

TÓTH TAR ÉVA

AZ EMBER ÉS A TERMÉSZET – VAGYIS A TERMÉSZETTUDOMÁNYI TÁRGYAK TÖMBÖSÍTETT OKTATÁSA (3. RÉSZ)

„Késő nyáron egyedülálló hangulat lengi be az erdőket. Élénkzöldjüket a koronák elmosódott sárgászöldre cserélik. Úgy fest, mintha egyre több fa fáradna el, és várná elcsigázottan egy kimerítő idény végét. Csakúgy, mint minálunk, emberek-nél egy dolgoz nap után, eljön a jól megérdemelt pihenés ideje.”

(Peter Wohlleben: A fák titkos élete)

Kevés annál szebb és varázslatosabb látvány van, mint amikor a nap sugarai átragyognak a faleveleken. Van abban valami végtelenül megnyugtató, ahogy a szélben hintázó levelek között táncol a napfény, bújócskát játszva velünk. A fák nélkülözhetetlenek, és az egyetlen megmaradt színterei a tápláléklánc megszakadás nélküli áramlásának. Oxigént termelnek, miközben elnyelik a szén-dioxidot, és otthont adnak számtalan élőlénynek. Lassítják a szelet, és hűtik a levegőt, elmesélik a múltat, és megvédik a jövőt. És mégis úgy tűnik, mi, emberek, képtelenek vagyunk felhagyni a pusztításukkal.

A Föld történetét tekintve minden több milliárd évvel ezelőtt kezdődött. Élet viszont csak akkor keletkezett a Földön, amikor a kialakulásához szükséges feltételek, a víz, az ósóceán és a benne lezajló kémiai evolúció létrejöttek. A ma ismert fotoszintézis az energianyérés sokféle más átmeneti módja után kb. 3,5 milliárd éve alakult ki a kékeszöld moszatokban. Ezek voltak az első, már valódi fotoszintetizáló, oxigént termelő egysejtű élőlények. Később más élőlények is megjelentek, mint pl. az alacsonyabb rendű növények – baktériumok, páfrányok, zsurlók, harasztok és a magasabb rendű növények.

A fotoszintézis kifejezés alatt azoknak a folyamatoknak az összességét értjük, amelyeknek segítségével a növények a fényenergiát a szén-dioxidnak szerves vegyületekké való átalakulására használják fel. A Föld atmoszféráját évente 56×10^{23} J energia éri el a napból. Ennek körülbelül a fele elnyelődik az atmoszférában, a másik fele a Föld felszínére jut. A felszínre érkező sugárzásnak szintén körülbelül a fele esik hullámhossztartományba, amely a fotoszintetikus folyamatokban hasznosulhat. A fotoszintézis során mintegy 2×10^{11} tonna szerves anyag keletkezik évente, ami 3×10^{21} J energiának felel meg. A kloroplasztisz teszi lehetővé a növények számára a fényenergia hasznosítását és olyan mértékű szerves anyagok előállítását, ami ellátja szerves anyaggal a növény nem fotoszintetizáló sejtjeit és szöveteit. A növények által produkált szerves vegyületek szolgálnak tápanyagként a heterotróf, vagyis a fogyasztó szervezetek számára is.

A következő feladatok segítenek megérteni a növényekben lejátszódó folyamatokat, főképpen a fotoszintézis folyamatát. Mivel a fotoszintézis során szerves anyagok keletkeznek, ezért néhány feladat a szénhidrátok, fehérjék és zsírok bizonyítására szolgál a növényi szöveteken belül. Ezek az ismeretek a biológia és kémia szakterületét ötvözik, így magyarázva meg a biokémia fogalmát.

MITŐL ZÖLD A LOMBLEVELEK SZÍNE?

A kísérlet célja: A zöld színanyag megfigyelése.

