



VÍZITORMA MINT GYÓGYNÖVÉNY TERMESZTÉSE HIDROPÓNIÁS RENDSZERBEN

WATERCRESS AS A MEDICINAL HERB GROWN IN A HYDROPONIC SYSTEM

Kiss Virág,¹ Izbékiné Szabolcsik Andrea,² Bellér Gábor³

¹ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék. viraglps00@gmail.com

² Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék. szabolcsikandi@eng.unideb.hu

³ Debreceni Egyetem, Műszaki Kar, Környezetmérnöki Tanszék. beller.gabor@eng.unideb.hu

Abstract

In this research, synthetic bathing water was created treated by coagulation and mechanical filtration. The waters were qualified before and after treatment, so that the effectiveness of the treatment could be calculated. The greywater produced during the treatment was circulated in a hydroponic tower next to a tapwater control tower. The watercress grown was analyzed in the towers and their results were compared. The results show that the greywater treatment was effective and the watercresses were comfortable in the synthetic bathing water tower without nutrient solution. They grew larger than their counterparts grown in tapwater, and their average moisture content was also higher. Additionally, the spectrophotometric determination of indole-3-carbinol content was investigated in the plants. However, the obtained spectra were noisy, and the absorbance values were too small for reliable evaluation. Our further aim is to improve the determination of active ingredient using other methods (e.g. solid phase extraction).

Keywords: *greywater, watercress, hydropony, indole-3-carbinol.*

Összefoglalás

Kutatásunk során létrehoztunk egy szintetikus fürdővizet, amelyet koagulációs eljárással és mechanikai szűréssel kezeltünk. Kezelés előtt és után is minősítettük a vizeket, ezáltal lehetőség nyílt a kezelés hatékonyságának számítására. A kezelés során keletkezett szürkevizet keringettük a hidropóniás toronyban, egy ivóvízes kontrolltorony mellett. Elemeztük a toronyokban nevelkedett vízitormákat, és összehasonlítottuk az eredményeiket. Az eredmények alapján elmondható, hogy a szürkevíz kezelése hatékony volt, és hogy a vízitormák jól érezték magukat a tápoldat nélküli, kezelt, szintetikus fürdővízalapú toronyban. Nagyobbra nőttek, mint az ivóvízen nevelt társaik, illetve az átlagos nedvességtartalmuk is magasabb volt. Továbbá, a növények indol-3-karbinol-hatóanyagtartalmának spektrofotometriás meghatározását is megvizsgáltuk, azonban a kapott spektrumok zajosak, és az abszorbanciák pedig túl kicsik a megbízható kiértékeléshez. Folytatásként a hatóanyag-meghatározást tovább szeretnénk fejleszteni más módszerek (pl. szilárd fázisú extrakció) alkalmazásával.

Kulcsszavak: *szürkevíz, vízitorma, hidropónia, indol-3-karbinol.*

1. Bevezetés

Napjainkban a háztartásban keletkező szürkevizek kezelése és újbóli alkalmazása egyre szélesebb körben merül fel, mivel a víz korlátozott erőforrás. A szürkevíz újbóli alkalmazása lehető-

vé teszi a háztartási vízfelhasználás csökkenését, ami hozzájárul a vízfogyasztás mérsékléséhez, ezért is szeretnénk felhívni a figyelmet a háztartásokban keletkező szürkevizek újbóli alkalmazásának fontosságára. Emellett alapvető jelentő-

ségünk tartjuk az egészségünk megővését, amihez a gyógynövények fogyasztása nagymértékben hozzájárul. A vízitorma egy rendkívül tápláló növény, amely számos jótékony hatással van az emberi szervezetre, illetve az indol-3-karbinol is megtalálható benne, amelynek daganatmegelőző hatást tulajdonítanak. Megfelelő eredmények esetén a vízitorma hidropóniás tornyokban történő termesztésével fenntarthatóbbá tehető a gyógyszer-, valamint az élelmiszeripar gyógynövényellátása.

