



A kép illusztráció / Picture is for illustration only

Kovácsné Madar Ágota¹, Takácsné Hájos Mária²

Érkezett: 2020. január – Elfogadva: 2020. március

Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldségek (microgreen-ek) értékelése

Kulcsszavak: mikrozöldség (microgreen), biomassa tömeg, C-vitamin, ionarány

1. ÖSSZEFOGLALÁS

A világ népességének növekedésével fokozott figyelmet kell fordítani olyan élelmiszerek előállítására, amelyek megfelelő tápértéket nyújtanak. Ilyen élelmiszereknek tekinthetők a manapság egyre népszerűbb microgreen-ek. A microgreen kategóriába tartozó zöldségnövények 7-14 napon belül válnak fogyaszthatóvá, amikor a sziklevelek teljesen kifejlődnek, és megjelennek az első valódi levelek. A kifejlett növényekhez képest, a microgreen-eknek jóval nagyobb a táplálkozási értékük, jelentős mennyiségű vitamint- (aszorbinsav, tokoferol), ásványianyagot- és fitonutrienseket tartalmaznak. Ezen bioaktív anyagok mennyiségét nagymértékben befolyásolják a környezeti tényezők, ideértve a páratartalmat, a hőmérsékletet és a fényintenzitást.

Kísérletünkben különböző növény családba – *Brassicaceae* (mustár, retek), *Chenopodiaceae* (cékla, mángold) és *Lamiaceae* (bazsalikom) – tartozó fajokból előállított microgreen-eket $(Ca^{2+}+Na^{+})/(Mg^{2+}+K^{+})$ -ionarány, hozam, szárazanyag- és C-vitamin-tartalom alapján értékeltük.

A microgreenek 90%-os csírázásig fénytől elzárva csírákamrában szabályozott hőmérsékleten (24-25 °C) és páratartalom (65-70%) mellett fejlődtek. A csírázást követően, 2-3 nap eltelte után a csíráztatótálcákat az üvegház kísérleti terébe helyeztük. Termesztőközegként általános virágföldet alkalmaztunk, a magok minden esetben microgreen termesztésre alkalmas, bio minősítésűek voltak. Az állomány vágását a vetést követően 10 nap után végeztük, fajtól függően 3-9 cm-es növénymagasságnál.

A legnagyobb szárazanyag-tartalmat (~10%) a *Chenopodiaceae* családba tartozó fajknál mértük. A mustár kiemelkedő mennyiségű C-vitamint tartalmazott (22,66 mg/100 g). Ezen túlmenően, kedvező biomassa-tömeget állapítottunk meg a reteknel és a mustárnál (2528 g/m²; 1831 g/m²), míg a többi növényfajnál közel azonos (~500 g/m²) értéket kaptunk. A humán szervezet ion aránya 2,5 - 4,0 között változik, amelynek optimális értéke kb. 1,0. Ez az összefüggés a következő aránnyal definiálható – $(Ca^{2+}+Na^{+})/(Mg^{2+}+K^{+})$.

Az arányt az elemek előfordulásának mmol/l-ben kifejezett értékei alapján határozzák meg [27]. A zöldségfélék fogyasztása ennek az aránynak a kialakításában kiemelkedő jelentőségű, mivel az ionarányuk többnyire 1,0 alatt van. Az általunk vizsgált microgreen-eknek ilyen irányú egészségjavító hatása igazolódott, mert kb. 0,40 körüli értéket kaptunk az eltérő fajknál.

Összességében megállapítható, hogy a vizsgált paraméterekre a mustár mutatta a legkedvezőbb eredményt. A továbbiakban az angol „microgreen” kifejezés helyett magyarosan a „mikrozöldség” szóösszetételt használjuk.