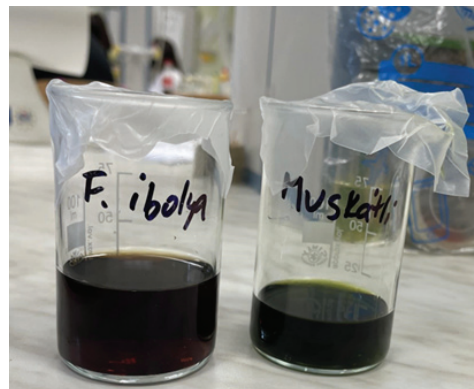
Elméleti áttekintés: A növényi oldat a legfontosabb színanyagok közül tartalmaz kétféle zöld színű klorofillt (klorofill-A és B), narancssárga színű karotint és sárga színű xantofillt. A sejtek mechanikus szétrombolása által a sejtből kiszabadul a klorofill, melyet a kísérletek során tovább tudunk vizsgálni.

Segédeszközök: két-három spenót, muskátli, ibolya vagy más, erősen zöld növény levele, olló, kis famozsár törővel, egy kanál finom homok, 40 cm^3 alkoholt, műanyag tölcser, papír zsebkendő, műanyag tálka

Munkamenet:

- 1) Két-három darab erősen zöld lomblevelet ollóval vagdossunk kis darabokra.
- 2) A vagdalékot tegyük kis mozsárba, szórjunk rá finom homokot, majd mozsártörővel roncsoljuk szét a leveleket.
- 3) $30\text{-}40 \text{ cm}^3$ alkoholt öntsünk az anyagra, és újra keverjük össze
- 4) Hagyjuk állni egy kicsit, és papír zsebkendővel vagy két rétegbe hajtott törlőkendővel béleljünk ki egy tölcser
- 5) Az alkoholos-homokos-lombleveles zúzalékot szűrjük át, és az átcsöpögő oldatot fogjuk fel egy edényben.

Eredmény: A szűrés eredményeképpen hígán folyó, átlátszó, sötétzöld oldatot kapunk (1. ábra).



1. ábra: A fokföldi ibolya és a közönséges muskátli leveleiből kinyert zöld színanyag alkoholos oldata

Magyarázat: Az alkohol kioldotta a lomblevél széttroncsolt sejtjeiből a növényi színanyagot, tehát a klorofillt.

Didaktikai megjegyzés: A karotin és a xantofill színét nem látjuk nyáron, mert a zöld klorofillból több van a lomblevelekben, és elnyomják az egyéb festékanyagok színét. Nyár után a klorofillok már akkor lebomlanak, mikor a lomb még a fákon van, a karotin és a xantofill viszont nem, ezért sárgulnak, színesednek a levelek az ős beköszöntével.

HOGYAN VISELKEDNEK A SZÍNANYAGOK ERŐS MEGVILÁGÍTÁSBAN?

A kísérlet célja: Fény hatásának vizsgálata a színanyagokra.

Elméleti áttekintés: A fény különböző energiataralmú fényhullámokból áll. A különböző energiataralmú fénysugarak eltérő színűek. Hatféle színtartomány különíthető el a látható fényben: vörös, narancs, sárga, zöld, kék, ibolya. Ezek összessége adja a fehér napfényt. Energiában leggazdagabbak az ibolyaszínű tartományba eső sugarak. A fényelnyelő anyagok – ilyenek a növényi festékanyagok is – mindig olyan színűek, amilyen színű sugarakat a festékanyag a szerkezeténél fogva nem képes elnyelni. A zöld klorofillt azért látjuk zöld színűnek, mert a vörös, narancs, sárga, kék és ibolyaszínű sugarakat elnyeli a fényből, a zöldet azonban nem tudja, azt visszaveri.

Segédeszközök: kis üvegcső, 100 W-os asztali lámpa, növényi festékanyag-kivonat (az előző feladatból).

Munkamenet:

- 1) Egy kis üvegcsőbe töltünk növényi festékkivonatot (az előző feladatból).
- 2) Világítsuk meg közélről erős fényű lámpával.
- 3) Mozgassuk az üvegcövet, nézzük meg, milyen, amikor a fény felülről esik az oldalra, és milyen, amikor oldalról éri a fény.