2. Alternatív vízforrás: a szürkevíz

A háztartásokban két szennyvíztípust különböztetünk meg minőségi szempontok alapján. Ezek a feketevíz, illetve a szürkevíz. A feketevíz a szennyvíz szennyezettebb frakciója, amely a toalettek öblítése során keletkezik, ennek köszönhetően olyan szennyeződések tartalmaz, amelyek komoly egészségügyi kockázattal járnak. A szürkevíz (greywater, GW) a szennyvíz egy kevésbé szennyezett frakciója, amely nem tartalmazza a WC-öblítés során keletkező feketevizet. Ide soroljuk a fürdőszobai tevékenységek, a mosogatás és a mosás során keletkező, használt vizeket. A szürkevíz szennyezettsége alapján további frakciókra bontható: világos és sötét szürkevízre. Több vízfelhasználási tevékenységhez, például a gyógynövények öntözéséhez is szükséges a szürkevíz kezelése, mivel ellenkező esetben a növények a nem kívánatos szennyező anyagokat is felvennék, és ezzel együtt bekerülnének a táplálékláncba is. Kutatásunk során az általunk létrehozott ivóvízalapú, szintetikus fürdővizet koagulációs/flokkulációs kémiai eljárással és homokon való mechanikai szűréssel kezeltük [1, 2].

3. Vízitorma hidropóniás termesztése

A vízitorma (*Nasturtium officinale*) a keresztesvirágúak családjába (Brassicaceae) tartozó, rendkívül tápláló növény, amely számos jótékony hatással van az emberi szervezetre. Tele van vitaminnal és ásványi anyagokkal, például C-vitaminnal, A-vitaminnal, K-vitaminnal, valamint folsavval, kalciummal és vassal. Emellett antioxidánsokkal (például béta-karotinnal, luteinnel és kvercetinrel) is rendelkezik. Glükoszínolát nevű vegyületekben is gazdag, amelyből a növényi sejtek roncsolásakor (például aprítás vagy rágás során) indol-3-karbinol keletkezik [3].

A vízitorma kezelt, szürkevízalapú hidropóniás rendszerben történő termesztésével fenntarthatóbbá tudjuk tenni a gyógyszer-, valamint

a gyógynövényellátást az élelmiszeripar számára. Mivel 7,5 m²-nyi területen akár 600 növényt termesztünk a hagyományos módszerekhez képest akár háromszor gyorsabban és 30%-kal hatékonyabban, illetve a rendszerben keringő víz újrahasznosításával és többszöri felhasználásával elérhetjük, hogy akár 90%-kal kevesebb vízre legyen szükségünk, mint a hagyományos szabadföldi termesztés esetében [4].

4. Anyag és módszer

A Környezetmérnöki Tanszék korábbi kutatási eredményeire támaszkodva [2] létrehoztunk egy ivóvízalapú szintetikus fürdővizet, majd ezen szürkevízfrakció kezelését végeztük el vas(III)-kloriddal történő koagulációs eljárással (1. ábra) és homokon történő mechanikai szűréssel.

A kezelés során keletkezett szürkevizet hidropónikus toronyban keringtettük, amelyet kezelés előtt és után is minősítettünk, ezáltal számítottuk a kezelés hatékonyságát. Emellett egy ivóvízes kontrolltornyot is üzemeltettünk a jobb összehasonlítás végett. A tornyokba bekerülő, illetve kikerülő öntözővizeket is minősítettük, hogy nyomon kövessük a vizek minőségében bekövetkező változásokat. A vízminősítési paraméterek közül vizsgáltuk a pH-értéket, a fajlagos vezetőképességet (EC), a zéta-potenciált (ZP), a zavarosságot (TURB), a biológiai oxigénigényt (BOI5), a kémiai oxigénigényt (KOI), és az összes szerves széntartalmat (TOC).

A pH méréséhez SenTix 41 kombinált pH-mérő elektródot, a fajlagos elektromos vezetőképességhez (EC), és a zéta-potenciálhoz (ZP) Zetasizer Nano Z készüléket, a zavarossághoz (TURB) Turb 555-IR-típusú zavarosságmérő nefelométert, a



1. ábra. Koagulációs-flokkulációs kémiai kezelés

biológiai oxigénigény (BOI₅) mérésére OxiTop IS 12-típusú berendezéseket, a kémiai oxigénigény (KOI) esetén NANOCOLOR Linus spektrofotométert és a teljes szerves széntartalom (TOC) mérésére Shimadzu TOC-VCPN-típusú készüléket használtunk. A növényeket 12 napig előneveltük, és a közetgyapot kockákkal együtt hidrokosarakban elhelyezve tettük bele a Green Drops Farm Kft. által forgalmazott Rotower hidropóniás tornyokba, amely a **2. ábrán** látható.

