

Szerzők: Nagy Imola és Horváth Ilka
Bolyai Farkas Elméleti Líceum, Marosvásárhely
Irányító tanár: Szász Ágota Judit

Ultra Védelem

Napjainkban lépten-nyomon figyelmeztetnek bennünket a Napból érkező ultraibolya sugárzások káros hatásaira. Mi kíváncsiak voltunk, hogy valójában mik ezek a rettegett sugárzások, és milyen természettel rendelkeznek. Tárgyaltuk a negatív következményeit az emberi szervezetre nézve, ám bizonyítottuk azt is, hogy a “minden rosszban van valami jó” alapelv ebben az esetben is igaz, hiszen az ultraibolya sugárzásokat akár saját javunkra is fel tudjuk használni. Utánajártunk ezen pozitív hatásoknak és felhasználási lehetőségeknek is.

Az ibolyántúli vagy ultraibolya (röviden UV) sugárzás a látható fénynél (400-780 nm) kisebb hullámhosszúságú, a 100–400 nm-es tartományba eső elektromágneses sugárzás. Felfedezése (1801) Johann Wilhelm Ritter, német fizikus nevéhez fűződik, aki megfigyelte a napfény sötétítő hatását ezüst-kloridra. Ezüstnitráttal bevont papírcsíkokat helyezett el a falon egy elsötétített szobában és rávetítette a prizmával felbontott fényt, majd megmérte, hogy az egyes papírcsíkok milyen gyorsan feketednek meg. Úgy találta, hogy a vörös alig sötétítette meg a papírt, míg az ibolya felé haladva a sötétedés sebessége egyre nagyobb volt. William Herschel (az infravörös sugarak felfedezője) ötletét átvéve, egy csíkot az ibolya fölé is helyezett, és észlelte, hogy ez a papír sötétedett meg a leggyorsabban, annak ellenére, hogy nem érte látható fény. Valamilyen sugárzásnak azonban érnie kellett, ami a sötétítő hatást kiváltotta. Ezeket a sugarakat „deoxidáló sugarak” -nak nevezte el, kihangsúlyozva kémiai reakcióképességüket. E miatt először „kémiai sugár” néven vált ismertté. Mivel a legkisebb hullámhosszúságú, de még látható fény színe az ibolya (latinul: viola), ezért az ennél nagyobb frekvenciájú rezgést az ibolyántúli sugárzásnak nevezték el. (1. ábra)

Az UV-sugárzás veszélyeivel ma már többé-kevésbé tisztában vannak az emberek, az 1990-es évek előtt azonban még a szakemberek is úgy vélték, hogy nem érdemes velük kiemelten foglalkozni, mivel annyira alacsony intenzitással érik a Földet. Így csak ez után kezdődött el az UV-sugárzás intenzitás szintjének mérése és dokumentálása.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy az utóbbi húsz évben 6-14 százalékkal növekedett bolygónkon a földfelszínre érkező UV-sugárzás mennyisége (lásd 2. ábra). Furcsa ellentmondása századunknak, hogy miközben a nemzetközi környezetvédelmi erőfeszítéseknek köszönhetően mérséklődött az ózonpajzs károsodása, a Földet elérő UV-sugárterhelés megnőtt. A helyzet kulcsa a légkör sugárzásátbocsátó képességének változása. Az optikai vastagság növekedése a sugárzás-átbocsátóképesség csökkenését jelzi. Hosszabb távon úgy látszik, hogy a légkör átlátszósága növekszik, és ennek a sugárzásáteresztést gyengítő tényezők mennyiségének csökkenése lehet az oka. Az elemzések szerint, a kilencvenes évek elejéig nőtt az optikai vastagság, majd azóta folyamatosan csökken, azaz a légkör előbb szennyezettebbé vált, majd egyre tisztább lett. Ennek oka, hogy a szennyező és korszerűtlen ipar nagy részét felszámolták, a megmaradt létesítményeket viszont korszerűsítették. A kilencvenes évek közepétől észlelhető javulás azonban mérsékli az enyhe ózontartalom UV-sugárzást csökkentő hatását.

