Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Saláta (*Lactuca sativa* L.) fajták produkcióbiológiai jellemzése és komplex értékelése LED-es megvilágítási programok tesztelésével

Boros Ildikó Fruzsina

Budapest

2021

A doktori iskola

megnevezése: Kertészettudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Zámboriné Dr. Németh Éva
egyetemi tanár, DSc
MATE, Kertészettudományi Intézet,
Gyógy- és Aromanövények Tanszék

Témavezetők: Dr. Kappel Noémi
egyetemi docens, PhD
MATE, Kertészettudományi Intézet,
Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék

Dr. Sipos László
egyetemi docens, PhD
MATE, Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és
Érzékszervi Minősítési Tanszék

....

Az iskolavezető jóváhagyása A témavezetők jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

TARTALOMJEGYZÉK I

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE III

1. BEVEZETÉS 1

1.1. A téma aktualitása, jelentősége 1

1.2. Célkitűzés 3

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS 4

2.1. A saláta (*Lactuca sativa* L.) rendszertana, ökológiai igényei, termesztési rendszerei 4

2.1.1. Rendszertana, előfordulása és botanikai leírása 4

2.1.2. Legfontosabb salátatípusok bemutatása 5

2.1.3. A saláta általános ökológiai igényei, termesztési rendszerek 8

2.2. A természetes és mesterséges megvilágítási rendszerek és kutatások 11

2.2.1. A fény és növényspecifikus jellemzői 11

2.2.2. Mesterséges megvilágítású növénytermesztő rendszerek 20

2.2.3. Növénymegvilágítási kutatások 22

2.3. A saláta élelmiszer-biztonsági kockázatai, fitonutriensei, érzékszervi paraméterei 27

2.3.1. A saláta élelmiszer-biztonsági kockázatai 27

2.3.2. A saláta fitonutriensei, biológiailag aktív komponensei és érzékszervi tulajdonságai 30

2.3.2.1. A salátában található jellemző vitaminok 32

2.3.2.2. A saláta ásványianyag-tartalma 33

2.3.2.3. A saláta polifenol tartalma 36

2.3.2.4. A saláta karotinoid-tartalma 38

2.3.2.5. A saláta klorofill-tartalma 39

2.3.3. A fogyasztói döntést befolyásoló tényezők és vizsgálati módszerei 40

2.3.3.1. Conjoint analízis 41

2.3.3.2. Szemkamerás vizsgálati módszer 42

2.3.3.3. Komplex, több szempontos döntéstámogató rendszerek 43

3. ANYAG ÉS MÓDSZER 45

3.1. A kutatás során alkalmazott saláta fajták, a növényanyag előállítása 45

3.2. A vizsgálat körülményei 46

3.2.1. A termesztés helye, a termesztés berendezése 46

3.2.2. LED alapú világítórendszerek jellemzése növénytermesztési szempontból 48

3.3. A kutatás módszerei 52

3.3.1. Műszeres és analitikai vizsgálatok 52

3.3.1.1. Klorofill fluoreszcencia vizsgálata (non-invazív módszer) 52

3.3.1.2. Relatív klorofill-tartalom mérése (non-invazív módszer) 53

3.3.1.3. Saláta fajták klorofill-a, klorofill-b és összes karotinoid tartalom meghatározása 53

3.3.1.4. Ásványi-anyag meghatározása ICP-OES módszerrel 53

3.3.1.5. Összes polifenol-tartalom (TPC) meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel 55