A vízitormák a hidropónikus rendszerben 20 napot töltöttek. Mindennap megmértük a pH- és EC-paramétereket, mindkét toronyban. A különböző növényeknek más az ideális pH-igénye, az optimális tartomány azonban 6,5–7,5 között változik. Az optimális szint fenntartását 24,5%-os foszforsav adagolásával értük el. Az elpárolgó vagy a növények által elhasznált vizeket 3 naponta pótoltuk (az ivóvizet a vezetékes vízhálózathoz vettük, a kezelt szűrkevizet pedig előre elkészítettük és kezeltük, majd hűtőszekrényben tároltuk). A vízitormák elemzése során mindkét toronyban lévő bokroknak megmértük az átlagos növényhosszát, a maximális gyökérhosszát, és a nedvességtartalmukat is meghatároztuk, illetve az átlagos klorofill-a, klorofill-b és az összkarotinoidok koncentrációját is megmértük Nanocolor Vis spektrofotométerrel. A vízitormában lévő indol-3-karbinol (I3C) hatóanyag koncentrációját UV/VIS-spektrometriás módszerrel terveztük meghatározni. A méréseink során Agilent Cary 60 fotométerrel vizsgáltuk az I3C koncentrációját, oldószerként pedig etil-acetátot, illetve ultratiszta vizet alkalmaztunk.



2. ábra. Vízitorma a hidropóniás rendszerben

5. Eredmények és következtetések

Ebben a fejezetben ismertetjük a víz- és a növényminősítési, illetve az I3C-hatóanyag-meghatározás vizsgálatának az eredményeit az értékelésükkel együtt.

5.1. Víztisztítási paraméterek

Kutatásunk során szintetikus fürdővizet négy alkalommal készítettünk, majd kezeltünk. A kezeletlen szűrkevizet a kezeléshatékonyság meghatározása miatt minősítettük. Amellett, hogy az ivóvizet öntözővízként használtuk az egyik hidropóniás toronyban, a szintetikus szűrkeviznek is az az alapja, ezért minden alkalommal ivóvízmintát is vettünk és minősítettünk, a kezeletlen és a kezelt szűrkevízzel együtt. Átlagolva mutatjuk be a víztípusok paramétereit, szórással kiegészítve, táblázatok segítségével.

Az **1. táblázat**ban megfigyelhető, hogy az ivóviznek a legkisebb az átlagos pH-ja ($7,67 \pm 0,1$), ami alapvetően nagyobb az ivóvíz jellemzően semleges (7) értékénél. Ez azt jelenti, hogy lúgosabb hatású a csapvíz, amelyet használtunk a kutatásunk során. A szűrkevíz kezelése kapcsán a zavarosság- (TURB), a BOI₅, és a KOI-eredményeket a víz újrafelhasználására vonatkozó minimumkövetelményekről szóló Európai Parlament és a Tanács (EU) 2020/741 rendelete [5], illetve a települési szennyvíz kezeléséről szóló (91/271/EGK) irányelve [6] alapján értékeltük. A TURB mérése fontos a szűrkevíz kezelése során, mivel a magas zavarosságú víz befolyásolja a szűrési és fertőtlenítési folyamatokat, valamint csökkenti a víz esztétikai minőségét. Az EU 2020/741 irányelv alapján [5] a TURB nem haladhatja meg az 5 NTU-értéket. A kezelt szűrkeviznek a TURB-értéke átlagosan $0,82 \pm 0,78$ NTU volt, ami nem éri el az EU 2020/741 rendelet határértékét a zavarosságra vonatkozóan. A szűrkevízkezelés célja, hogy mi-

1. táblázat. Összesítő táblázat a víztípusok eredményeiről

Paraméter	Mértékegység	Ivóvíz	Kezeletlen szűrkevíz	Kezelt szűrkevíz
pH	-	$7,67 \pm 0,1$	$8,18 \pm 0,1$	$8,06 \pm 0,1$
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	$7,67 \pm 38$	917 ± 23	851 ± 203
ZP	mV	-	$-32,57 \pm 1,70$	$-11,47 \pm 2,26$
TURB	NTU	$0,29 \pm 0,06$	$43,3 \pm 6,1$	$0,82 \pm 0,78$
BOI ₅	mg/l	$1,38 \pm 0,52$	137 ± 61	$4,13 \pm 3,64$
KOI	mg/l	$8,83 \pm 0,72$	515 ± 170	$14,1 \pm 4,5$
TOC	mg/l	$2,74 \pm 0,27$	$57,7 \pm 5,4$	$3,86 \pm 0,94$

