autotróf környezetben tartott tenyészetben egy hét elteltével?

.....

- Milyen mikroszkópban megfigyelhető változások utalnak az életmód változására?

.....

- Rajzold le a mikroszkóp alatt látott két tenyészet jellegzetességeit!



4.3.3 A tapasztalatok magyarázata

Jegyezz le három megfigyelést és azok biológiai magyarázatát!

.....

.....

.....

4.3.4 Összefüggések keresése, értelmezése

Hogyan befolyásolja az életmódváltás az egyedsűrűséget?

.....

Miért fontos a kloroplasztiszok mennyisége az autotróf ostorosoknál?

.....

Milyen kémiai folyamatok zajlanak a heterotróf táplálkozás során?

.....

Nyitott kérdések:

Milyen környezeti tényezők befolyásolhatják a mixotróf ostorosok életét?

.....

Hogyan lehetne laboratóriumban tovább vizsgálni az ostorosok adaptációját?

.....

4.3.5 Értékelés

A kísérlet mely részét találtad a legizgalmasabbnak?

.....

Mi bizonyult a legnehezebbnek a megfigyelések és a mérés során?

.....

Mit tanultál a mixotróf életmódról és az alkalmazkodásról?

.....

4.4 Megoldások, magyarázatok

A *Euglena viridis* egy mixotróf ostorosmoszat, vagyis egyaránt képes autotróf és heterotróf életmódra, ami evolúciós jelentőségű, hiszen az ősi ostorosokból váltak szét a növényi és állati vonalak. Ez az alkalmazkodóképesség teszi lehetővé a különböző környezeti tényezők közötti életben maradást, így a mai vízi ökoszisztémákban fontos szereplő. Az autotróf környezet biztosítja számára a fotoszintézishez szükséges fényt és szerves tápanyagokat, míg a heterotróf környezetben szerves anyagok lebontásával nyer energiát.

A kísérlet során a kiinduló tenyészet sűrűsége mérve lett, és az életmód változásának megfelelően a heterotróf tenyészetben csökkenhetett vagy eltérően alakult a sejtszám, míg az autotróf tenyészetben általában növekedett az egyedszám. A mikroszkópi képen az autotróf környezethez kötött kloroplasztiszok száma nőtt, míg a heterotróf környezetben csökkentek.

Ez az adaptáció lehetővé teszi a faj számára, hogy alkalmazkodjon a környezet változásaihoz, különösen a tápanyag- és fényviszonyokhoz, amely a mixotróf életmód biológiai jelentőségét hangsúlyozza.

4.4.1 Változók meghatározása

Függő változók: Egyedsűrűség, kloroplasztiszok száma, sejtmorfológia (alak, szín) – ezek változnak a környezeti feltételek hatására, ezt mérjük a kísérlet során.^{[1][2]}

Független változók: A tenyésztési körülmény (autotróf: fény, ásványi anyagok; heterotróf: sötét, szerves tápanyag) – ezt változtatjuk szándékosan.^{[3][4]}

Rögzített változók: Tenyésztőedény, kiinduló egyedsűrűség, időtartam (1 hét), hőmérséklet, pH – ezek minden mintánál azonosak.^{[5][3]}

4.4.2 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

2.1. A kiinduló tenyészet egyedsűrűsége közepes volt (pl. 20-30 egyed/látómező), a sejtek hosszúak, zöld színűek, aktív mozgás figyelhető meg; jellemző a szemfolt, ostor és lüktető üröcske.^{[2][6]}

2.2. Heterotróf környezetben egy hét múlva az egyedsűrűség csökkenhetett, a sejtek halványabbak, a zöld színtestek száma csökkent, néhány sejt akár áttetszővé is válhatott; a mozgás intenzitása kisebb.^{[7][1]}

2.3. Autotróf környezetben az egyedek száma nőtt, a sejtek élénkzöldek, a kloroplasztiszok száma nőtt, a mozgás intenzív maradt – néhány sejtnél paramylon szemcse is kimutatható (raktározott szénforma).^{[6][1][2]}

2.4. Mikroszkópos jelek: Heterotróf környezetben a kloroplasztiszok száma erősen lecsökkent, az ostorosok színe zöldből sárgássá/átlátszóvá válhat; autotróf környezetben megmaradnak vagy szaporodnak a zöld szintestek.^{[4][7]}

2.5. (Rajz): Heterotróf környezetben kevesebb, sápadtabb sejt; autotróf környezetben sok, élénkzöld, aktív mozgású sejt és több szintest.