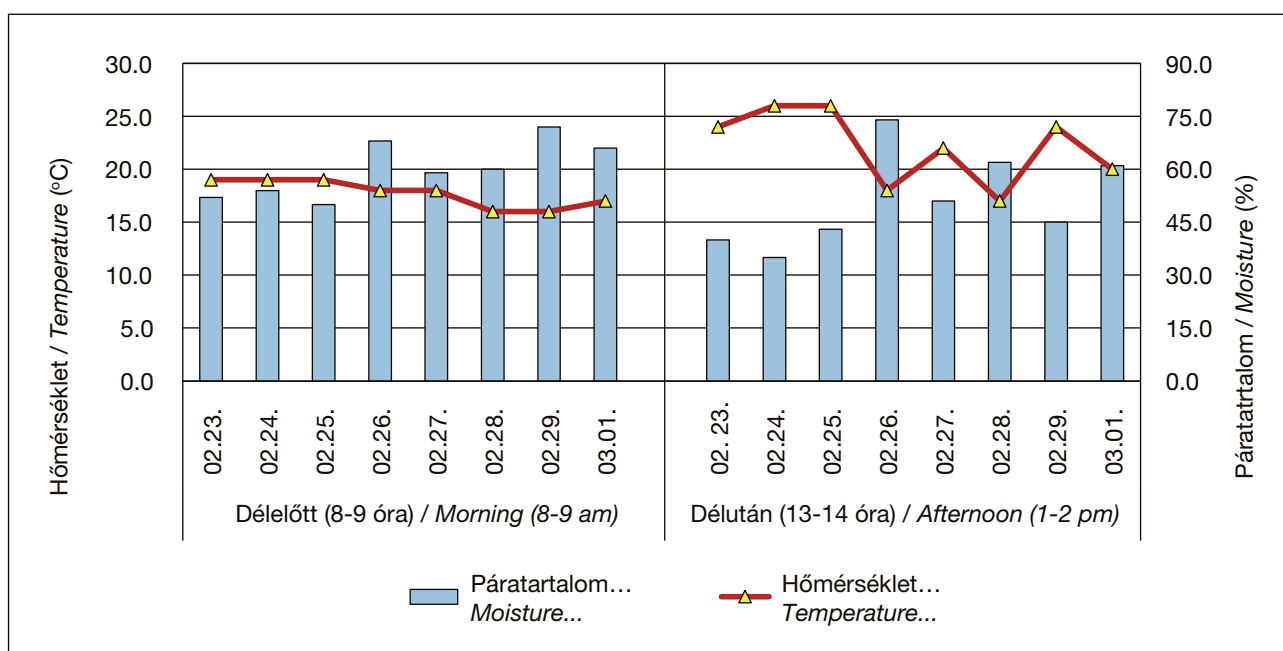
^{1,2} Debreceni Egyetem, Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és Környezetgazdálkodási Kar, Kertészettudományi Intézet

2. Bevezetés

A világ népességének növekedésével fokozott figyelmet kell fordítani olyan élelmiszerek előállítására, amelyek megfelelő tápértéket nyújtanak és ezen felül minimális a környezeti hatásuk [1, 2]. Ilyen élelmiszerek tekinthetők a napjainkban egyre népszerűbb mikrozöldségek. Ezek a zöldségnövények csírázást követően 7-14 napon belül válnak fogyaszthatóvá, fajtól függően, amikor a sziklevek teljesen kifejlődnek, és megjelennek az első valódi levelek [3, 4, 5]. A mikrozöldségek ennél fogva alapvetően különböznek a csíráktól [6] és a baby leaf zöldségnövényektől. Ez utóbbiak 20-40 napos tenyészidő után, kifejlett valódi leveles állapotban válnak szedhetővé. Ezzel szemben a csíranövényeket, még a levelek megjelenése előtt, csak a hajtás kezdeményeket fogyasztják a maggal együtt [7]. Ahogy növekszik a fogyasztók igénye az egészséges és dobozos nyers növények világszerte egyre népszerűbbé válnak [8]. Az utóbbi időben a gasztronómia is előnyben részesíti, mivel különleges megjelenésükkel fontos szerepük van az exkluzív éttermek kínálatában. A mikrozöldségek kedvező tulajdonságai közé sorolható még a jellemző íz, amely karakteresebben jelenik meg a szikleveles állapotban [9]. Új kulináris összetevőként különböző ételek díszítésére, köretként, valamint saláta komponensek alapanyagaként használják [5]. A mikrozöldségeknek, ugyanazon növények kifejlett egyedeihez képest, jóval nagyobb a táplálkozási értékük, jelentős mennyiségű vitamint- (aszcorbinsav, tokoferol), ásványianyagot-, karotinoidot- (β -karotin, lutein/zeaxantin, violaxantin) és fitonutrienseket-tartalmaznak [4].