Eredmény: A kivonat sötétzöld színe mély bordóvörösre színeződik.

Magyarázat: A növényi színanyagok kémiai szerkezetük miatt képesek a fényenergia átmeneti elnyelésére. A fehér fény formájában elnyelt energiát az oldat bordóvörös színű fény formájában azonban azonnal le is adja.

Didaktikai megjegyzés: A fehér viselet azért előnyös a nyári melegben, mert a teljes napsugárzást visszaveri, nem nyeli el, nem melegszik fel. A fekete ruha viszont azért meleg nyáron, mert elnyeli a napsugárzást. (Azért látunk fehérnek egy tárgyat, mert olyan anyagból készült, amely a teljes napsugárzást visszaveri, a feketénél pedig fordítva, elnyeli.)

SZÉTVALASZTHATÓK-E A LOMBLEVÉL FESTÉKANYAGAI?

A kísérlet célja: Festékanyagok szétválasztása.

Elméleti áttekintés: A vizsgálatban alkalmazott elválasztási módszer a folyadékromatográfia. Ezt az egymáshoz hasonló szerkezetű anyagok szétválasztására lehet használni. Van egy szilárd állórész, erre viszik fel a szétválasztandó folyadékot. A folyadékban lévő különböző anyagok eltérő vándorlási sebességén alapszik a módszer.

Segédeszközök: kis műanyag tálka, iskolai kréta, növényi festékkivonat (az első feladatból).

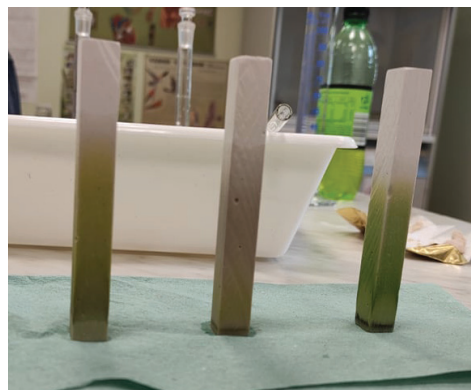
Munkamenet:

- 1) Egy kis tálkába öntsünk alkoholos növényi festékkivonatot, legalább 10 mm magasságban legyen (az első feladatból felhasználható).
- 2) Állítsunk bele egy iskolai táblakrétát, és várjunk 15 percig.
- 3) Emeljük ki a krétát és vizsgáljuk meg.

Eredmény: A festékoladat-kivonat felszívódott a krétára, és jól elkülönülő csíkokra vált szét (2. ábra).

Magyarázat: Az alkoholos festékkivonat különböző kémiai anyagok elegye. A finoman lyukacsos szerkezetű kréta felszívta az oldatot. A benne lévő festékmolekulák azonban eltérő sebességgel vándorolnak felfelé, ezért idővel elkülönülnek egymástól. A legalsó sáv kékeszöld klorofill-A, a középső sárgászöld klorofill-B, a felette levő sárga a xantofill és a legfelső a narancssárga karotin.

Didaktikai megjegyzés: Az első kromatográfias eljárás Mihail Szemjanovics Cvet (1872–1919) orosz botanikus nevéhez fűződik. Tőle származik a kromatográfia elnevezés, ami színnel írást jelent. Cvet neve oroszul szint jelent.



2. ábra: Többféle növényi kivonat kromatográfias szemléltetése. A zöld színanyag az alsó sávokban, a sárga közepén és a narancssárga felül található meg.

EL TUDJUK KÜLÖNÍTENI A SÁRGA FESTÉKANYAGOT A ZÖLDTŐL?

A kísérlet célja: a sárga és zöld színanyag elkülönítése.

Elméleti áttekintés: Az egymással nem elegyedő szerves oldószerek (alkohol, benzin) segítségével a növényi festékkivonatból a xantofill különválasztható. Az eljárás a megoszlási kromatográfia. Ennek során két egymással nem vagy csak alig elegyedő folyadékban oldják fel az anyagkeveréket, amely összetevői a rázás során az oldódási hajlandóságuknak megfelelően egyik vagy másik oldószerben gyűlnek össze.