A 19. század második feléig a Nap volt az egyetlen ultraibolya-sugárforrás. A földfelszínre érkező napsugárzás spektrumának mindössze 5%-át teszi ki a 290-400 nm-ig

terjedő, azaz az UV-B-ből és UV-A-ból álló ultraibolya tartomány. Nyáron, délidőben Észak-Európában az UV-A sugármennyiség 40 W/m^2 , az UV-B kevesebb, mint 3 W/m^2 . Az intenzitást és az aktuális spektrumot alapvetően a következő tényezők határozzák meg és folyamatosan módosítják: a napszak, az évszak, a földrajzi helyzet (szélességi fok), a tengerszint feletti magasság, a felszíni visszaverődés, az időjárási viszonyok (felhősödés, páratartalom, stb.) valamint a légkör szennyezettsége.

A mesterséges UV-források első példányát, a szénelektrodákat tartalmazó higanygőz lámpát 1852-ben szabadalmaztatta E.H. Jackson.

A gáz- vagy gőztöltésű kisülési lámpákban (lásd 3.a ábra) a sugárzás akkor keletkezik, amikor az elektromos áram valamely gázon vagy gázzal kevert fémgőzön folyik keresztül. A lámpáknak (mely a teljes UV spektrumban képes sugározni típustól függően) időre van szükségük az UV sugarak kibocsátásához, ugyanis a cseppfolyós higany párolgásig kell melegedjen. Minél nagyobb a gáz/gőz nyomása, annál hosszabb ez az idő. A fluoreszcens fénycsöveket tartalmazó lámpák (lásd 3.b ábra) lényegében alacsony nyomású higanygőz lámpák. Az emissziós spektrum (fizikai anyagok által kibocsátott elektromágneses sugárzás színe) a 254 nm-es sugárzás és a csövet belülről borító speciálisan előállított foszforvegyületek közti kölcsönhatásból jön létre, mely utóbbiak kémiai szerkezetüktől függően specifikus hullámhosszú UV sugarak kibocsátására képesek.

Normál esetben az UV-C sugarak elnyelődnek a Föld légkörében, azonban néhány helyen elérhetik a földfelszínt. Ebben az esetben számolnunk kell biológiai hatásaival, mint például a bőr gyulladása, késői pigmentálódása, a bőr felső rétegének megvastagodása, illetve a szem irritálása.

Az UV-B sugarak hasonló hatásokat váltanak ki, mint az UV-C sugarak, de ők felelősek a fény okozta rákképződésért (karcinogenezis), valamint a fény immunrendszert gátló hatásaiért (fotoimmunosuppresszió) is. Azonban ez a tartomány nélkülözhetetlen a D-vitamin szintéziséhez. A természetes napfény alig 1/15-öd része UV-B.

Az 500-1000-szeres intenzitással jelen levő UV-A sugarak legfontosabb biológiai hatásai a bőr azonnali barnulása, a meglévő pigment tartalom sötétedése. Ezek ugyancsak bőrpírt, gyulladást keltenek (erythema), ha túl hosszú ideig érik bőrünket. Szintén van rákkeltő hatásuk.

De vajon ez mit is jelent a mikrobiológia szintjén?

A sejtek DNS-e elnyeli az UV-B-sugarak energiáját azonban ha a sugárhatás túl erős különböző változások következhetnek be a DNS kémiai szerkezetében. Ezek súlyos következményekkel járnak a sejt működésére nézve. Ha a DNS saját védekező és önkijavító rendszere (genetikai hiba, vagy a túl gyakori, illetve túl erős fényhatás miatt) nem tud elég hatékonyan reagálni a szervezetet ért káros hatásra, sejtmutációs jelenségek indulhatnak be, amelyek anomáliákat okoznak a sejtosztódásban (ezek segítik elő a bőrrák kialakulását).

Az ultraibolya sugarak nem csak bőrünket, hanem szemeinket is nagymértékben károsítják. A szaruhártya nagyrészt kiszűri azokat a káros sugárzásokat melyek közül nem a közvetlenül a Napból érkezők, hanem a hó vagy a víz által visszavertek a veszélyesebbek. Az UV-B sugarak hosszabb távú hatásai azonban összeadódnak, lassan és fájdalommentesen jelennek meg, és különféle szembetegségeket okoznak, mint például a kötő- és szaruhártya gyulladás, a kúszóhályog, a szürkehályog, a retina elfajulása illetve a szem környéki bőr rosszindulatú elváltozásai.