Az Egyesült Államokban különböző élelmiszer-minőségvizsgáló laboratóriumokban harminc, mikrozöld-

ségként előállított növényfajtának értékelték az ásványi elem tartalmát. A *Brassicaceae* családból 10 fajt értékelték makro-, és mikroelem-tartalomra (Ca, Cu, Fe, K, Na Mg, Mn, P, Zn) induktív csatolású plazma optikai emissziós spektrometriával (ICP OES). Méréseik alapján megállapították, hogy a mikrozöldségek jó forrásai úgy a makroelemeknek (K és Ca), mint a mikroelemeknek (Fe és Zn) [10]. További kísérletekben összehasonlították a mikrozöldségként előállított saláták és ugyanazon növényfajok kifejlett egyedekének ásványi elem-, és nitrát-tartalmát. Az eredmények azt mutatták, hogy a legtöbb ásványi elem (Ca, Mg, Fe, Mn, Zn, Se és Mo) a mikrozöldségek esetében volt jelen nagyobb mennyiségben. Mindemellett alacsonyabb nitrát-tartalommal rendelkeztek, mint a kifejlett egyedek, ezért kiváló és biztonságos ásványianyag-forrásnak tekinthetők a humán táplálkozásban [11]. Ezen bioaktív anyagok mennyiségét nagymértékben befolyásolják a környezeti tényezők, ideértve a hőmérsékletet, a páratartalmat és a fényintenzitást. Ezért a mikrozöldségek előállítási körülményei alapvetően meghatározzák a termék minőségét és a tápértékét [12]. Továbbá, a rövid tenyészidő miatt kiemelt fontosságú a lehető legkedvezőbb környezeti tényezők biztosítása [13]. Fokozott figyelmet kell fordítani a megfelelő fajok kiválasztására, az előállítás körülményeire (termesztőközeg, optimális növényűrűség, fényintenzitás, hőmérséklet, páratartalom), hogy védekezni lehessen az esetlegesen fellépő gomba- és baktérium fertőzés ellen [14]. Bár ezen lágy szárú, szikleveles növényeknél legtöbb esetben a fertőzés kialakulásának fő forrásai a magok felületén lévő kórokozók. A fertőzésveszély miatt a nem megfelelő minőségű vetőmagoknál célszerű fertőtlenítést végezni, pl. 20.000 mg/l töménységű kalcium-hipoklorit $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ oldattal [15]. Továbbá, a már említett három növényi termék kategóriában (csíra,



1. ábra. Az üvegházban mért délelőtti és délutáni hőmérséklet (°C) és páratartalom (%) alakulása
Figure 1. Evaluation of morning and afternoon temperature (°C) and humidity (%) in the greenhouse.

microgreen, baby leaf) kizárólag a csíráknál léteznek szigorú előírások az előállításra és forgalmazásra vonatkozóan. A nem megfelelő higiéniai körülmények között előállított étkezési csírák fogyasztása ugyanis nagy élelmiszerbiztonsági (mikrobiológiai) kockázatot jelent [16].

A mikroöldségek előállítása általában zárt környezetben, így üvegházban, fóliasátorban és csíráztató kamrában, természetes vagy mesterséges megvilágítás mellett történik [6, 17]. Mindemellett a zárt termesztési körülmények, korlátozhatják a rovarok és egyéb élőlények bejutását, ezáltal minimalizálva a fertőződés lehetőségét [8].