nimalizálja a szerves anyagok mennyiségét. Az EU 2020/741 direktíva [5] szerint mezőgazdasági öntözés esetében a BOI_5 megengedett értéke ≤ 10 mg/l. Az általunk kezelt szűrkevíz átlagos BOI_5 -értéke $4,13 \pm 3,64$ mg/l volt, így ezt a határértéket se lépte túl. A szűrkevíz kezelésében a KOI-szint csökkentése kulcsfontosságú. A 91/271/EGK-irányelv [6] alapján a KOI határértéke 125 mg/l. A kutatás során kezelt szintetikus fürdővíz átlagértéke $14,1 \pm 4,5$ mg/l volt, így ennek az elvárásnak is eleget tudtunk tenni az alkalmazott kezelés révén. Összességében elmondható, hogy mind a TURB-, BOI_5 -, és a KOI-határértékeknek megfelelt az általunk kezelt szűrkevíz, illetve az ivóvíz értékeihez képest szignifikáns eltérés nem állapítható meg, ezáltal a kezelési eljárás hatékonynak mondható. Összehasonlítva a kezeletlen és a kezelt szintetikus fürdővíz paramétereit, kezelési hatékonyságot is tudtunk számolni, amit a 2. táblázat mutat.

A kezelési hatékonyság eredményei alapján elmondható, hogy a szennyezőanyagok mennyiségét a kezelési eljárás csökkentette. A szűrkevíz kezelésének a célja, hogy főleg a TURB-, BOI_5 -, KOI- és TOC-értékeket csökkentsük, ami sikerült, mivel ezeknek a paramétereknek a kezelési hatékonysága több mint 90%.

5.2. Az öntözővizek elemzése a hidropóniás torony előtt és után

A hidropóniás toronyba bekerülő, kezelt szintetikus fürdővizet és ivóvizet (amelyet kontrollként használtunk) minősítettük. A kísérleti idő letele után újból megmértük a toronyok vizeinek a vízminősítési paramétereit, így nyomon követhettük a víz minőségében bekövetkező változásokat. Mivel vízpótlás több alkalommal is történt, így a bekerülő vizek átlagát vettük alapul.

A 3. táblázatban megfigyelhető, hogy az ivóvíznél a pH csökkent, ami a foszforsav hozzáadagolásával magyarázható (amelyet a megfelelő pH fenntartása miatt adagoltunk). Kisebb mennyiségben adagoltuk a foszforsavat, aminek következtében nem esett le drasztikusan a pH, így többször kellett használnunk az optimális pH-szint fenntartása érdekében. A TURB-érték is csökkent, de a BOI_5 , a KOI és az TOC nőtt, ami a növények tevékenysége miatt következett be.

A 4. táblázat pedig azt szemlélteti, hogy a kezelt szűrkevíz pH- és ZP-értéke is csökkent, ami szintén a foszforsav hozzáadagolásának köszönhető. A kísérlet elején több foszforsavat adtunk hozzá, mint az ivóvízhez, aminek az lett az eredménye, hogy a kísérlet elejétől kezdve jóval kisebb volt a pH, mint az ivóvízes toronynak. A kisebb pH be-

2. táblázat. A vízminősítési paraméterek kezelési hatékonysága

Paraméter	Mértékegység	Kezelési hatékonyság (%)
pH	-	csökkent
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	7,27
ZP	mV	64,78
TURB	NTU	98,11
BOI_5	mg/l	96,97
KOI	mg/l	97,27
TOC	mg/l	93,31

3. táblázat. Az ivóvíz paraméterei a hidropóniás torony előtt és után

Paraméter	Mértékegység	Ivóvíz		Változás
		Előtte	Utána	
pH	-	$7,67 \pm 0,11$	$6,82 \pm 0,01$	csökkent
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	767 ± 38	580 ± 11	24,49%-kal csökkent
TURB	NTU	$0,29 \pm 0,06$	$0,12 \pm 0,03$	58,62%-kal csökkent
BOI_5	mg/l	$1,38 \pm 0,52$	4 ± 0	189,85%-kal nőtt
KOI	mg/l	$8,83 \pm 0,72$	22 ± 0	149%-kal nőtt
TOC	mg/l	$2,74 \pm 0,27$	$18,03 \pm 0,02$	558%-kal nőtt