Ezek után felmerült bennünk a kérdés, hogy vajon ezek a sugarak csak az emberek számára veszélyesek-e?

A 280nm alatti sugártartomány úgynevezett germicid hullámhossz, melyet már 1877 óta alkalmaznak vírusok és baktériumok elpusztítására. Kis áthatolóképessége ellenére is igen hasznos a mikrobák megsemmisítésére, mivel azok DNS-ének UV elnyelési maximuma 260 nm-nél van, amely nagyon közel van az alacsony nyomású UV források fényenergiakibocsátó maximumához, mely kereken 254 nm. Ez a legpusztítóbb hatású a mikroorganizmusok számára. Az UV-C tartományban kibocsátott sugárzás 90%-a 254 nm hullámhosszú. Minél nagyobb a sugárteljesítmény (sugárzó által időegység alatt kisugárzott energia) és minél hosszabb a besugárzás ideje, annál nagyobb a mikroorganizmusok elpusztulási aránya.

Kíváncsiak voltunk, hogy mindez hogyan működik a valóságban, ezért kísérletezni kezdtünk. Három különböző erősségű UV lámpa állt a rendelkezésünkre: egy UV-A sugarakat kibocsátó, két fluorescens fénycsővel ellátott műköröm szárítására használt lámpa, egy UV-B-t sugárzó higanygőzlámpa, mely távolságától függően 5-ös (15 cm-ről) illetve 7-es (8 cm-ről) intenzitásinttel (az UV sugárzás erősségének meghatározására szolgáló egységes értékek -5.ábra) sugározta a petricsészéket, valamint egy erős (kb. 18-as intenzitású) UV-C sugarakat kibocsátó higanygőzlámpa. Az UV szinteket egy kézi, mindennapi használatra tervezett sugárszintmérővel mértük, amely egy félvezető segítségével érzékelte a sugárzást. Annak érdekében, hogy kiderítsük, hogy az ultraibolya sugárzás milyen formában és mennyi idő alatt okoz elváltozásokat az élő sejtekben, az élesztőgombákat választottuk kísérleti alanyként. Rendszertanilag a gombák országában található sarjadzó- vagy élesztőgombák családjába tartozik az élesztőgomba (*Saccharomyces cerevisiae*). Ez egyike a legtöbbet tanulmányozott eukarióta modellszervezeteknek a sejtbiológiában. Sejtjei alig 5-10 mikrométeresek, melyek glükán, mannán, kitin tartalmú sejtfallal rendelkeznek és sarjadzással (bimbózással) szaporodnak.

A mérésekben használt szuszpenzió elkészítéséhez, 100 ml desztillált vízhez kevertünk 0.2g élesztőt. Kezdetben készítettünk egy kontroll oldatot (lásd 6.ábra), melyhez egy csepp metilinkéket adagoltunk a láthatóság érdekében. Amennyiben a sejt felveszi a metilénkéket, azaz megszíneződik, azt jelenti, hogy már nem képes magából kilökni a festékanyagot, így halottnak tekinthető. Ily módon különböztettük meg az élénk, sötétkék halott sejtet, a fehér vagy a (metilénkékes oldat miatt) világoskék élő sejtől. A metilénkék maga is öli a gombasejteket a sejtlegzés gátlása miatt, ezért vált fontossá a kontroll oldat készítése.

A petricsészékben elkészített oldatainkat eltérő időtartamokig sugároztuk Minden besugárzás után mintát vettünk, melyre metilinkéket cseppentettünk, és 5 perc elteltével megszámoltuk az életben maradt és az elhalt sejteket.

A műköröm szárítására használatos lámpával 5 perces levilágításokat végeztünk.(9-es ábra) Az UV-B sugarú lámpával két szintet vizsgáltunk (7-8 -as ábrák), mindenkettővel kétféle mérést végeztünk: 1 illetve 5 perces besugárzással. A legerősebb lámpával pedig háromféle kísérletet végeztünk 30 másodperces (10-es ábra) levilágításokkal. A méréseink eredményeit táblázatokba foglaltuk, és grafikonokon szemléltettük.