Jellemzően előállított mikroöldségek közé tartoznak a *Brassicaceae* család fajai, úgymint a káposzta, retek, karfiol, brokkoli és számos gyógy- és fűszernövény, például a mustár és a kerti zsázsa is [18]. Az ebbe a növény családba tartozó fajok esetében jól ismert, hogy gazdag forrásai a glükózinolátoknak és egyéb antioxidáns hatású fitokémiai anyagoknak, ezért fogyasztásukkal értékes, biológiailag aktív anyagok kerülhetnek az ember szervezetébe [19, 20].

3. Vizsgálati anyag és módszer

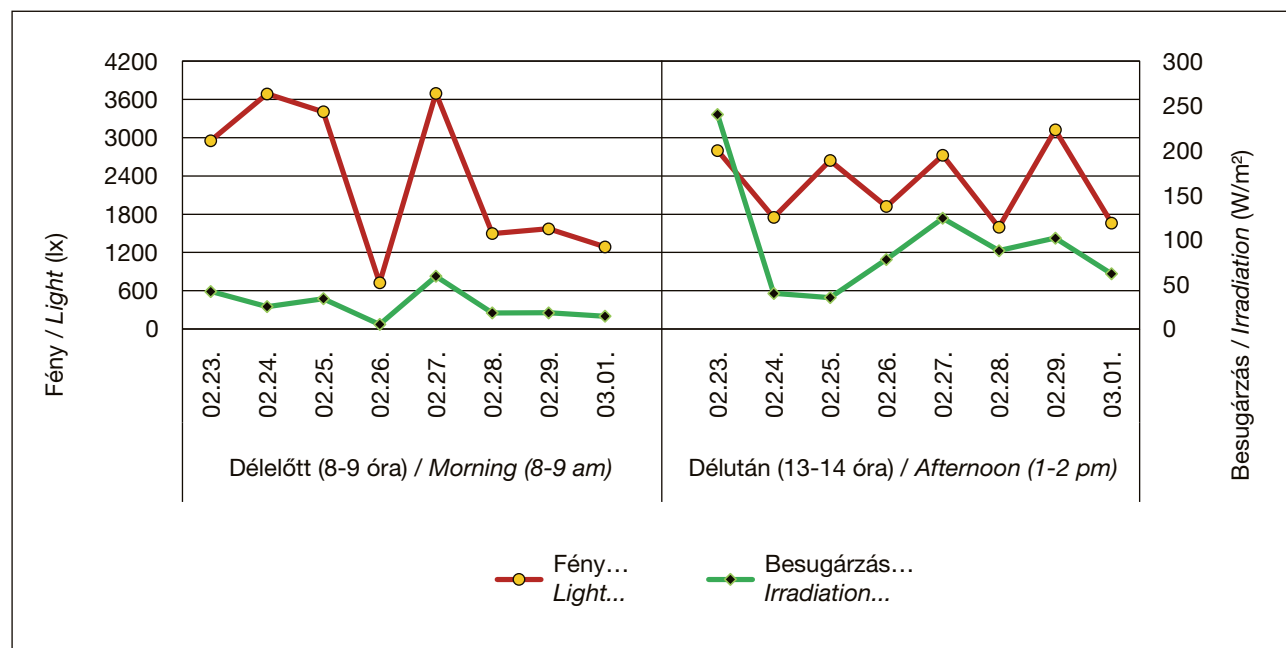
Kísérleteinket a Debreceni Egyetem AKIT DTTI Arborétum Bemutatókertjében található CSK 7,56/2018 típusú csíráztató kamrában állítottuk be. A termesztés során különböző növény családba tartozó fajokat *Brassicaceae* (mustár, retek), *Chenopodiaceae* (mángold, cékla), *Lamiaceae* (bazsalikom) értékeltünk. A vetést 2020. február 20-án végeztük 58 x 29 cm méretű szaporítótálcába úgy, hogy a magokat vékony talajréteggel takartuk, majd a tálcákat azt követően a