3.3.1.6. Nitrát tartalom meghatározása 56

3.3.1.6.1. Mintaelőkészítés 56

3.3.1.6.2. FT-NIR módszer és az alkalmazott készülék 57

3.3.1.6.3. A spektrofotometriás módszer és az alkalmazott készülék 57

3.3.2. Általános növényfizikai paraméterek mérése 59

3.3.2.1. Levélhossz 59

3.3.2.2. Tömeg 59

3.3.2.3. Szárazanyag-tartalom ... 59
3.3.3. Műszeres színmérés ... 59
3.3.4. Fogyasztói vizsgálatok ... 60
3.3.4.1. Fókuszcsoport és conjoint analízis ... 60
3.3.4.2. Szemkamerás vizsgálatok ... 62
3.3.4.3. A salátatípusok fitonutriens értékeinek komplex értékelése SRD-módszerrel ... 63
3.4. A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése ... 65
4. EREDMÉNYEK ... 68
4.1. LED alapú világítórendszerek jellemzése növénytermesztési szempontból ... 68
4.1.1. A növénytermesztésben alkalmazható LED alapú világítórendszerek fénytani jellemzése ... 68
4.1.2. Kind LED K5 XL750 világítórendszer ... 68
4.1.3. 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszer ... 72
4.1.4. Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszer ... 73
4.1.5. Lágymányosi féle LED világítórendszer ... 74
4.2. LED-es fénykörnyezet hatásai a batávia saláta vegetatív jellemzőire és fitonutrienseire ... 77
4.2.1. Vegetatív fejlődés eredményei ... 77
4.2.2. Fitonutriensek mennyisége ... 81
4.2.3. Elemtartalom meghatározás eredményei ... 84
4.2.4. Színparaméterek és koordináták elemzése ... 86
4.3. Módszerfejlesztés a nitrát-tartalom meghatározására FT-NIR technikával ... 88
4.3.1. A nitrát mennyiség UV-Vis mérési eredményei ... 88
4.3.1.1. Batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása ... 88
4.3.1.2. Vajfej salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása ... 88
4.3.1.3. A vajfej és batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása ... 89
4.3.1.4. Salátatípusok nitrát tartalmának összehasonlítása ... 90
4.3.2. FT-NIR módszer spektrumkép elemzésének eredményei ... 90
4.3.2.1. Saláta fajták FT-NIR spektrumának kemometriai elemzése ... 91
4.3.2.2. Mennyiségi becslési függvény jellemzése ... 94
4.4. Conjoint analízis eredményei ... 94
4.5. Szemkamerás vizsgálatok eredményei ... 99
4.6. A salátatípusok produkcióbiológiai jellemzőinek komplex értékelése ... 104
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK ... 107
5.1. Új tudományos eredmények ... 114
6. ÖSSZEFOGLALÁS / SUMMARY ... 115
7. MELLÉKLETEK ... 118
M1 melléklet: Irodalomjegyzék ... 118
M2 melléklet: Ábrajegyzék ... 147
M3 melléklet: Táblázat jegyzék ... 150
M4 melléklet: Saláta megvilágítási kísérletek és eredményeik ... 153
M5 melléklet: Eredményekben részletezett ábrák és táblázatok ... 161
8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS ... 177

RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

AoI	érdeklődési terület	*Area of Interest*
AHC	agglomeratív hierarchikus klaszterezés	*Agglomerative Hierarchical Clustering*
ADC	analóg-digitális átalakítást	*Analog to Digital Converter*
BRC	Angol Kiskereskedők Konzorciuma	*British Retail Consortium*
CIE	Nemzetközi Világítástechnikai Bizottság	*International Commission on Illumination*
CoB	hordozólemezre közvetlenül ültetett LED chip	*Chip-on-Board*
CRRN	véletlen számokkal származtatott SRD eloszlással való összehasonlítás	*Compare Ranks with Random Numbers*
CRT	katódsugárcső	*Cathode Ray Tube*
DC	látogatások száma	*Dwell Count*
DD	látogatások hossza	*Dwell Duration*
DLI	napi teljes megvilágítottság	*Daily Light Integral*
DPPH	1,1-difenil-2-pikrilhidrazil	*1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl*
EMC	elektromágneses kompatibilitás	*Electromagnetic Compatibility*
EPA	Amerikai Környezetvédelmi Hatóság	*U.S. Environmental Protection Agency*
FD	fixáció hossza	*Fixation Duration*
FFD	első fixáció hossza	*First Fixation Duration*
FT-NIR	Fourier transzformációs közeli infravörös (spektroszkópia)	*Fourier Transform Near-Infrared (spectroscopy)*
GAP	Jó Termesztési Gyakorlat	*Good Agricultural Practice*
HACCP	veszélyelemzés és kritikus ellenőrzőpontok	*Hazard Analysis Critical Control Points*
HSD	őszintén szignifikáns különbség	*honestly significant difference*
IFS	Nemzetközi Élelmiszer Szabvány	*International Food Standard*
IRC vector	referencia oszlop helyének vektorai	*Index vectors of Reference Column*
ISO	Nemzetközi Szabványügyi Szervezet	*International Standardization for Organization*
ITIS	Integrált Taxonómiai Információs Rendszer	*Integrated Taxonomic Information System*
LDA	lineáris diszkriminancia analízis	*Linear Discriminant Analysis*
LED	fénykibocsátó dióda	*Light-Emitting Diode*
LOO	egy elem kihagyás	*Leave One Out*
MSC	többszörös szóródási korrekció	*Multi Scattering Correction*