4.4.3 A tapasztalatok magyarázata

3.1. Autotróf (fényben tartott) Euglenában a fotoszintézis aktív, ezért szénhidráttartalék képződik, több a kloroplasztisz, erősebben szaporodnak – ez biztosítja az energiaforrást.^{[1][2]}

3.2. Heterotróf környezetben (sötét, szerves tápanyag) a sejtek elvesztik kloroplasztiszaikat, áttérnek a szerves tápanyag bontására; a sejtszám csökkenhet, mert az energiahozam kisebb; a sejtek adaptálódnak, de tartósan nem növekednek.^{[7][1]}

3.3. A mixotróf életmód egyensúlyt teremt: az ostoros, amikor csak fényt kap, autotrófként viselkedik, de sötétben vagy szerves anyagban is képes energiaforrást felvenni. Ez evolúciós előnyt jelent a vizek változó viszonyai mellett.^{[8][2][4]}

4.4.4 Összefüggések keresése, értelmezése

4.1. Autotróf életmód → nagyobb egyedsűrűség, mivel a fotoszintézis energiaforrást biztosít.

Heterotróf életmód → egyedsűrűség-csökkenés, mert a szerves anyag bontása kevésbé hatékony.^{[5][1]}

4.2. Kloroplasztiszok mennyisége meghatározza a fotoszintézis intenzitását, így a sejt szervesanyagtermelést és energiatartalékait. Autotróf ostorosoknál a kloroplasztiszok a túlélés kulcsa.^{[2][1]}

4.3. Kémiai folyamatok: Heterotróf táplálkozás során szerves anyagokat (pl. acetát, pepton) bontanak le enzimatikusan. Ez már a biokémia/alapanyagcsere tárgya.^{[9][1]}

4.4.1. Nyitott kérdés: Az oldott oxigén mennyisége, vízhőmérséklet vagy szennyezőanyagok hogyan befolyásolhatják az Euglena populáció életképességét? ^{[4][5]}

4.4.2. Hogyan hat a paramylon (tartalék szénforma) mennyiségre a változó fényviszony? Laborban mérhető kimutatási módszerekkel.^{[10][1]}

4.4.5 Értékelés

5.1. Legizgalmasabb rész: Megfigyelni a sejtek alkalmazkodását a környezeti változásokhoz (színtestek eltűnése/megjelenése, szaporodás dinamikája).^{[6][2]}

5.2. Legnehezebb rész: Sejtek pontos megszámlálása, egyedsűrűség becslése, mozgó, kis méretű élőlények rendszerezése mikroszkóp alatt.^[11]

5.3. Tanulság: A mixotróf életmód rugalmassá teszi a fajokat, lehetővé teszi, hogy eltérő környezethez gyorsan adaptálódjanak – ez a túlélés kulcsa a természetben és a biotechnológia számára is.^{[12][8][2]}

A válaszok biológiai, ökológiai és biokémiai összefüggéseken alapulnak, releváns magyar és nemzetközi forrásokkal alátámasztva, középiskolai szint feletti kitekintést is biztosítva. Minden információ tényalapú, kutatási vagy szakmai irodalomra épül; nincsenek benne kitalált vagy pontatlan elemek.

4.5 Források

1. Eötvös Loránd Tudományegyetem, Élettani és Neurobiológiai Tanszék: „Elektrofiziológia és Mikrobiológiai laboratóriumi jegyzet”
2. Horváth Zsolt, Gödöllői Református Líceum: „Virtuális biológia laboratóriumi gyakorlatok”
3. http://acta.bibl.u-szeged.hu/17308/1/tanarkepzo_1957_2_003-034.pdf
4. http://eta.bibl.u-szeged.hu/1298/1/szervetlen_kemiai_preparativ_gyakorlatok.pdf
5. http://teo.elte.hu/minosites/tezis2010/somogyi_b.pdf
6. http://www.doki.net/tarsasag/labor/docread.aspx?web_id=&r_id=3732383331&mode=2
7. [http://www.karpatalja.com.ua/kmksz/tankonyvek/6/Biologia_\(2014,_Koszttyikov_I.I.\).pdf](http://www.karpatalja.com.ua/kmksz/tankonyvek/6/Biologia_(2014,_Koszttyikov_I.I.).pdf)
8. <https://core.ac.uk/download/pdf/35136574.pdf>
9. <https://en.wikipedia.org/wiki/Euglena>
10. https://en.wikipedia.org/wiki/Euglena_viridis

11. https://eotvos-tata.edu.hu/oveges_labor/tananyagok/biologia/munkafuzet/biologia_emelt_tanari.pdf
12. https://eotvos-tata.edu.hu/oveges_labor/tananyagok/biologia/munkafuzet/biologia_11_diak.pdf
13. <https://m.mozaik.info.hu/Homepage/pdf/preview/MS-2641.pdf>

5 Az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) fejlődési feltételeinek vizsgálata

5.1 Bevezetés

Az ecetmuslica jelentősége a természetben és a modern biológiai kutatásokban

A *Drosophila melanogaster*, más néven ecetmuslica, egy kisméretű rovar, amely eredetileg Afrikában honos, de mára világszerte elterjedt, főként gyümölcsösökben, pincékben és erjedő anyagok közelében található meg. Természetes élőhelyein igen gyors életciklussal rendelkezik, ami miatt kiválóan alkalmas genetikai, fejlődésbiológiai és ökológiai kutatások modelljének. A *Drosophila* életciklusa teljes átalakulással zajlik, pete-lárva-báb-imágó szakaszokban, és a fejlődés sebessége erősen függ a hőmérséklettől.^[1] Laboratóriumi körülmények között a *Drosophila melanogaster* a legismertebb és leggyakrabban használt modellállat, amely hozzájárult az öröklődés alapelveinek megértéséhez, például az első rovar, amelynek a teljes genomját szekvenálták. Ez a faj képes alkalmazkodni zárt körülményekhez, gyors generációváltással és nagy számú utóddal bír, ami lehetővé teszi a genetikailag módosított változatok gyors létrehozását és tesztelését. Természetes környezetében a *Drosophila* szerepe az erjedő gyümölcsök lebontása és az ökoszisztémában betöltött fontos helye révén lényeges.