Segédeszköz: műanyag mérőhenger, növényi festékkivonat (első feladatból), sebbenzin.

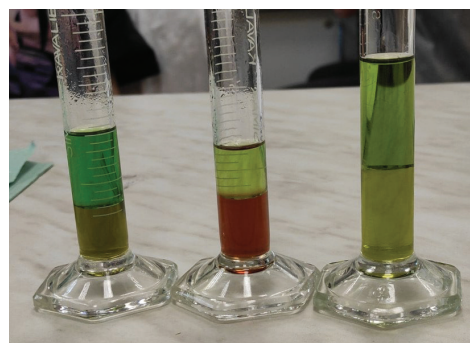
Munkamenet:

- 1) Öntsünk egy műanyag mérőhengerbe 2-3 cm magasan növényi festékkivonatot.
- 2) Öntsünk rá ugyanennyi sebbenzint.
- 3) Néhány percig rázzuk össze (a benzin gyúlékony, ne dolgozzunk láng mellett, nyílt térben végezzük a kísérletet).

Eredmény: A mérőhenger tartalma két részre válik szét, felül zöld, alul sárga folyadékréteg (3. ábra).

Magyarázat: A felül zöld réteg a benzin, ebben halmozódik fel a benzinben jobban oldódó klorofill és karotin. Az alsó sárga színű alkoholos részben a xantofill jobban oldódik, mint a benzinben.

Didaktikai megjegyzés: A megoszlási kromatográfia alkalmas folyadékokban lévő szennyeződések eltávolítására, csak a megfelelő kivonószert kell megválasztani.



3. ábra: Színanyagok szétválasztása. A középső mérőhenger a fokföldi ibolya színoldatát tartalmazza, melyben túlsúlyban vannak a narancssárga színtestek, ezek az alsó fázisban vannak, míg a zöld a felsőbe kerül. A másik két mintában alul a sárga, felül a zöld réteg található meg.

FÜGG-E A ZÖLD NÖVÉNYEK OXIGÉNTERMELÉSE A FÉNY ERŐSSÉGÉTŐL?

A kísérlet célja: A fény hatásának bizonyítása az oxigéntermelésre.

Elméleti áttekintés: A szódabikarbóna (kémiai neve nátrium-hidrogén-karbonát) vízben oldódik, azonban közben szén-sav keletkezik, amelyik egy bomlékony vegyület, szén-dioxid gázza és vízre esik szét.

Segédeszköz: tálca, üvegpohár, kávéskanál, olló, vízinövény, víz, szódabikarbóna, óra.

Munkamenet:

- 1) Egy üvegpohárba töltünk vizet, tegyünk bele egy csipet szódabikarbónát, keverjük el.
- 2) Vegyünk egy akvárium vízi növényt (pl. süllőhínárt), és ollóval vágjunk le akkorát, hogy az üvegpohárba beleférjen (fontos, hogy teljesen fedve legyen).
- 3) Erős fényű asztali lámpát tegyünk elé, és figyeljük a változást, ha távolabb tesszük a lámpát, szintén figyeljük meg a változásokat.

Eredmény: A növény friss vágási felületéről buborékok szállnak fel, erős megvilágításban több buborék száll fel, gyengébb fényenél kevesebb.

Magyarázat: A zöld növények a keményítő felépítéséhez szén-dioxidot és vizet használnak fel. A folyamathoz fényre van szükség. A CO_2 a szódabikarbónából szabadult fel, minél nagyobb a fényerősség, annál gyorsabb a folyamat. A keletkezett oxigén buborékok formájában távozik a vízből.

Didaktikai megjegyzés: A zöld növények oxigéntermelése nélkülözhetetlen minden élőlény számára. Ezért fontosak az erdők, zöld területek és ezek védelme, erről a témáról kezdeményezhetünk beszélgetést a diákokkal.

VAN BENNE KEMÉNYÍTŐ?