NASS	Nemzeti Agrárstatisztikai Szolgálat	*National Agricultural Statistics Service*
NFT	Tápfilm kultúra	*Nutrient film technique*
NRCS	Természeti Erőforrások Megőrzése Szolgálat	*Natural Resources Conservation Service*
PAR	fotoszintetikus aktív sugárzási	*Photosynthetically Active Radiation*
PCA	főkomponens elemzés	*Principal Component Analysis*
PFAL	mesterséges megvilágítással rendelkező növénygyárak	*Plant Factory with Artificial Lighting*
PLSR	részleges legkisebb négyzetek módszere	*Partial Least Squares Regression*
PPF	fotoszintetikus foton áramlás	*Photosynthetic Photon Flux*
PPFD	fotoszintetikus fotonáram sűrűség	*Photosynthetic Photon Flux Density*
PPS	fitokróm foto-stacionárius állapot	*Phytochrome Photostationary State*
psi	font per négyzethüvelyk (nyomásmértékegység)	*Pound-force per Square Inch*
R^2	determinációs koefficiens négyzete	*Square of determinant coefficient*
Q^2	keresztellenőrzést követően a determinációs koefficiens négyzete	*Square of determinant coefficient after cross-validation*
RMSEE	kalibráció átlagos hibája	*Root Mean Square Error of Estimation*
RMSECV	keresztellenőrzés átlagos hibája	*Root-Mean Square Error of Cross-Validation*
RPD	korrigált tapasztalati szórás	*Residual predictive deviation*
RTE	fogyasztásra kész termék	*Ready to Eat*
RTU	használatra kész termék	*Ready to Use*
SBC	egylapkás számítógép	*Single Board Computer*
SNV	standard normál változó	*Standard Normal Variate*
SPAD	talaj-, növényelemzés fejlesztés	*Soil Plant Analysis Development*
SRD	rangszámkülönbségek összege	*Sum of Ranking Differences*
TDS	összes oldott-anyagtartalom	*Total Dissolved Solids*
TFC	összes fixáció száma	*Total Fixation Count*
TFF	első fixációig eltelt idő	*Time to First Fixation*
TPC	összes polifenol-tartalom	*Total Polyphenol Content*
USDA	Egyesült Államok Mezőgazdasági Minisztériuma	*United States Department of Agriculture*
UV-Vis	Ultraibolya-látható (spektroszkópia)	*Ultraviolet–visible (spectroscopy)*
WHO	Egészségügyi Világszervezet	*World Health Organization*
YPF	hasznos fotonáram	*Yield Photon Flux*