4. táblázat. Az kezelt szűrkevíz paraméterei a hidropóniás torony előtt és után

Paraméter	Mértékegység	Ivóvíz		Változás
		Előtte	Utána	
pH	-	$8,06 \pm 0,05$	$6,71 \pm 0,01$	csökkent
EC	$\mu\text{S}/\text{cm}$	851 ± 203	1225 ± 34	44,03%-kal nőtt
ZP	mV	$-11,47 \pm 2,26$	$-5,43 \pm 2,64$	52,66%-kal csökkent
TURB	NTU	$0,82 \pm 0,78$	$0,15 \pm 0,03$	81,71%-kal csökkent
BOI_5	mg/l	$4,13 \pm 3,64$	$4,50 \pm 0,71$	8,96%-kal nőtt
KOI	mg/l	14 ± 4	17 ± 1	20,74%-kal nőtt
TOC	mg/l	$3,86 \pm 0,94$	$6,50 \pm 0,06$	40,62%-kal nőtt

folyásolja a fajlagos vezetőképességet, illetve a növények tápanyagfelvételét is. Az EC megnőtt, ami vagy a pH-változásnak köszönhető, vagy az esetleges szerves vagy szervetlen anyagok felhalmozódásának, amelyeket a növények nem vettek

fel. A TURB-érték itt is csökkent, illetve a BOI_5 , a KOI és a TOC is nőtt, ami szintén a növények tevékenysége miatt következett be. Ezekből arra következtethetünk, hogy a növények nem vették fel a szintetikus fürdővíz esetleges maradék szerves- és szervesanyag-tartalmát. Összességében elmondható, hogy az ivóvíz szervesanyag-tartalma (BOI_5 , KOI és TOC) a kísérlet végére jobban megnőtt, mint a kezelt szűrkevízé. Viszont a kezelt szintetikus fürdővíz zavarossága jobban csökkent, mint az ivóvízé.

5.3. Vízitormák elemzése

A hidroponikus növénytermesztés során összesen 20-20 vízitormát elemeztünk, tornyokként. A vízitormák elemzése során mindkét toronyban lévő bokrok esetében megmértük az átlagos növényhosszt 3 párhuzamos méréssel, illetve a maximális gyökérhosszt mérőszalag segítségével. A kapott eredményekből átlagot vontunk külön az ivóvízes, illetve a kezelt szűrkevízes toronyokban növekedett növények paramétereiből.

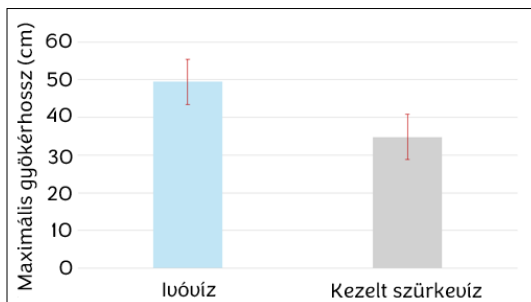
Az ivóvízes toronyban nevelt vízitormák átlagos maximális gyökérhossza 49 ± 7 cm, a kezelt szűrkevízes toronyban neveltéké pedig 35 ± 8 cm, amit az **3. ábra** szemléltet. A maximális gyökérhossz kapcsán kb. 14 cm különbség van, és az ivóvízen nevelt növények gyökere a hosszabb.

Átlagos növényhosszt tekintve az ivóvízes növényeké 19 ± 3 cm, a kezelt szűrkevízes növényeké 19 ± 6 cm, amelyet a **4. ábra** szemléltet. Összességében elmondható, hogy a növényhosszakat elnézve, nincs szignifikáns különbség.

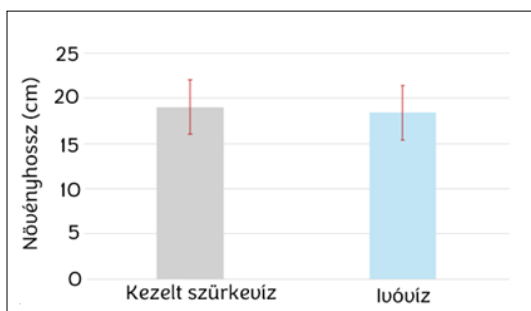
Lemértük a vízitormáknak a nedves és száraz biomaszatömegét, amelyekből meghatároztuk az átlagos nedvességtartalmukat, (**5. ábra**).