Jól látható, hogy minden esetben nagymértékű pusztítást végeztek a sugarak. Következtetésekként állíthatjuk, hogy mindhárom típusú ultraibolya sugárzás (UV-A, UV-B és UV-C) káros a mikrobiológiai környezetünkre. A pusztítás mértékét pedig a sugárzás időtartama és intenzitása befolyásolja.

Ezt kiderítve, utánajártunk, és rájöttünk, hogy az UV-sugarak a technika számos területén alkalmazhatóak, ezek közül a környezeti szempontból fontosabbakat emeltük ki: a folyadékok- és felületek fertőtlenítését, a tartósítást, a víztisztítást, valamint a fototerápiát.

Mindezek mellett használhatóak még szigetelések ellenőrzésére, hamisításvédelemre, rovarirtásra, tűzérzékelésre, de a fotolitográfiában, a csillagászatban és törvényszéki vizsgálatok során is.

Az UV egyre inkább elfogadottá vált az ivóvíz, szennyvíz, iparivíz alternatív fertőtlenítésére, mivel egy teljesen tiszta technológia, amely ártalmatlan az emberekre, állatokra és a vízi életre (fertőtlenítési melléktermék nem keletkezik) nézve. Nagyon hatékonyan és véglegesen elpusztítja gyakorlatilag az összes mikroorganizmust, beleértve azokat is, amelyek ellenállnak a klórnak. A leghatékonyabb módszer a 265 nanométeres hullámhosszú UV-C sugarak alkalmazása, amelyek a sejt membránok, a DNS és más belső celluláris molekulák szétroncsolásával megakadályozzák a sejtek további osztódását. Két lámpatípust használnak erre a célra: a magas és a közepes nyomású higanygőz lámpát. Minkettőnek megvannak a maga előnyei és hátrányai egyaránt, ezért helyzettől függően alkalmazzák őket. Ezen eljárás rendkívül környezetbarát, mivel a fertőtlenítés során semmiféle vegyszer (amely minden élő szervezetre egyaránt veszélyes) nem jut ki a természetbe. Különösen alkalmas uszodai vagy otthoni medencék vizének tisztítására, melyeknek magas klór koncentrációja sok embernél kellemetlen allergiás tüneteket vált ki (a bőr kiszáradása, -bepirosodása, szemek begyulladás), valamint a természetbe kikerülve (főleg vízi) ökoszisztémák pusztulását okozhatja.

Napjainkban már ipari- és otthoni használatra is kaphatóak a különböző UV-sugaras felületfertőtlenítő- készülékek, melyek sokkal hatékonyabbak és biztonságosabbak, mint számos vegyszer. A legtöbb ilyen eszköz a teljes UV-tartományban sugároz, így sokkal gyorsabban pusztítja el a kórokozókat. A felület kezelésének időtartama függ annak fényvisszaverő képességétől, a rajta levő mikrobák ellenálló képességétől (legkevésbé rezisztensek: pl. salmonella, shigellák, escherichia coli, proteus fajok; közepesen rezisztensek: staphylo és streptococcusok, vírusok; nagy rezisztenciájúak: festékanyag termelő baktériumfajok és gombák), a nedvességtartalomtól (35% alatt és 80% fölött növelni kell a hatásos sugáradag mennyiségét), valamint a hőmérséklettől (0° C alatt a baktériumok érzékenysége sokkal nagyobb, mint 25 ° C-on). Ezt a fertőtlenítési módot leginkább a különböző egészségügyi intézményekben alkalmazzák, ahol különösen fontos a higiénia, műtők, kórtermek és orvosi eszközök mikroba-mentesítésére egyaránt alkalmas.

Az élelmiszeriparban az UV sugárzókat a levegőben levő baktériumok, mikroorganizmusok elpusztítására alkalmazzák, pl. folyadékok (gyümölcslevek, tej stb.) töltésénél, száraz áruk, téiszták, szeletelt kenyér csomagolásánál, sajtok, húsipari szárazárúk érlelőhelyiségeiben és hűtőtárolókban. Az UV sugárzás gyümölcsök, zöldségek kemény sajtok felületének mikroba mentesítésére, ezáltal eltarthatóságuk növelésére használható, így nem megy kárba olyan sok élelmiszer.