1. BEVEZETÉS

1.1. A téma aktualitása, jelentősége

A saláta (*Lactuca sativa* L.) széles körben termesztett és világszerte előszeretettel fogyasztott zöldségnövény, melyet legtöbbször nyersen fogyasztanak. A FAOSTAT (2020) becsült adatai alapján a saláta és cikória (*lettuce and chicory*) termesztés 2018-ban 1 270 138 ha területen 27 256 487 tonna volt, ami a világ összes zöldség-termesztésének 2,6%-át teszi ki. A Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján Magyarországon a fejes saláta (csak erre vonatkozó adat érhető el) termesztés az elmúlt 5 évben csökkent 2015-ben 365 ha területen 12 061 tonna salátát, 2019-ben 299 ha területen 8 358 tonna salátát termesztettek a magyar gazdák, ami ez idő alatt 18%-os terület és 31%-os termésmennyiség csökkenést mutat (KSH, 2020a). A hazai zöldség- és gyümölcsfogyasztási szokások sokat változtak az elmúlt években, 2018-ban a gyümölcsfogyasztás 4,3 kg/fő/hónap, a zöldségfogyasztás (burgonya nélkül) 4,8 kg/fő/hónap volt, ami a 2017-es (4,1; 4,4 kg/fő/hónap) 2010-es (3,2; 4;0 kg/fő/hónap) évekhez képest is növekedést mutatott (KSH, 2020b). A salátafélék fogyasztása eltolódott az előre mosott és csomagolt, kényelmi cikkek irányába (*ready to use, ready to eat*). E termékcsoport előállítása, csomagolása és pulton-tarthatósága az élelmiszeripar és a vendéglátóipar számára is kulcsfontosságú, mivel nemcsak a zöldségtermesztők, hanem az élelmiszeripar számára is aktuális kérdéseket jelentenek.

A nyugati táplálkozásban a jég-, a vajfej-, a római- és a tépősaláta számít jelentős salátatípusnak, melyek a tápanyag összetételüket és a bioaktív összetevőik arányát tekintve nagyon eltérőek lehetnek. Magas víztartalma mellett, rostban gazdag, valamint jól ellátott antioxidánsokkal, főleg C-vitaminnal és polifenolokkal. A salátafélék biológiailag aktív komponensei közül a fogyasztók számára a legfontosabbak dietetikai szempontból a vas, a folsav, a C-vitamin, a β-karotin, a lutein, az összes fenol- és rosttartalom. In vitro és in vivo tanulmányok arról számoltak be, hogy a saláta bioaktív anyagai gyulladás-, koleszterin-csökkentő, valamint antidiabetikus hatással rendelkeznek. A salátatípusokon belül fajtákra lebontva nem állnak rendelkezésre kellően részletes beltartalomra vonatkozó információk, ugyanakkor évről-évre növekszik a törekvés arra vonatkozólag, hogy tápanyagtartalmukat növeljék.

Mivel a zöldségtermesztésre alkalmas területek aránya csökkent és környezeti körülmények is egyre kiszámíthatatlanabbak (klímaváltozás, környezeti katasztrófák), továbbá a globalizáció és az urbanizáció is fokozott nyomás alá helyezi a mezőgazdaságot, ezért újra előtérbe kerültek az olyan termesztési megoldások, ahol kis alapterületen maximalizálni lehet a termelést.

Ilyen megoldás a mesterséges megvilágítással ellátott zárt termesztési rendszerek alkalmazása, ahol a környezeti körülmények jól szabályozhatók, így a növények igényeihez

igazíthatók. Mivel kultúránként és fajtánként más és más környezeti és tápanyagutánpótlási igényeket kell kielégíteni, így a rendszer elterjedéséhez és megbízható használatához nagyfokú kutatási támogatásra van szükség. A kutatás fókuszában egyre inkább a növényspecifikus fényreceptek kutatása áll, amiben nagy szerepet kapnak a LED fényforrások, melyek a korábban használt fényforrásokhoz képest számos előnnyel rendelkeznek. Ökonómiai megfontolásokon túl, fontos szempont, hogy a LED-ek méretükből adódóan jól variálhatók, nem érzékenyek a feszültségváltozásra és spektrálisan szabályozhatók, ami a növényfejlődés optimalizálásában kulcsfontosságú. A LED-es rendszerek használata a növénytermesztésben az elmúlt évtizedekben dinamikus növekedést mutatott. A ScienceDirect, tudományos publikációkat bemutató elektronikus adatbázisa alapján exponenciális növekedés mutatkozott 1997-2019 között a megjelent publikációk számát tekintve (2019-ben 35 289 db találat a „LED" és „plant" keresőszavakra) (Sipos et al., 2020).