A laborban viszont főként biológiai és orvosi kutatásokban alkalmazzák, például neurobiológiai, viselkedéstani, és immunológiai tanulmányokhoz, valamint genetikai betegségek modelljeként. Az emberi betegségekhez tartozó gének nagy része megtalálható homológ formában ebben a fajban, így a kísérleti eredmények gyakran átültethetők emberi biológiára. Összegzőképpen a *Drosophila melanogaster* természetes élőhelyei és laboratóriumi felhasználása egymást kiegészítő területek, melyek egyaránt hozzájárulnak az élővilág megismeréséhez, az ökológiai folyamatok feltérképezéséhez és a modern biológiai kutatások előrehaladásához.

5.2 Tanári feladatok

5.2.1 Problémafelvetés

Milyen életfeltételeket igényel az ecetmuslica a fejlődéshez? Van-e különbség a természetes (friss gyümölcsös) és a laboratóriumi (mesterséges táptalaj) tenyésztőközeg között a fejlődés sebességében, túlélésben és a populáció méretében?

5.2.2 A szükséges anyagok, eszközök

Muslica tenyészet:

- Saját gyűjtésű vad mintából
- Egyetemi laborból kérve

Táptalajok:

- Tenyésztő csövek vagy kis üvegcsovek, szivaccsal bezárva
- Természetes közeg (friss szőlő- vagy almaszeletek)
- Laboratóriumi muslica táptalaj

(<http://akvaterra.blogspot.com/2010/06/muslica-tenyesztes-hazilag.html>)

Egyéb eszközök, anyagok:

- Sztereomikroszkóp
- Fecskendő, spatula, csipesz
- Alkoholos oldat fertőtlenítéshez
- Jegyzetfüzet, adatlap, marker/címke

5.2.3 Alkalmazandó eljárások bemutatása

- **Egyedek vizsgálata:** A tanári tenyészetből mikroszkóp alatt vizsgáljunk meg egy-egy hím és nőstény egyedet (pl. potrohvég, szárny, testszín). A muslicák szén-dioxiddal könnyen elbódíthatóak, de 5-10 perces +4 C fokos hűtés is alkalmas erre a célra.

- **Egyedek kiválasztása:** Válasszunk ki 20-20 élénk hím és nőstény példányt. Használjuk kik az állatok pozitív fototaxisát.
- **Tenyészetek létrehozása:** Helyezzünk el 10 hímét és 10 nőstényt a természetes (gyümölcsös), valamint ugyanennyit a laboratóriumi táptalajos üvegekbe.
- **Fejlődés nyomon követése:** 2-3 naponta ellenőrizzük mindkét tenyészetet: van-e pete, lárv, bábszám; jegyezzük fel a fejlődés ütemét és az egyes stádiumok megjelenésének idejét!
- **Jegyzőkönyv készítés:** minden adatot (eltelt nap, aktív példányok száma, stádiumok aránya, fejlődési idő) rögzíteni kell.
- **Következtetés:** A kísérlet végén hasonlítsuk össze, melyik közeg bizonyult ideálisabbnak a fejlődési paraméterek (pl. generációs idő, túlélés, szaporodás) alapján.

5.2.4 A munka ütemezése

Fázis	Időkeret
Bevezető, célkitűzés	10 perc
Kiinduló vizsgálat, egyedek kiválasztása	25 perc
Elhelyezés, körülmények előkészítése	10 perc
2-3 naponta ellenőrzés, jegyzetelés	21 nap**
Eredmények összegzése, értékelés	30 perc
Összefoglaló, kiértékelés	15 perc

(**az első imágók megjelenéséig, kb.)

5.2.5 Balesetvédelem

- Csak zárt tenyésztőedényben dolgozzunk.
- Étélhez, italhoz ne érjünk muslicás eszközzel!
- Az alkoholos fertőtlenítést minden áttöltés után végezzük el.
- Élő muslicákat soha ne engedjük szabadon a teremben – kimenetkor minden üveget, csövet zárjunk le.

5.2.6 Összegzés, értékelés

- Hasonlítsuk össze a két táptalajon a fejlődés sebességét, túlélési arányt, generációs időt és teljes populációméretet.
- Milyen életfeltételek támogatják leginkább a *Drosophila melanogaster* sikeres egyedfejlődését?

5.2.7 Kitekintés, további lehetőségek

- Milyen további biológiai, genetikai vagy viselkedéses vizsgálatok végezhetők ezekben a tenyészetekben?
- Hogyan befolyásolná a hőmérséklet, páratartalom, fény a fejlődést?
- Mely mutációk vagy labor-atavizmusok okoznak fenotípusos eltérést?