Átlagos nedvességtartalmat tekintve elmondható, hogy nincs nagy különbség az ivóvízen ($90,94 \pm 0,02\%$) és a kezelt szűrkevízen ($93,84 \pm 0,01\%$) nevelt növények között, de a kezelt, szintetikus vizes toronyban lévő vízitormák átlagos nedvességtartalma nagyobb. Méréseink azonban alátámasztották azokat a szakirodalmi állításokat [7], amelyek a vízitormák magas nedvességtartalmáról írnak.

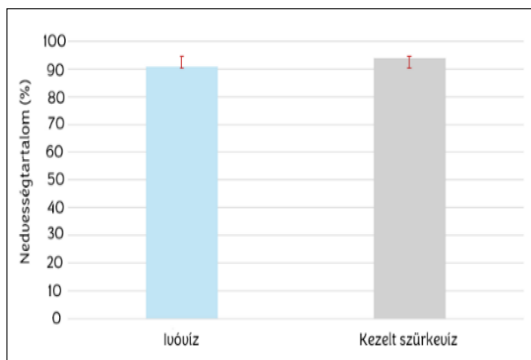
A klorofill-a, klorofill-b, és az összkarotinoidok koncentrációjának meghatározása során először a növényekből pigmentkivonatot készítettünk, amit majd meghatározottunk spektrofotometrián. A kapott eredményekből pedig kiszámítottuk a klorofill-a, klorofill-b és a karotinoidok koncentrációját, amelyeket átlagoltunk. A **6. ábrán** látható az ivóvízen nevelt, míg a **7. ábrán** a kezelt szűrkevízen nevelt vízitormák átlageredményei.



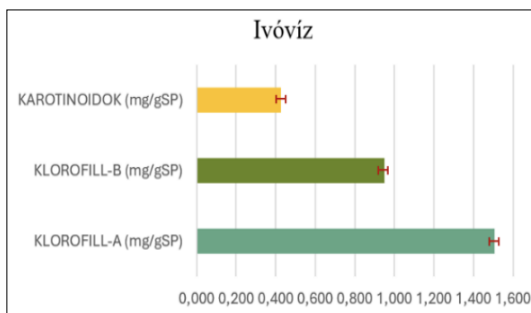
3. ábra. A vízitormák átlagos maximális gyökérhosszának összehasonlítása



4. ábra. A vízitormák átlagos növényhosszának összehasonlítása



5. ábra. A vízitormák átlagos nedvességtartalma



6. ábra. Az ivóvízen nevelt vízitormák klorofill-a, klorofill-b- és a karotinoidok átlagkoncentrációja

Az ivóvízen nevelt vízitormák átlagos klorofill-a-koncentrációja $1,50 \pm 0,25$ mg/gSP, klorofill-b-koncentrációja $0,95 \pm 0,20$ mg/gSP, és a karotinoidok koncentrációja $0,43 \pm 0,08$ mg/gSP.

A kezelt szűrkevízen nevelt növények átlagklorofill-a-koncentrációja pedig $1,18 \pm 0,20$ mg/gSP, klorofill-b-koncentrációja $0,71 \pm 0,12$ mg/gSP és a karotinoidok koncentrációja $0,32 \pm 0,60$ mg/gSP. Összehasonlítva elmondható, hogy az ivóvízes hidropóniás toronyban lévő vízitormáknak kissé nagyobb átlagkoncentrációjuk van az adott pigmentekből a kezelt szűrkevízes toronyhoz képest.

5.4. Az I3C-hatóanyag-meghatározás vizsgálatának eredményei

Előkísérletként először az etil-acetát vizes oldatbeli spektrumát határoztuk meg. A tiszta etil-acetát elnyelése túl intenzív volt, ezért vizes oldatait vizsgáltuk. A kísérletsor segítségével meghatároztuk az etil-acetát moláris abszorbanciáit (ϵ) vizes közegben, 190–290 nm-es hullámhossztartományban, amit a 8. ábra szemléltet.