Tudományos szempontból fontos annak tisztázása, hogy a termesztés során, mindösszesen a fényprogramok (spektrumtartomány, fényintenzitás és fotoperiódus hossza és gyakorisága) megváltoztatásával elérhető-e az egyes salátatípusok/fajták fitonutriens értékeinek növelése. Jelenleg nem ismert szisztematikusan felépített, fajtákra lebontott kísérletsorozat arra vonatkozóan, hogy LED-es fényprogramok hatására hogyan változnak a saláták beltartalmi paraméterei. A LED-es fényprogramokra adott növényélettani-válaszokkal, fitonutriens változásokkal kapcsolatban relatíve kevés, nehezen összehasonlítható publikált információ áll rendelkezésre. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy az egyes kísérletekben a fajták és a beállított paraméterek nagyon változatosak (fényprogramok, tápanyagellátás, hőmérséklet, pára-, CO_2-tartalom, kiültetési elrendezés, stb.). Így fontos annak tisztázása is, hogy a növénytermesztési kutatásokban a fényforrások egyes paraméterei és azok jellemzése mekkora jelentőséggel bír egy kísérlet tervezése, bemutatása során.

Mivel a friss saláta egy gyakran fogyasztott, kedvelt élelmiszer, ezért meg kell felelnie az élelmiszer-biztonsági előírásoknak, ahol kulcselem a saláták nitráttartalmának meghatározása, ezért szükséges egy analitikai gyorsmódszer kidolgozása. Habár közkedvelt termék, és az elmúlt években tapasztalható volt a kínálat bővülése, a különböző salátatípusok termesztésére vonatkozó relatíve kevés adat is azt sugallja, hogy a fajtatípusok lehatárolása a köztudatban nem terjedt el. Ezért a fogyasztók véleményét, vásárlási szokásait, motivációját és a salátára vonatkozó preferenciáit fel kell térképezni, valamint döntéstámogató módszerekkel információt és segítséget kell nyújtani számukra az optimális termék/termékek megismeréséhez és kiválasztásához.

1.2. Célkitűzés

Fő tudományos célkitűzésem:

Batávia salátatípus produkcióbiológiai jellemzése és komplex értékelése, különböző LED-es megvilágítási rendszerek jellemzésével és programok tesztelésével.

A fő tudományos célkitűzés alcélkitűzései:

1. Célom a növénytermesztésben alkalmazott LED alapú világítórendszerek növények szempontjából elsődlegesen fontos paraméterinek meghatározása és a kísérletemben alkalmazott LED világítórendszerek növényszempontú értékelése.
2. Célom LED-es fénykörnyezetek tesztelése batávia salátafajtával (*Lactuca sativa* L.). A vegetatív fejlődésre, a fitonutriensek mennyiségére, az makroelem-tartalomra és a színparaméterekre vonatkozó hatásainak meghatározása.
3. Célom új analitikai gyorsmódszer kidolgozása a különböző salátatípusok (batávia, vajfej) nitrát-tartalmának meghatározására. Célom, hogy a módszer képes legyen a későbbiekben az analitikai mérés gyors kivitelezésére és a saláták nitrát tartalmának rutinszerű meghatározására.
4. Célom a saláta fogyasztással kapcsolatos termékkombinációk fogyasztói elfogadásának tesztelése speciális fogyasztói csoport körében. Célom továbbá, a vizsgált célcsoport számára az ideális termékkombinációk, azok hasznossági szintjeinek és fontossági értékeinek meghatározása. A fogyasztói szegmensek lehatárolása és azok jellemzése.
5. Célom levélzöldségeken a szemkamerás vizsgálati módszer és értékalapú-szegmentáció kombinációjának tesztelése.
6. Célom a salátatípusok fitonutriens értékeinek együttes figyelembevételével történő komplex értékelése statisztikai módszerek kombinálásával.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A saláta (*Lactuca sativa* L.) rendszertana, ökológiai igényei, termesztési rendszerei

2.1.1. Rendszertana, előfordulása és botanikai leírása

A saláta (*Lactuca sativa* L.) vagy kerti saláta mint faj, a Fészekvirágzatúak (*Asteraceae*) családjába tartozó *Lactuca* L. genusba tartozik, amely a *Magnoliophyta* törzs, *Rosophytina* altörzs, *Rosopsida* osztály, *Asteridae* alosztály, *Asterales* rend tagja (ITIS, 2020a; Penksza et al., 2017). A mediterrán térségben honos levélzöldség (Durazzo et al., 2014).