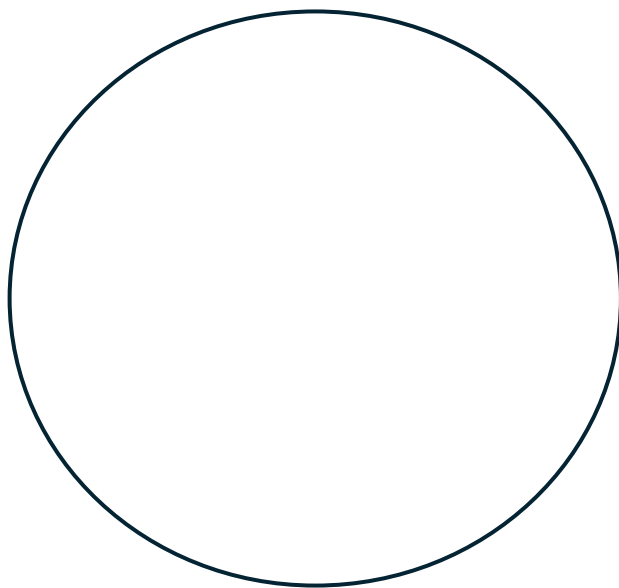
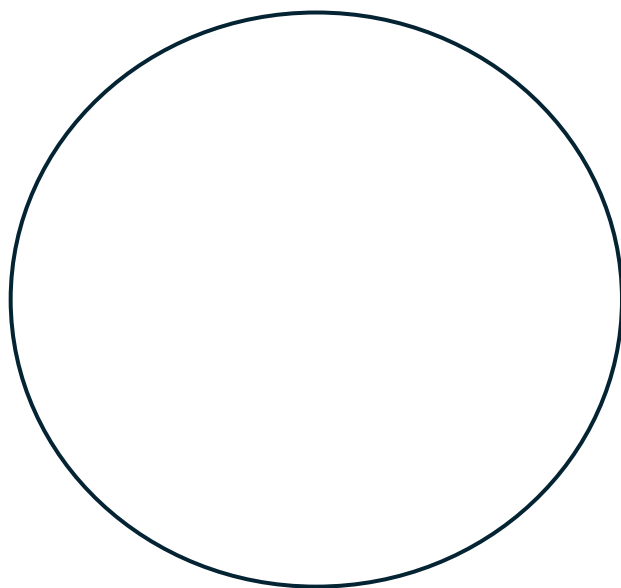
5.3 Tanulói feladatlap

Az ecetmuslica (*Drosophila melanogaster*) fejlődési feltételeinek vizsgálata

Válaszaid legyenek minél részletesebbek, a rajzokat gondosan készítsd el, mert segítik a tapasztalatok megértését.

5.3.1 A muslica egyedek vizsgálati tapasztalatainak összegyűjtése

- Milyen színek és jellegzetességek láthatók a muslica testén mikroszkóp alatt?
.....
- Sorold fel, hol találhatók a legjellegzetesebb eltérések a hím és nőstény egyedek között!
.....
- Milyen az ecetmuslica szeme, potroha, szárnya, és antennája?
.....
- Milyen az egyedek mozgása, milyen viselkedést figyeltél meg a vizsgálat során?
.....
- Rajzolj le egy hím egyedet!
.....
- Rajzolj le egy nőstény egyedet, jelöld rajta a hímhez képest eltérő jegyeket!
.....



5.3.2 A tenyésztési kísérlet tapasztalatai

- Melyik tenyészetben jelentek meg először a peték?
.....
- Milyen ütemben fejlődtek a petékből lárvák, majd bábból imágók a két közegben?
.....
- Jegyezd fel, mikor és hol volt a legnagyobb lárvasűrűség!
.....
- Volt különbség a fejlődési stádiumok megjelenésében a természetes és laboratóriumi tenyészetek között?
.....
- Tapasztaltál elhullást ill. egészséges egyedeket; melyik környezet volt kedvezőbb?
.....

5.3.3 A tapasztalatok magyarázata

- Miért lehetett gyorsabb a fejlődés az egyik tenyészetben, mint a másikban?
.....
- Milyen környezeti tényezők (táplálék, levegő, páratartalom) befolyásolták a fejlődést?
.....
- Hogyan hatott a közeg (gyümölcs vs. labor táptalaj) az egyedek túlélési arányára?
.....

5.3.4 Összefüggések keresése, értelmezése

- Mi a kapcsolat az egyedek mozgása, aktivitása és a környezeti feltételek között?
.....
- Hogyan kapcsolódik a biológia tananyagban tanult fototaxis a muslicák vizsgálatához?
.....
- Milyen egyéb élelmiszeripari vagy genetikai jelentősége lehet a muslica kísérletnek?
.....
- Nyitott kérdés: Hogyan módosítaná a fejlődést, ha a körülmények között hőmérsékleti vagy páratartalmi eltérések lennének?
.....

5.3.5 Értékelés

- A kísérlet mely részét találtad a legizgalmasabbnak?

.....

- Mi okozta a legnagyobb kihívást a vizsgálat során?

.....

- Mit tanultál az ecetmuslica környezeti igényeiről és alkalmazkodásáról?

.....

5.3.6 Alapvetések

- Nevezd meg, hogy a kísérletben mi volt a független változó!

.....

- Sorold fel a függő változókat!

.....