Kísérlet célja: Keményítő kimutatása bizonyos mintákban.

Elméleti áttekintés: A keményítő a növények egyik legfontosabb tartaléktápanyaga. Cukorból keletkezik a sejtekben. Kimutatható a lombelevélből és a szárból is, legnagyobb mennyiségben azonban a tartaléktápanyagokat raktározó szervekben, a gumókban, a gyöktörzsekben, magvakban fordul elő. Lugol-oldat segítségével (jód oldat) mutatható ki. A keményítő molekuláját glükóz molekulák alkotják, melyek tekercsbe rendeződnek (amilóz), vagy hálózatot alkotnak (amilopektin). Az amilóz 80%-a keményítő, az amilopektin 20%-a. A keményítő reakciója során Lugol-oldattal a jódmolekulák a tekervény belső üregébe kerülnek, melyet kék elszíneződés kísér.

Segédeszköz: tálca, öt papírkapszli (muffinhoz való), kés, burgonyagumó, kávéskanál, liszt, napraforgómagok, csipetnyi darált hús, tejföl vagy joghurt, pékárú (vagy bármilyen más ételízesítő-alapanyag minta), jódtinktúra.

Munkamenet:

- 1) A papírkapszlikba tegyünk különböző biológiai anyagokat (burgonyagumóból egy szelet, héjától megfosztott és összenyomott napraforgómagot, egy kávéskanál lisztet, csipetnyi darált hús, egy kanál joghurtot).
- 2) Mindegyik mintára cseppentsünk egy cseppet a jódtinktúrából.

Eredmény: Bizonyos tálcákban lévő anyagok színe megváltozik, a lecseppentés helyén kékesfekete színeződés lép fel. A többi esetben nincs változás, az oldat barna színű maradt (4. ábra).

Magyarázat: A burgonya és a búzaliszt (búzaszem őrleménye) növényi anyagok, amelyekben tartaléktápanyagként keményítő halmozódott fel. A napraforgómag is növényi anyag, ám benne a tartaléktápanyag az olaj. A hús és a joghurt állati eredetű anyagok. Keményítőt nem tartalmaznak.

Didaktikai megjegyzés: Lugol-oldat készítése: kálium-jodidot vízben feloldunk (1,5 g 100 cm³ vízben) és jódot adunk hozzá (0,5 g). Figyeljünk a munkabiztonságra, a jód egészségre ártalmas anyag. Amennyiben nem áll rendelkezésünkre Lugol-oldat, helyette használhatunk jód alapú fertőtlenítőszeret, pl. Betadinet, melyet vény nélkül kaphatunk a gyógyszerárakban is (az sem árt, ha balesetek, sérülések esetén van otthon ilyen fertőtlenítőszer is).

Régebben a jódpróbát alkalmazták a hamisított tejföl leleplezésére. Ugyanis a piacokon voltak olyan tejfölarusok, akik a tejfölt előbb tejjel felhígították, hogy több legyen, majd lisztet kevertek bele, a megfelelő sűrűség elérésére. A hamisított tejfölt az ellenőrök jódpróbája leleplezte, a beleszóppentett tinktúra a hamisítványban megkékült. Ezért hívják ezt „kofa-reakciónak” is.

MEGISMERED A KAPROT, AZ ÁNIZST, A SZEGFŰSZEGET JELLEMZŐ ILLATÁRÓL?

A kísérlet célja: Illóolajok kisajtolása gyógynövények magvaiból.

Elméleti áttekintés: Az illóolajok kémiaiilag nem olajok, bár látszatra úgy viselkednek. Olajos foltot hagynak a papíron, amely azonban – szemben a valódi olajokkal – rövid időn belül elillan, mert gyorsan párologó vegyületek. Ezért is érezzük az illatukat már messziről.

Segédeszköz: tálca, 8-10 szem ánizs, édeskömény vagy kapormag, fűszertörő mozsár, fehér papírlap

Munkamenet:

- 1) A magokat fehér lapon fűszertörővel törjük össze és dörzsöljük szét.
- 2) Töröljük le a törmelékét, és nézzük meg a papírlapot.