A *Lactuca* nemzetség rendszertani besorolására a XX. századi publikációkban különböző klasszifikációkat találunk, eltérő megközelítésben. Alapvető koncepciókat Feráková (1977), Koopman et al. (1998), Shih (1988), Stebbins (1937) és Tuisl (1968) fogalmaztak meg. Munkájuk alapján a *Lactuca* genetikai forrásán alapuló taxonómiai besoroláskor hét szekcióról (*Lactuca* [Lactuca és Cyanicae alszekciók], *Phoenixopus, Mulgedium, Lactucopsis, Tuberosae, Micranthae,* illetve *Sororiae*), és két földrajzi csoportról (Afrika, Észak-Amerika) beszélhetünk (Lebeda & Astley, 1999; Lebeda et al., 2007).

Jelenleg a *Lactuca* genusban 13 taxont tartanak számon (*Lactuca biennis* (Moench) Fernald, *Lactuca canadensis* L., *Lactuca floridana* (L.) Gaertn., *Lactuca graminifolia* Michx., *Lactuca hirsuta* Muhl. ex Nutt., *Lactuca indica* L., *Lactuca ludoviciana* (Nutt.) Riddell, *Lactuca* × *morssii* B.L. Rob. (pro sp.), *Lactuca saligna* L., *Lactuca sativa* L., *Lactuca serriola* L., *Lactuca tatarica* (L.) C.A. Mey., *Lactuca virosa* L.), ám ezeken a fajokon belül csak elvétve találkozunk felsorolt változatokkal (ITIS, 2020b; USDA NRCS, 2020).

A *Lactuca sativa* nagy morfológiai variabilitásról tanúskodik, ami a polifiletikus származásával és a már hosszú ideje tartó termesztésével magyarázható (Kesseli et al., 1991). Rodenburg (1960) tanulmányozta a saláta kultúrnövény-változatokat és klasszifikáció típusokat, viszont az újabb átfogó – a saláta kultúrnövény-változatairól szóló taxonómiai és származástani – vizsgálatok Vries & Raamsdonk (1994), Vries (1997), valamint Mou (2008) nevéhez fűződnek (Křístková et al., 2008). A nagyobb rendszertani egységeket tekintve konszenzus áll fenn a kutatók között, és a tudomány fókusza a morfológiailag elkülönülő salátatípusok felé irányult (Lebeda et al., 2007; Mou, 2008; Rodenburg, 1960).

A *L. sativa* faj vékony karógyökerű, 30-100 cm hosszú felálló szárú növény, mely a felsőbb részen ágazódik el. Az egyszerű levelek spirálisan helyezkednek el, a magszárfejlesztést megelőzően tömött rozettát vagy fejet alkotva. Alakjuk a hosszúkástól a keresztirányú ellipszisig, illetve az oválistól a háromszög alapúig, levéllemez tagoltsága a tagolatlantól a szeldeltig

változhat. A levélszél éptől a fogazottig változhat, leggyakrabban fodros. A szárlevelek szív formájú levéllemezzel rendelkeznek, melyek hosszúkás-elliptikus alakúak. A szár végén 5 cimpájú sárga nyelves virágok találhatók, amelyek bugavirágzatba rendeződnek. Bóbitás kaszat termése 3-4 mm, magja lapított, megnyúlt tojásszerű; ezermagtömege 0,8-1,2 g, csírázóképességét optimális tárolási körülmények között 4-5 évig megőrzi (Balázs et al., 2004; Doležalová et al., 2002; Dostál, 1989; Grulich, 2004; Rubatzky & Yamaguchi, 1997; Takácsné Hájos, 2014).