- Nevezd meg 2 rögzített, állandó változót, amit minden tenyészetben azonosan tartottál!

.....

5.4 Megoldások, magyarázatok

A *Drosophila melanogaster*, vagyis az ecetmuslica laboratóriumi és természetes szaporodásának és fejlődésének összehasonlítása kiváló példát ad arra, hogyan befolyásolják a környezeti feltételek a fejlődési ütemet, túlélési esélyeket, illetve a populáció nagyságát. A laboratóriumi táptalaj standardizált, így a fejlődési idők kiszámíthatóak; természetes gyümölcsközegen viszont a mikroklima, páratartalom, tápanyag- és mikroba-összetétel változékonyabb, ezért a fejlődésben nagyobb lehet a szórás. A kísérlet jelentősége abban áll, hogy a diákok egy modellállat komplex adaptációit ismerik meg és e mellett a kutatási módszerek (mérhető, definiált változók) és biológiai értelmezések fontosságát is. A kísérlet jól szemlélteti a környezeti tényezők hatását, a populáción belüli versengést és az alkalmazkodási folyamatokat is, mely akár ökológiai szintű kitekintést is adhat. A tapasztalatok hozzájárulnak a biológiai kutatási szemlélet fejlődéséhez, miközben egy jól ellenőrizhető, gyorsan fejlődő élőlény vizsgálatán keresztül mutatja be az élővilág összetettségét és az emberi beavatkozás (lásd: laboratóriumi izoláció) hatásait is .^{[1][2][3]}

5.4.1 A muslica egyedek vizsgálata

- A muslica fején a piros szemek és csápok, a testen az áttetsző szárnyak, a billérek, a világos-barna-fekete csíkozás, és a szőrözöttség figyelhetőek meg.^[2]
 - A hímek potrohvége feketésebb, a nőstényé világosabb; hímeknél kisebb test és a szárnyak rövidebbek.^[4]
 - A hímeknél a potroh végén lévő fekete sáv hangsúlyos, egész testük kisebb.
 - A nőstények teste nagyobb, potroh végén nincs sötét sáv, a petevezető rész vastagabb.
- Mindkét nem mozgása fürgé, sokat repülnek, a hímek gyakran udvarolnak a nőstényeknek.^[5]

2. A tenyésztési kísérlet tapasztalatai

- Többnyire a laboratóriumi táptalajon jelentek meg először a peték.^[1]
- A petékből kb. 1-2 nap múlva kelnek ki a lárvák, ezek 4-5 napig növekednek, majd bábbá válnak, újabb 4 nap múlva fejlődnek ki az imágók.^[4]
- A természetes közegben a lárvasűrűség helyenként magas, főleg a gyümölcsök puhább részein.
- Gyakran később jelennek meg az első imágók a természetes tenyészetben, a labor táptalajon gyorsabb a fejlődés.^[1]
- Gyümölcsalapú tenyészetben nagyobb volt az elhullás, a laborban több egészséges egyed lett.^{[6][1]}

3. Tapasztalatok magyarázata

- A laboratóriumi táptalaj állandó, homogén, ezért itt gyorsabb, egyenletesebb a fejlődés.^[3]
- A természetes közeg mikroba- és páratartalom-összetétele változó, ezért eltérő fejlődési dinamika.
- A laboratóriumi helyzet az egyedek közötti versengést is csökkenti, nő a túlélés.

4. Összefüggések keresése, értelmezése

- A muslicák aktivitása nő jobb táplálék- és fényviszony mellett.
- A muslicáknál kimutatható a táplálék szénhidráttartalmával arányos fejlődés, melyhez azonban elengedhetetlenek a nyomelemek és vitaminok is.
- A kísérlet genetikai, táplálkozástudományi vagy akár biotechnológiai jelentősége (pl. gének vizsgálata, mutációk, alkalmazkodás).^[7]
- (Nytott) Ha csak hímek vagy nőstények lennének, nem történne szaporodás – a populáció pusztulna, mivel nem képesek ivartalanul szaporodni, szemben pl. a levéltetvekkel.
- (Nytott) Ha megváltoztatnánk a hőmérsékletet vagy páratartalmat, lassulna vagy gyorsulna a fejlődés.^[1]

5. Értékelés

- A fejlődés dinamikájának napi megfigyelése volt a legizgalmasabb.
- Nagy kihívást jelentett a nemek pontos megkülönböztetése, valamint a lárvák megszámlálása.^[4]
- Megtanultam, mennyire érzékeny az ecetmuslica környezeti feltételekre, és mennyire alkalmazkodóképes.^[1]

6. Változók azonosítása

- Független változó: a tenyésztő közeg (gyümölcs vs. laboratóriumi táptalaj)
- Független változók: fejlődési idő, túlélési ráta, elhullás, új imágók száma
- Rögzített változók: hőmérséklet, a kiinduló egyedek száma/neme^{[3][1]}