csírákamrába helyeztük. A mikroöldségeket 90%-os csírázásig fénymentes körülmények között tartottuk, szabályozott hőmérséklet- (24-25 °C) és páratartalom (65-70%) mellett. Termesztőközegként általános virágföldet alkalmaztunk. A magok minden esetben csíranövények- és mikroöldségek neveléséhez alkalmas bio minősítésűek voltak. A 2-3 nap fénymentes időszakot követően a tálcákat a Bemutatókertben található üvegház elkülönített kísérleti terében helyeztük el. A hőmérséklet, páratartalom és besugárzási értékeket az asszimilációs periódus 2 jellemző időpontjába mértük, délelőtt (8-9 óra között) és délután (13-14 óra között), ellenőrizve az aktív fotoperiódikus szakasz alacsonyabb és magasabb hőmérsékleti intervallumait. Jól látható, hogy ebben az időszakban a hőmérséklet délelőtt $17,75 \pm 1,28$ °C, míg délután $22,13 \pm 3,48$ °C között volt (1. ábra).

A páratartalom délelőtt $60 \pm 7,8\%$, délután pedig $51 \pm 13,2\%$ között változott. A besugárzás délelőtt $27 \pm 17,3$ W/m², míg délután $96 \pm 65,5$ W/m² értékek között alakult. A fényintenzitás a reggeli órákban 2353 ± 1206 lx, míg a délutáni órákban 2277 ± 606 lx értékek között változott (2. ábra).

A növényállomány betakarítását 10 nap elteltével, 2020. március 1-én végeztük úgy, hogy a 3-9 cm magasságú növényállományt gyökér nélkül, a talajfelszín mentén vágtuk le.

Az adatok összehasonlítását varianciaanalízissel (ANOVA) végeztük. A post-hoc tesztek közül, pedig Tukey teszttel határoztuk meg az adatok közötti különbséget 5%-os ($p=0,05$) szignifikanciaszinten. Az elemzéseket az IBM SPSS szoftver (25. verzió) alkalmazásával hajtottuk végre.



2. ábra. Az üvegházban mért délelőtti és délutáni fényintenzitás (lx) és besugárzás (W/m²)
Figure 2. Morning and afternoon light intensity (lx) and irradiance (W/m²) recorded in the greenhouse

3.1. Laboratóriumi mérések

Kísérleteink célja, a különböző növény családba tartozó fajok – *Brassicaceae* (mustár, retek), *Chenopodiaceae* (mángold, cékla), *Lamiaceae* (bazsalikom) – microgreenként történő előállításánál a beltartalmi paraméterek (ionarány, szárazanyag- és C-vitamin-tartalom) és a hozam értékelése.

Munkánk során a következő méréseket végeztük el:

- Betakarításkor a biomassza tömeg (g/m^2) meghatározása növényfajonként;
- Összes szárazanyag-tartalom (%) meghatározása – az MSZ-08-1783-1:1983 2. fejezet szabvány szerint;
- Aszkorbinsav-tartalom meghatározása – MSZ ISO 6557-2:1991 2. fejezet alapján határoztuk meg;
- Ásványelem-tartalom (Ca, K, Mg, Na) meghatározása ICP-AES készülékkel. A mintákat szárazhamvasztással készítettük elő az MSZ-08-1783:1983 szabvány szerint. A mérési eredményeket az ionarány számítására használtuk fel.

4. Vizsgálati eredmények

4.1. Szárazanyag-tartalom

A szárazanyag-tartalmon belül két alkotórészt különböztetünk meg, a szerves- és a szervetlen-anyagokat.

A szárazanyag-tartalom meghatározza a növények nyers fogyaszthatósági idejét, amely a mikrozöldségek szempontjából fontos tulajdonság. Az általunk értékelte minták szárazanyag-tartalma 4,78% és 10,02% között változott (**1. táblázat**). A legnagyobb értéket (~10%) a céklából és a mángoldból előállított mintákból mértük. A legkevesebb szárazanyagot (4,78%) a retek mutatta. Más kutatók eltérő körülmények között, fűtetlen fóliaházban (május és július) bazsalikomban 7,73%, retekben 7,8%, céklában, mustárban pedig 4,6 és 5,6% szárazanyag-tartalmat mértek [**4**].