Sok év óta ismert az emberek előtt, hogy a napsugárzás bizonyos bőrbetegségek esetében jótékony hatású lehet. A szakemberek ma már tudják, hogy UV-sugarak felelősek mindezt. Az ultraibolya fénynek többféle hatása van a bőrsejtekre, egyrészt a sejtek által termelt anyagok mennyiségének és minőségének módosításával bőrrákot keltenek, másrészt elpusztítják a bőrbetegségek kialakulásában szerepet játszó sejteket. A betegségek kezelésében alkalmazott UV fényterápiát fototerápiának nevezzük. A pikkelysömör és az atópiás ekcéma a két leggyakoribb fényterápiával kezelhető betegség. Mivel a természetes napfény változó intenzitású fény, és bizonyos éghajlat alatt az év nagyobbik részében nem alkalmazható, így a fototerápiát majdnem mindig mesterséges UV fénnel végzik. Szakrendelőknél vagy speciális centrumokban zajlanak ezek a kezelések.

Már tavasz végén rendszeresen találkozunk olyan figyelmeztetésekkel, melyek szemeink sugárzás elleni megfelelő védelmére szólítanak fel bennünket. Sok kétség merül fel annak tekintetében, hogy mennyire egészséges vagy káros a különböző napszemüvegek viselése, illetve, hogy azok a bizonyos UV-szűrők, amelyekkel egyes szemüvegek rendelkeznek, valóban megvédnek-e a sugárzástól. Éppen ezért egy újabb kísérlet végrehajtása mellett döntöttünk. Arra kértük osztálytársainkat, hogy hozzanak különböző típusú és minőségű szemüvegeket és napszemüvegeket, melyeket 6-os intenzitású UV-B sugárzásnak tettünk ki, majd úgy helyeztük el az intenzitás-mérőt, hogy csak a szemüveg lenszén keresztül érkező sugárzás érhesse. A kapott eredmények igen meglepőek voltak. Méréseink alapján megállapítottuk, hogy gyakorlatilag bármilyen üveg vagy színes műanyag lencse megvédi szemünket a káros sugaraktól, az átlátszó műanyag lencsékkel ellentétben, tehát tévhit, hogy az UV-szűrővel nem rendelkező napszemüvegek viselése a pupilla kitágulása miatt még inkább veszélyezteti szemünket.

A méréseinknek köszönhetően bebizonyosodott, hogy az UV sugarak –tehát a Napból érkező ultraibolya sugarak is – pusztító hatással bírnak az eukarióta sejtekre. Ebből kifolyólag mondhatjuk, hogy számos pozitív és negatív hatással rendelkeznek. A negatívumok közé sorolható a különböző bőr és szembetegségeket okozó képesség. Mindezek mellett azonban nem szabad elfelejtenünk a pozitív hatásairól, tudni illik ezek az alacsony hullámhosszon terjedő sugarak remekül felhasználhatók vizek tisztítására, élelmiszerek tartósítására, valamint felületek fertőtlenítésére és bőrbetegségek gyógyítására.