5.5 Források

1. https://users.itk.ppke.hu/~csobo3/6.felév/Gyógyszerkutatás_és_fejlesztés/Csomai_Borbala_beadando_1.pdf
2. <https://doktori.bibl.u-szeged.hu/view/discipline/dis=5Fbio.html>
3. https://hu.wiktionary.org/wiki/Drosophila_melanogaster
4. <https://real.mtak.hu/74029/1/soltesz.pdf>
5. <https://genet.elte.hu/drosophila>
6. https://www.eltereader.hu/media/2014/05/Genetikai_gyakorlatok_READER.pdf
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/Drosophila>
8. https://doktori.bibl.u-szeged.hu/id/eprint/3111/1/PhDertekezes_V_Vedelek.pdf
9. <https://www.otka-palyazat.hu/download.php?type=zarobeszamolo&projektid=78024>
10. https://ttk.elte.hu/dstore/document/3428/balaton_i_bori_talentum_poszter.pdf

6 A bioindikáció terepi vizsgálata zuzmófajok segítségével

Bevezetés

A zuzmók, mint bioindikátorok terepi vizsgálata rámutat arra, hogy ezen szervezetek érzékeny jelzői a környezeti szennyezésnek, különösen a levegő kén-dioxid szintjének. A kísérlet során megfigyelhetjük, hogy a különböző zuzmófajok eltérő tűrőképességgel rendelkeznek, ami alkalmas a levegőminőség részletes térképezésére. A terepi mérőpontokon gyűjtött adatok, fajok és borítottság értékeinek összevetése megmutatja a szennyezés mértékét, így egyszerű módon segít az ökológusoknak és a környezetvédőknek a levegő minőségének értékelésében és az intézkedések irányításában. Ezáltal a bioindikáció a környezetvédelem fontos, természetközeli módszerévé válik.^{[1][2][3]}

6.1 Tanári feladatok

6.1.1 Problémafelvetés

Hogyan jelzik a zuzmók a környezet levegőtisztaságát, légszennyezését? Milyen összefüggés mutatható ki a különböző zuzmófajok előfordulása és a környezeti terhelés között?

6.1.2 A szükséges anyagok, eszközök

- Zuzmóhatározó könyvek, leírások
- Nagyítók, terepi mikroszkóp
- Jegyzetlapok, térkép, ceruza/toll, milliméterpapír
- Mérőszalag, vonalzó, fényképezőgép/mobil (dokumentációhoz)
- GPS vagy telefon (helyszín rögzítéséhez)
- Szükség esetén talajvizsgálati egység, adatlap mintaanyaghoz

6.1.3 Alkalmazandó eljárások bemutatása

- Válasszunk ki legalább két eltérő területet (pl. forgalmas út, városi park, városszéli erdősáv, zárt erdőszel), és határozzuk meg a pontos helyszíneket. A forgalmas utat vegyük a 0 pontnak, határozzuk meg a többi mérőpont ettől való távolságát (GPS).

- Minden helyszínen gyűjtsük össze hányféle és milyen mennyiségben található kéreg- és leveles zuzmó (ezeket azonosítani kell), rajzoljuk le a telepek méretét és alakját (milliméterpapír).
- Jegyezzük fel, hol (fák törzsén, kerítésen, stb) jelennek meg a zuzmók. Vizsgáljuk meg és jegyezzük fel mely fafajokon fordulnak elő a zuzmók. GPS koordinátával és fotóval.
- Értékeljük, melyik helyszín eredményez magasabb zuzmófaj diverzitást – jegyezzük fel a tapasztalatokat.
- Készítsünk zuzmótérképet: hasonlítsuk össze a zuzmó borítottságot a helyszínek levegőminőségével (forgalmas/szennyezett vs. védett/zöld területek). Értékeljük ki az egyes zuzmófajok és a levegőszennyezettség közti összefüggést.
- Jegyzőkönyvben rögzítsük: fajlistát, mennyiségi becslést, vizuális állapotot és lehetséges magyarázatot a tapasztalt eltérésekre.

Tudományos név	Magyar név	Zuzmó telep típus	Kén-dioxid tűrőképesség (mg/m ³)	Tűrőképesség típusa
Usnea sp.	Szakállzuzmó	Bokros zuzmó	< 0,04	Nagyon érzékeny
Evernia prunastri	Tölgylevelű zuzmó	Leveles zuzmó	< 0,05	Nagyon érzékeny
Parmelia sulcata	Nagy paréjzuzmó	Leveles zuzmó	< 0,125	Mérsékelten érzékeny
Xanthoria parietina	Sárga falizuzmó	Leveles zuzmó	< 0,17	Ellenálló
Lecanora conizaeoides	nincs	Kérgzuzmó	> 0,17	Nagyon ellenálló

6.1.4 A munka ütemezése

Fázis	Időkeret
Bevezető, célkitűzés	10 perc
Helyszínek kiválasztása	15 perc
Zuzmók terepi gyűjtése, azonosítás	30/helyszín perc
Adatlap, jegyzőkönyv készítése	20 perc

Kiértékelés, összehasonlítás	30 perc
Összefoglalás, tapasztalatok	15 perc

6.1.5 Balesetvédelem

- Nagyobb utak, forgalmas helyszínek közelében fokozott óvatosság szükséges.
- Élő zuzmótelepeket ne károsítsd, csak fotózz és jegyzetelj, minimális mintát vegyél!
- Védőkesztyű, zárt cipő erdős részeken.