4.2. C-vitamin-tartalom

Az aszkorbinsav (C-vitamin) a vízben oldódó vitaminok közé tartozik, így nem raktározódik az emberi szervezetben, ezért utánpótlásáról folyamatosan gondoskodni kell. Közismert, hogy az ajánlott napi beviteli érték több tápanyag esetében is vitatott. Az RDA (Recommended Dietary Allowance) alapján, a lakosság számára ajánlott napi C-vitamin mennyiség a felnőtt férfiak számára 90 mg/nap, míg a felnőtt nők esetében 75 mg/nap [**21**]. Az általunk értékelte zöldségfajok C-vitamin-tartalma 2,44 és 22,66 mg/100 g között változott (**2. táblázat**). Az utóbbi értéket a mustárnál mértük, ami a napi ajánlott beviteli érték 25-30%-át is fedezheti. Hidropóniás termesztési technológia mellett más kutatók mustárból 30,67 mg/100 g, retekből pedig 45,43 mg/100 g értékeket mértek [**22**].

1. táblázat. Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldségek szárazanyag-tartalma
Table 1. Changes in dry-matter content of various microgreen vegetables

Növényfaj Species	Szárazanyag-tartalom % Dry matter content %
Retek / Radish	4.78 ± 0.0 ¹ d
Mustár / Mustard	7.71 ± 0.15 ^{bc}
Mángold / Swiss chard	10.02 ± 1.0 ^a
Cékla / Beetroot	9.38 ± 0.48 ^{ab}
Bazsalikom / Basil	6.49 ± 0.09 ^c

Megjegyzés / Remark

Az azonos betűvel jelölt mikrozöldségek között a Tukey-teszt alapján nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$).
There is no significant difference ($P \leq 0,05$) between the microgreens marked with the same letter according to the Tukey test.

2. táblázat. Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldségek C-vitamin-tartalma
Table 2. Changes in vitamin C content of various microgreen vegetables

Növényfaj Species	C-vitamin-tartalom Vitamin C content (mg/100 g)
Retek / Radish	5.56 ± 0.05 ^b
Mustár / Mustard	22.66 ± 0.80 ^a
Mángold / Swiss chard	5.56 ± 0.20 ^b
Cékla / Beetroot	5.53 ± 0.52 ^b
Bazsalikom / Basil	2.44 ± 0.48 ^c

Megjegyzés / Remark

Az azonos betűvel jelölt mikrozöldségek között a Tukey-teszt alapján nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$).
There is no significant difference ($P \leq 0,05$) between the microgreens marked with the same letter according to the Tukey test.

4.3. A különböző mikrozöldeknél talált ionarányok

A humán szervezet optimális ionarányát a következő összefüggéssel lehet definiálni: $(Ca^{2+}+Na^+)/ (Mg^{2+}+K^+) \approx 1.0$, az ásványelemek arányát mmol/l értékek alapján határozták meg. Ezen érték a humán szervezetben általában 2,5 - 4,0 között változik [27], mely ionarányt a zöldeknél fogyasztásával kedvezően lehet befolyásolni [22].

Az általunk vizsgált mikrozöldeknél ilyen irányú egészségjavító hatását igazolni tudtuk, mert a különböző zöldségfajoknál az esetek többségében ~0,40 körüli ionarányt számítottunk (3. táblázat). A legnagyobb ionarányt a bazsalikomnál kaptuk (0,62). Ezáltal igazolható, hogy a mikrozöldeknél fogyasztása csökkentheti a humán szervezet ionarányát, így közelítve az optimális (1,0) értékhez.