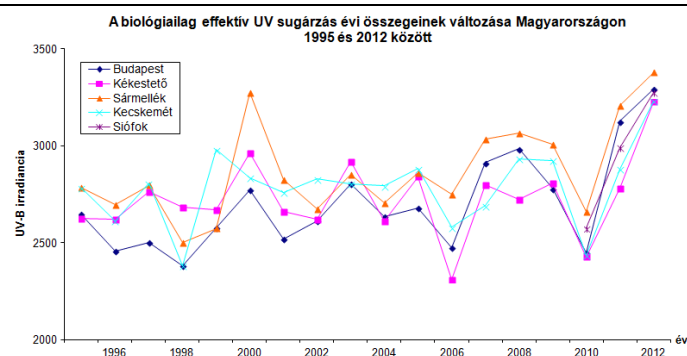
1 Felhasznált irodalom

1. Dr. Gál Mónika, bőrgyógyász szakorvos: Az UV sugárzás káros hatásai
2. <http://www.lnespa.hu/cikk/az-ultraibolya-sugrzs-hatsa-a-brre/110>
3. Dr. Heksch Katalin: Orvosi jegyzet: az UV-sugárzás szemre gyakorolt hatásai
4. Tóth Zoltán: Tisztább levegő- nagyobb kockázat, a kétarcú UV-sugárzás
5. <http://www.uvtechnika.hu/index.php?stilus=lap&hiv=3>
6. Természet Világa, 128. évf. 4. sz. 1997. április, 155 -159. o.
7. InterPress Magazin, XXXIII. évf. 7. sz. 2013. július, 9. o.
8. Reményik Éva: Pigmentált elváltozások differenciáldiagnosztikája-Digitális tankönyvtár (2011), Debreceni Egyetem
9. www.wikipedia.org
10. http://drinfo.eum.hu/drinfo/pid/0/betegsegKonyvKapcstema/oid/0/KonyvKapcstema.4_393?textSize=4

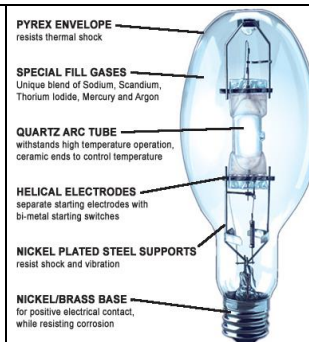
2 Melléklet

Elnevezés	Rövidítés	Hullámhossz tartomány
<i>Az UV-tartomány alatt</i>	<i>látható spektrum</i>	<i>400 nm fölött</i>
Ibolyántúli A, nagy hullámhosszú	UV-A	400 nm -315 nm
Ibolyántúli B, közepes hullámhosszú, germicid	UV-B	315 nm -280 nm
Ibolyántúli C, kis hullámhosszú	UV-C	280 nm -100 nm
<i>Az UV-tartomány fölött</i>	<i>röntgensugárzás</i>	<i>100 nm alatt</i>

1. ábra



2.ábra



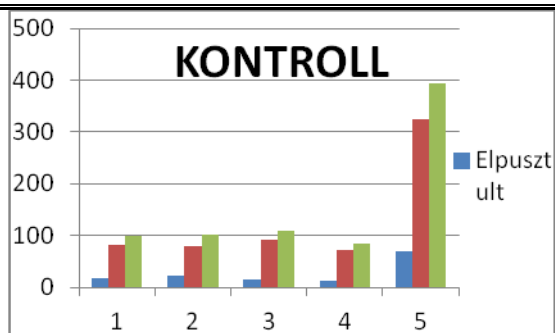
3.a ábra

UV-indexek	Fokozat	Leírás
2 alatt	Alacsony	Nem jelent veszélyt az átlagemberekre.
3-tól 5-ig	Mérsékelt	Kevés valószínűséggel jelent veszélyt.
6 -tól 7-ig	Magas	Nagy valószínűséggel veszélyt jelent.
8-tól 10-ig	Nagyon magas	Fokozottan veszélyes.
11 felett	Extrém	Kiemelten veszélyes.