6.1.6 Összegzés, értékelés

- A zuzmók diverzitása közvetlenül összefügg a levegő tisztaságával és a környezeti terhelés mértékével.
- Milyen helyszíneken találtunk több vagy kevesebb faj- és mennyiségű zuzmót, mi lehet ennek oka?
- Hogyan segíthet a bioindikáció a természetvédelemben és a környezetpolitikai döntésekben?

6.1.7 Kitekintés, további lehetőségek

- Vizsgálható a zuzmók mellett moha- vagy gombafajok bioindikációs szerepe is.
- Hasonló módszertan alkalmazható városi, ipari vagy erdei környezetek összehasonlítására.
- Milyen kapcsolat van a talaj, víz vagy levegő egyéb indikátor szervezetei és a zuzmók között?

6.2 Tanulói feladatlap

A bioindikáció terepi vizsgálata zuzmófajok segítségével

Válaszaid legyenek minél részletesebbek, a rajzokat gondosan készítsd el, mert segítik a tapasztalatok megértését.

6.2.1 Alapvetések

- Melyek a függő változók ebben a bioindikációs kísérletben?

.....

- Melyek a független változók?

.....

- Sorold fel a rögzített változókat, amelyeket minden mintavételi helyen állandóan kell tartani!

.....

6.2.2 A kísérlet tapasztalatainak összegyűjtése

- Hány különböző zuzmófajt találtál a terepen? Sorold fel tudományos vagy magyar névvel!

.....

- Milyen fafajokon vagy felületeken talátlad meg a zuzmókat?

.....

- Melyek a leggyakoribb zuzmótípusok (kéreg-, bokor vagy leveles zuzmó) a mintaterületeken?

.....

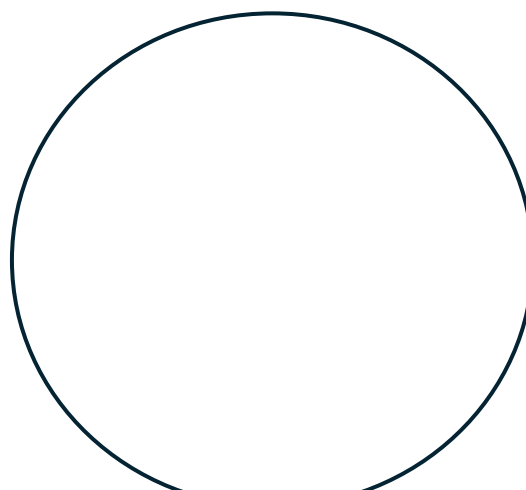
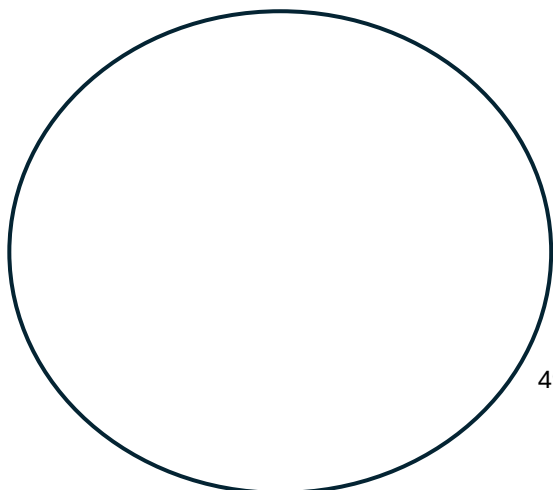
- Hogyan változott a zuzmóborítottság a különböző helyszíneken?

.....

- Készítsd el a vizsgált terület zuzmótérképét egy külön lapra!

.....

Rajzolj le két különböző zuzmófajt! Jelöld a legfontosabb morfológiai jellemzőiket!



6.2.3 A tapasztalatok magyarázata

- Miért fordul elő különbség a zuzmóborítottságokban a különböző helyszíneken?

.....

- Hogyan hat a légszennyezés a zuzmók előfordulására?

.....

- Miért alkalmasak a zuzmók indikátorként a levegőminőség megítélésére?

.....

6.2.4 Összefüggések keresése, értelmezése

- Van-e összefüggés a zuzmótípusok és a környezeti szennyezőanyagok között?

.....

- Hogyan lehet a kén-dioxid hatását szervi és kémiai szinten magyarázni?

.....

- Milyen más környezeti tényezők befolyásolhatják a zuzmókat, pl. növekedésüket, előfordulásukat?

.....

- Milyen más bioindikátor szervezeteket ismersz, és hogyan egészítik ki a zuzmós vizsgálatot?

.....

- Hogyan változna a zuzmók megoszlása egy tisztább vagy szennyezettebb környezetben?

.....

6.2.5 Értékelés

- Mi tetszett a legjobban a terepi kísérletben?

.....

- Mi volt a legnehezebb rész a megfigyelés és azonosítás során?

.....

- Mit tanultál a bioindikáció, a környezetvédelem és az ökológiai egyensúly összefüggéseiről?

.....