Eredmények: A magok szét-dörzsölése olajos foltot hagy a papíron. Rövid időn belül azonban a folt eltűnik.

Magyarázat: Az ánizs, az édeskömény, a kapor, a kömény és egyéb fűszernövények íz- és aromaanyagát úgynevezett illóolajok adják.

Didaktikai megjegyzés: Illóolajok adják a növények, virágok illatát, a fűszerek aromáját. Legismertebb közülük az erdei fenyő terpeninolaja, az ánizs ánizsolaja (anetol), a kapor kaporolaja (kavrol), a mentafajok mentaolaja (mentol).



4. ábra: A keményítő kimutatása főtt tésztában, kifliben és burgonyában sikeres volt, a jódtinktúra lilás-feketés reakciót adott, míg a joghurt esetében az oldat barna színe nem változott, tehát a minta nem tartalmaz keményítőt.

FEHÉRJÉK KIMUTATÁSA – A BIURET-REAKCIÓ

A kísérlet célja: Bizonyítani a fehérjék jelenlétét a vizsgált mintákban.

Elméleti áttekintés: A biuret-reakció a peptidkötés igazolására szolgál. A peptidkötés a rézionokkal reagál alkalikus környezetben. Az eredmény rózsaszínes lila-kékeslila elszíneződés. Az elszíneződés intenzitása függ a fehérjemolekula nagyságától.

Segédeszközök: 6M nátrium hidroxid oldat (NaOH), 0,02M réz-szulfát oldat (CuSO₄), alma, keksz, tej, tejföl, zselatin, víz, mozsár, villa.

Munkamenet:

- 1) A vizsgált anyag 2 ml-es oldatához hozzáadunk 2 ml 6M NaOH oldatot és 4 csepp 0,02M CuSO₄ oldatot.
- 2) Ha szükséges, gyengén elkeverjük.
- 3) Figyeljük az oldat elszíneződését.

Megfigyelés: A fehérjék jelenlétében a minta rózsaszínes kékeslila elszíneződést kapott (5. ábra).

Végeredmény: A fehérjék jelenlétét megvizsgáltuk a tejben, zselatinban, tejfölből, almában, kekszben. Az első három minta erős színreakciót adott, mivel ezek nagymértékben tartalmazznak fehérjéket. Az alma és a keksz nagyon minimális mértékben tartalmaz fehérjét, ezért a színreakció nem volt jelentős.

Didaktikai megjegyzés: Figyeljünk a munka közbeni biztonságra, a NaOH maró anyag a CuSO₄ egészségre káros anyag.



5.A és 5.B ábra: Az egyes mintákban kimutatott fehérjék jelenléte a biuret-reakció előtt és után: tejföl, zselatin, tej, alma, keksz. Az almában és a kekszben minimális mennyiségű fehérjét sikerült kimutatni, míg a tej, tejföl és zselatin mutatott színreakciót.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- Farkas Adrienn (2011): *Kémia az erdőben – növények biokémiája*. Url: http://tothgergely.web.elte.hu/downloads/Novenyekbiokemiaja_FarkasAdrienn_2010_2.pdf (Letöltés ideje: 2023.06.29.)
- Janice VanCleave (1995): *Kémia: 101 könnyű és látványos kísérlet a kémia játékos tanulásához*. Budapest, Springer-Verlag, ISBN 963 8455 62 4.
- Peter Wohlleben (2021): *A fák titkos élete – Mit éreznek, hogyan kommunikálnak? Egy rejtett világ felfedezése*. Budapest, Park Kiadó, ISBN: 9789633557464.
- Póli Emma (2021): *Védd a fákat! – Így lehet környezettudatos a hétköznapokban*. Impulzív Életmód Magazin, url: <https://www.impulzivmagazin.hu/vedd-a-fakat-igy-lehetsz-kornyezettudatos-a-hetkoznapokban/> (Letöltés ideje: 2023.6.29.)