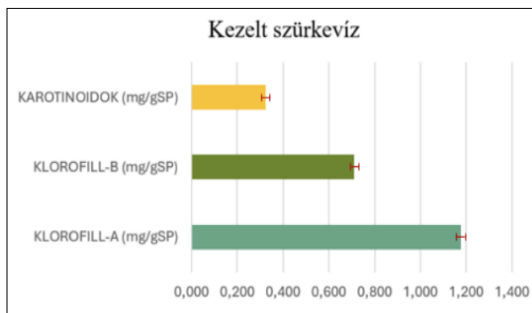
Az etil-acetát elnyelési maximuma 200 nm és 210 nm között van, nagyobb hullámhosszokon kicsi az elnyelése.

Az I3C moláris spektrumának megállapításához I3C szilárd vegyszert alkalmaztunk. A kalibrációs eljáráshoz a szilárd I3C-t etil-acetátban oldottuk, majd hígítottuk ultratiszta vízzel. A 9. ábrán látható a 225–300 nm-es hullámhossztartományban mért I3C moláris spektruma.

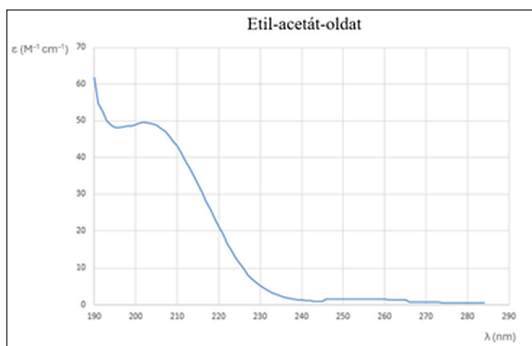
A kalibrációs alapján megállapítható, hogy az I3C elnyelési maximuma 250 nm és 300 nm tartományban volt. Ezeken a hullámhosszokon az etil-acetát zavaró hatása elhanyagolható, de szükség esetén korrekcióba is vehető.

A vízitorma-kivonatok I3C-meghatározása során a vízitorma-pépekből kimértünk 0,5; 1; illetve 2 grammot, amelyeket etil-acetáttal extraháltunk, majd ultratiszta vízzel hígítottunk. A reprezentatív spektrumok a 10. ábrán láthatók.

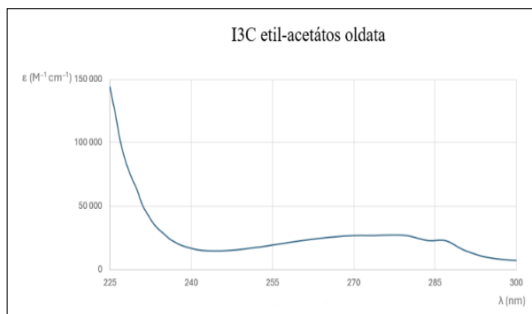
A különböző tömegű vízitorma-pépet tartalmazó kivonatok spektrumai alapján a következő konklúziókat vontuk le: a kivonat küvétába mért térfogatát növelve szisztematikusan nőtt az abszorbancia, de sajnos az I3C finomszerkezete (9. ábra) nehezen kivehető. A mért spektrumok zajosak, az abszorbanciák túl kicsik a megbízható kiértékeléshez. Adiciós módszerrel is próbálkoztunk, azonban ugyanezeket a következtetéseket tudtuk levonni, mint a vízitorma-kivonatok spektrumainál. Az I3C kvantitatív meghatározására tett kísérleteket egyrészt a spektrofotometriás módszer továbbfejlesztésével, másrészt



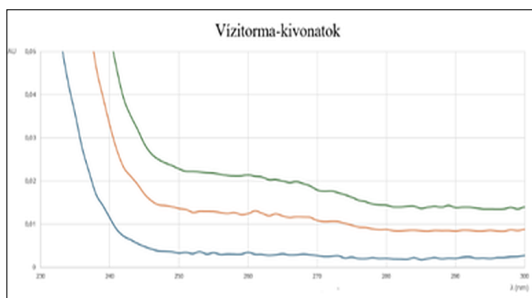
7. ábra. A kezelt szűrkevízen nevelt vízitormák klorofill-a-, klorofill-b- és a karotinoidok átlagkoncentrációja



8. ábra. Az etil-acetát spektruma



9. ábra. Az I3C etil-acetátos oldat spektruma



10. ábra. Az 1 g vízitorma-pépet tartalmazó oldat spektruma

egyéb szóba jöhető technikák bevonásával tervezzük. Előbbi esetén a küvetabeli koncentráció (és így az abszorbancia) növelése egy lehetséges irány, de a mátrixhatás még ezt követően is gondot okozhat. Alternatív módszerként például a folyadékkromatográfia (HPLC) egy kézenfekvő választás. Az elkövetkezendő időszakban az I3C meghatározásának spektrofotometriás módszerét szeretnénk továbbfejleszteni szilárd fázisú extrakcióval (SPE). Fontosnak tartjuk megjegyezni, hogy ezen adatok a tápoldat nélküli, kezelt, szintetikus szürkevíz felhasználásával jöttek létre a vízitorma hidropóniás rendszerben történő termesztése során.