6.3 Megoldások, magyarázatok

Amint azt a fenti kísérletek bemutatták a bioindikáció közvetett módon, sok esetben igen érzékeny képes egy élőhely állapotát, valamint annak bizonyos tényezőit jelezni. A zuzmó fajok kifejezetten a levegő kén-dioxid tartalmára, ill annak koncentrációjára érzékenyek. A szakállzuzmó (*Usnea* sp.) és a tölgylevelű zuzmó (*Evernia prunastri*), főként tiszta vagy enyhén szennyezett levegőn fordulnak elő, míg a nagyobb tűrőképességű fajok, például a kéregzuzmó (*Lecanora conizaeoides*), az ipari területeken is fennmaradnak. Jelen gyakorlat a konkrét méréseken túl kiváló lehetőséget biztosít a környezettudatossága való nevelés terén. Emellett kitekintési lehetőséget ad az ökológia, valamint a biokémia irányába is.

6.3.1 Alapvetések

- Függő változók: a zuzmók fajösszetétele, borítottsága és elterjedése a vizsgált területeken.^[1]
- Független változók: a mérési pont helye (pl. forgalmas út vs. zöld terület), légszennyezés szintje, fa- vagy egyéb alapkörnyezet.^[3]
- Rögzített változók: a mintavétel ideje, a mérési módszerek és eszközök, azonos évszak, azonos fa- vagy felület típus lehetőség szerint.^[2]

6.3.2 A kísérlet tapasztalatai

- Különböző zuzmófajokat találtunk, például szakállzuzmó, tölgylevelű zuzmó, nagy paréjzuzmó, sárga falizuzmó és kéregzuzmó.^[4]
- A zuzmók leginkább fák kérgén fordultak elő, de találtunk kerítéseken és kőfalon is.
- A leggyakoribb típusok: leveles zuzmók (Pl. *Parmelia sulcata*), kéregzuzmók (pl. *Lecanora conizaeoides*), illetve bokros zuzmók (pl. *Usnea* sp.).^[5]
- A tisztább levegőjű zöld területeken sűrűbb és változatosabb zuzmóborítottságot találtunk, szennyezettebb helyeken csökkent a fajgazdagság.^[6]
- Egységes rajzokon ábrázoltuk két különböző zuzmófaj jellemző morfológiai jegyeit (pl. szín, alak, telepméret).^[7]

6.3.3 A tapasztalatok magyarázata

- Az eltérő zuzmóborítottság a levegő szennyezettségi szintjéből adódik, mivel a szennyező anyagok toxikusak az érzékeny fajokra, míg ellenállóbb fajok fennmaradnak.^[8]
- A kén-dioxid, nehézfémek és más légszennyezők korlátozzák az érzékeny zuzmófajok előfordulását.^[9]

- A zuzmók bioindikátorként hasznosak, mert természetes élőhelyhez kötöttek, viszonylag mozdulatlanok, és jelenlétük az ökoszisztéma tisztaságának mutatója.^[1]

6.3.4 Összefüggések keresése, értelmezése

- Szoros összefüggés mutatható ki a zuzmófajok jelenléte és a kén-dioxid koncentrációja között; minél tisztább a levegő, annál több és érzékenyebb faj fordul elő.^[8]
- A kén-dioxid reakcióba lép a zuzmó sejtjeiben található enzimekkel, és gátolja anyagcseréjüket, ezért mérsékelten vagy nagymértékben korlátozza növekedésüket.^[10]
- Egyéb tényezők, pl. páratartalom, fény, táplálékforrások, szintén befolyásolják a zuzmó egyedszámot.^[3]
- Bioindikátorként más növények, gombák, mohák vagy rovarfajok is alkalmasak, így komplexebb ökológiai képet nyújthatunk.^[11]
- Tisztább környezetben nő a fajgazdagság, szennyezettben csökken, hosszabb távon fajcsökkenést okozhat.^[6]

6.3.5 Értékelés

- A legérdekesebb a természet közelségének és a szennyezés hatásainak felismerése volt.^[3]
- Nehézséget jelentett az apró zuzmók felismerése és mikroszkópos azonosítása.^[12]
- Megértettem a bioindikáció jelentőségét a környezetvédelemben, és hogyan segíthet a környezet állapotának nyomon követésében.^[1]

6.4 Források

1. Salma, I. (2018). *Környezeti kémia*. ELTE, Budapest.
2. Magyar Ökológusok Kongresszusa (2022). *Bioindikátorok jelentősége a természetvédelemben*.
3. [Ecology.hu](https://ecology.hu) (2024). *A levegő minőségének megállapítása zuzmók segítségével*.
4. NKP (2021). *Természetismeret-környezetvédelem tananyag*.
5. MTA Kutatóhelyek (2013). *Ökológiai kutatások Magyarországon*.
6. Debreceni Egyetem, Biológus MSc tananyag (2023).
7. Magyar Mezőgazdaság (2024). *Zuzmók és levegőszennyezés kapcsolata*.

8. OFI (2021). *Ökoiskolai munkaterv.*
9. MTA (2019). *Környezettudományi háttéranyagok.*
10. Eötvös Loránd Tudományegyetem (1994). *Drosophila és zuzmó modellek.*
11. Magyar Science Hub (2025). *Természetközeli bioindikáció.*
12. TTK ELTE (2023). *Fenntarthatósági környezettudományok.*