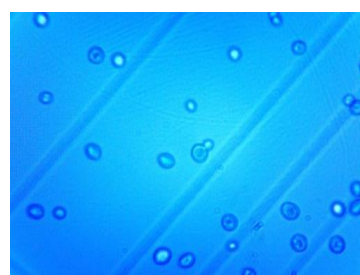
5.ábra



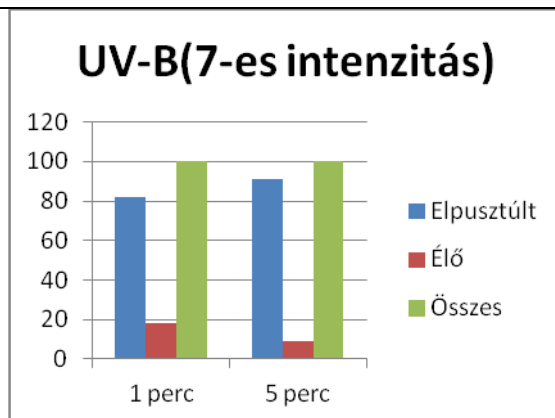
3.b ábra



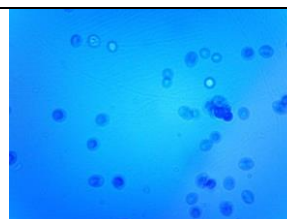
6.b ábra



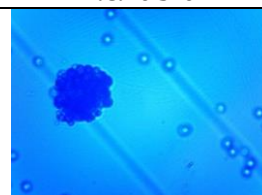
6.c ábra



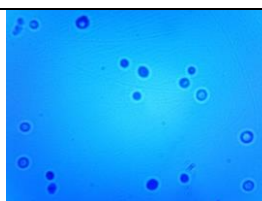
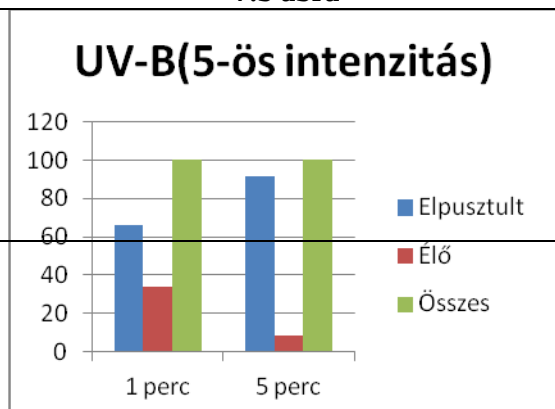
7.b ábra



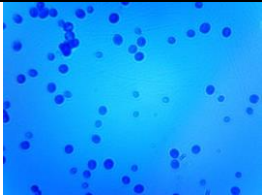
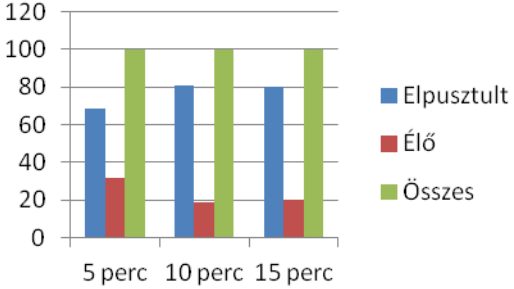
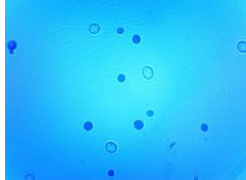
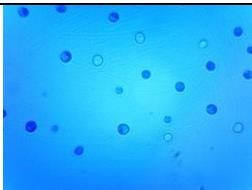
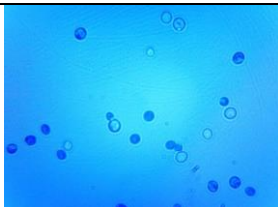
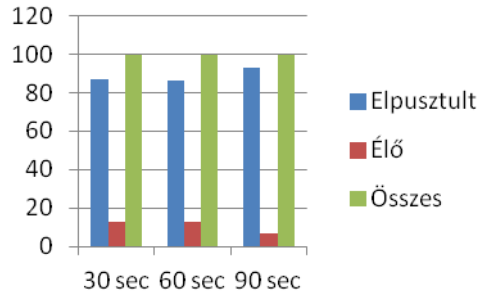
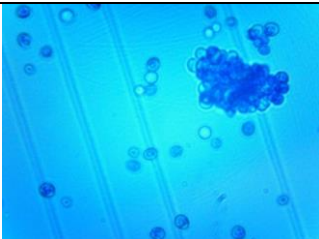
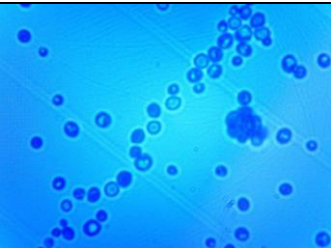
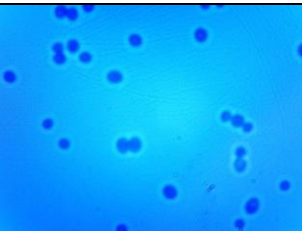
7.c.i ábra



7.c.ii ábra



8.c.i ábra

8.b ábra	 8.c.ii ábra
UV-A  9.b ábra	 9.c.i ábra  9.c.ii ábra  9.c.iii ábra
UV-C  10.b ábra	 10.c.i ábra  10.c.ii ábra  10.c.iii ábra