6. Következtetések

A kutatásunk során a háztartásokban keletkező szürkevíz kezelését és annak újbóli felhasználásának fontosságát vizsgáltuk, különös figyelmet fordítva a vízitorma (*Nasturtium officinale*) hidropóniás termesztésére, amely a szürkevíz újrahasznosításával fenntarthatóbbá teheti a gyógynövényellátást. A szürkevíz a háztartásban keletkező szennyvíztípus, amely nem tartalmazza a feketevizet (WC-öblítésből származó szennyvizet), amelynek megfelelő kezelése kulcsfontosságú, hogy a növények ne vegyenek fel nem kívánt szennyeződések. A kutatás során a szürkevizet koagulációs/flokkulációs kémiai eljárással és mechanikai szűréssel kezeltük, majd hidropóniás rendszerben alkalmaztuk a vízitorma termesztésére. Az ivóvíz és a kezelt szürkevíz minőségi paramétereit folyamatosan mértük, és az eredmények alapján elmondható, hogy a szürkevíz kezelése sikeres volt, mivel megfelelt az Európai Unió által előírt vízminőségi határértékeknek (zavarosság, BOI_5 , KOD) [5, 6]. A vízitormák növekedését és biológiai paramétereit is figyelemmel kísértük. Az ivóvízen és a kezelt szürkevízen nevelt növények között nem volt jelentős különbség a növényhossz, gyökérhossz és nedvességtartalom tekintetében,

bár az ivóvízes növények valamivel nagyobb klorofill-a-, klorofill-b- és karotinoidkoncentrációval rendelkeztek. Az indol-3-karbinol (I3C) hatóanyag koncentrációját UV/VIS-spektrometriás módszerrel terveztük meghatározni. Azonban a mért spektrumok zajosak, és az abszorbanciák túl kicsik a megbízható kiértékeléshez. Összegzésül, a kutatás eredményei azt mutatják, hogy a kezelt szürkevíz hatékonyan alkalmazható a vízitorma termesztésére hidropóniás rendszerekben, ezáltal fenntartható módon csökkentve a vízfogyasztást, miközben nem befolyásolja jelentősen a növényekre jellemző minőségi paramétereket.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Y.-P. V.-A. M. Boyjoo: *A Review of Greywater Characteristic and Treatment Processes*. In: Water Science and Techn., 2013, pp. 67, 1403-1424
- [2] Andrea Szabolcsik-Izbéki: *The Removal of Pollutants from Synthetic Bathroom Greywater by Coagulation-Flocculation and Filtration as a Fit-for-Purpose Method*. Journal of Environmental Chemical Engineering, 12/1. 2024.
- [3] A Green Drops Farm Kft. honlapja: *Vízitorma*. (letöltve: 2025. 02. 16.)
<https://rotower.greendropsfarm.com/hu/gyogynoveny-hidroponias-rendszerben/>
- [4] A Green Drops Farm Kft. honlapja: *Hidropóniás növénytermesztés*. (letöltve: 2025. 02. 16.)
<https://rotower.greendropsfarm.com/hu/blog/>
- [5] E. U. H. Lapja: *Az Európai Parlament És A Tanács (Eu) 2020/741 Rendelete (2020. május 25.) a víz újrafelhasználására vonatkozó minimumkövetelményekről*. (letöltve: 2025. 02. 16.)
<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HU/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0741>
- [6] EUR-LEX, A Tanács irányelve (1991. május 21.) a települési szennyvíz kezeléséről (91/271/EGK), 1991. (letöltve: 2025. 02.16.)
<https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HU/TEXT/?uri=CELEX:31991L0271>
- [7] Ali Esmail Al-Snafi: *A Review on Nasturtium Officinale: A Potential Medicinal Plant*. IOSR Journal of Pharmacy Series. I., 10/9. (2020) 33–43.