4.4. Különböző növényfajokból előállított mikrozöldek hozama

Mikrozöldeknél előállításnál alapvetően kisebb hozammal kell számolni. A 4. táblázatban látható az egyes fajoknál mért biomassa tömege. Kísérletünkben kimagasló hozamot az alapvetően nagyobb méretű levelekkel rendelkező reteknel és mustárnál mértünk, reteknel 2528 g/m², illetve a mustárnál 1831 g/m² mennyiséget. A mángold, cékla és bazsalikom fajoknál ez az érték alacsonyabb volt. Más kutatók hidropóniás termesztésnél a mángold esetében kb. 2000 g/m², a bazsalikomnál pedig kb. 1000 g/m² hozamot értek el [24]. Murphy és munkatársai külön-

böző vetési (mag) sűrűséget alkalmaztak céklából történő mikrozöldeknél előállításánál, amelyet 15 nap elteltével takarítottak be. Megállapították, hogy a nagyobb mag sűrűség ugyan nagyobb hozamot mutatott, de az 50 g/m²-es magmennyiséghez képest a négyszerese tömegű mag elvetése csak 60%-kal növelte a négyzetméterenként betakarítható hozamot [25].

5. Vizsgálati eredmények értékelése, megvitatása, következtetések

A mikrozöldeknél fiatal, gyenge, lágyszárú növények, amelyek viszonylag rövid időn belül hervadnak, ezért célszerű olyan fajokat termesztetni, amelyek kedvezőbb (kisebb) víztartalommal rendelkeznek.

Kísérletünkben főzegen történő termesztés mellett a legnagyobb víztartalmat a retekben (95,2%), míg a legkisebbet a mángold esetében (89,8%) mértük.

A kiegyensúlyozott táplálkozás szempontjából fontos a megfelelő mennyiségű C-vitamin bevitel. Mivel a C-vitamin az emberi szervezetben nem raktározódik, így az utánpótlásáról folyamatosan gondoskodni kell. A vizsgált zöldségnövény-fajok közül a mustárnál kedvező C-vitamin-tartalmat (22,66 mg/100 g) mértünk, ami az ajánlott napi beviteli mennyiség 25-30%-át is fedezheti.

A humán szervezet optimális ion arányának fenntartásában az általunk értékelt valamennyi zöldségfaj kedvezőnek bizonyult.

3. táblázat. Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldeknél az ionarányok értékei
Table 3. Evolution of ion ratios of different microgreen vegetable species

Növényfaj Species	Ionarány $(Ca^{2+}+Na^+) / (Mg^{2+} + K^+)$ Ion ratio $(Ca^{2+}+Na^+) / (Mg^{2+} + K^+)$
Retek / Radish	0.27 ± 0.02 ^c
Mustár / Mustard	0.35 ± 0.01 ^c
Mángold / Swiss chard	0.33 ± 0.01 ^c
Cékla / Beetroot	0.44±0.01 ^b
Bazsalikom / Basil	0.62 ± 0.05 ^a

Megjegyzés / Remark

Az azonos betűvel jelölt mikrozöldeknél között a Tukey-teszt alapján nincs szignifikáns különbség ($P \leq 0,05$).
There is no significant difference ($P \leq 0.05$) between the microgreens marked with the same letter according to the Tukey test.

4. táblázat. Különböző zöldségfajokból előállított mikrozöldeknél a biomassa tömegének alakulása
Table 4. Evolution of yield of different microgreen vegetables

Növényfaj Species	Hozam (g/m ²) Yield (g/m ²)
Retek / Radish	2528.24
Mustár / Mustard	1831.21
Mángold / Swiss chard	484.60
Cékla / Beetroot	431.63
Bazsalikom / Basil	554.22

Az egyes fajok hozamáról általunk elért szakirodalmi forrásokban – eltérő termesztési módszerek mellett – viszonylag kevés adatot találtunk. Gazdaságossági szempontból a várhatóan elérhető hozamok ismerete fontos lenne, az aránylag nagy vetőmagszükséglet (10-40 ezer mag/m²) miatt [26].

6. Köszönetnyilvánítás



„Az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-19-3 kód-számú Új Nemzeti Kiválóság Programjának szakmai támogatásával készült.”



Látogassa meg a WESSLING Tudásközpont honlapját!

<https://wesslingtudaskozpont.hu/>