2.1.2. Legfontosabb salátatípusok bemutatása

A *Lactuca* fajok, alfajok, fajták bemutatása legáltalánosabban a növény morfológiai tulajdonságai (levél alak, méret, textura, fejesedés és szár típus) alapján került rendszerezésre, valamint a molekuláris markerek alkalmazása is segítette az elkülönítésüket (Lebeda et al., 2007). A saláta esetében jelenleg 4 elfogadott változatot (*Lactuca sativa* var. *capitata* L., *Lactuca sativa* var. *crispa* L., *Lactuca sativa* var. *longifolia*, *Lactuca sativa* var. *sativa*), 8 elfogadott alfajt (*Lactuca sativa* subsp. *asparagina* (L.H.Bailey) Janch., *Lactuca sativa* subsp. *capitata* (L.) Schübl. & G. Martens, *Lactuca sativa* subsp. *crispa* (L.) Schübl. & G. Martens, *Lactuca sativa* subsp. *longifolia* (Lam.) Alef., *Lactuca sativa* subsp. *minii* Hadidi, *Lactuca sativa* subsp. *romana* Schübl. & G.Martens, *Lactuca sativa* subsp. *sativa*, *Lactuca sativa* subsp. *secalina* Alef.), valamint egy nem elfogadott alfajt (*Lactuca sativa* subsp. *serriola* (L.) Frietema) tartanak számon, amelyek szinonimájaként a *Lactuca sativa* L. is elfogadott, több még el nem fogadott faj mellett (Compositae Working Group, 2019).

Fontos megjegyezni, hogy a taxonómiai csoportosítás és elnevezések ismerete ellenére és mellett, más csoportosítási formák is találhatók. A megkülönböztethetőség, az egyöntetűség és az állandóság vizsgálat (*Distinctness, Uniformity and Stability*, **DUS**) salátára specifikus iránymutatásában (CPVO/TP-013/6-Rev) is megtalálható egyedi csoportosítás (*type*), ahol azonosítást segítő példaként, az adott csoportra/típusra jellemző karakterisztikával rendelkező fajták is említésre kerülnek. A kiadványban megtalálható 12 típus a következő: Butterhead, Novita, Iceberg, Batavia, Frisée d'Amérique, Lollo, Oakleaf, Multi-divided, Frillice, Cos, Gem, és Stem (CPVO, 2019).

A szakirodalmakban általánosan elfogadott a Rodenburg et al. (1960) és Vries & Raamsdonk (1994) munkáján alapuló intraspecifikus csoportosítás, ami öt (1-5) saláta változatot/alfajt különböztet meg, amely Lebeda et al. (2007), illetve Křístková et al. (2008) összefoglaló munkájában még két (6-7) csoporttal egészült ki. Az alábbi csoportok fenotípusosan különböznek, viszont általában morfotípusként kerülnek leírásra:

1) **Vajfej saláta** (*Butterhead lettuce*) (var. capitata L. nidus tenerrima Helm),
2) **Jégsaláta** (*Crisphead lettuce*) (var. capitata L. nidus jäggeri Helm),
3) **Római-** vagy **Cos saláta** (*Romaine-/ Cos lettuce*) (*Lactuca sativa* subsp. *asparagina* (L.H.Bailey) Janch. (Compositae Working Group, 2019), syn. var. *longifolia* Lam., var. *romana* Hort. in Bailey),
4) **Tépő-** vagy **Fodros levelű saláta** (*Cutting lettuce*) (var. *crispa* L., syn. var. *acephala* Alef., syn. var. *secalina* Alef.),
5) **Spárgasaláta** (*Stalk lettuce*) (Asparagus) (var. *angustana* Irish ex Bremer, syn. var. *asparagina* Bailey, syn. L. *angustana* Hort. In Vilm.),
6) **Latin saláta** (*Latin lettuce*) nincs tudományos neve), valamint a
7) **Magolajáért termesztett saláta** (*Oilseed lettuce*).

A **fejes saláta** (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) összefoglaló névként terjedt el a magyar tudományos kertészeti szakirodalomban (Balázs et al., 2004). A **vajfej saláta** (var. *capitata* L. *nidus tenerrima* Helm.) fejesedő típus, amely puha és zsenge levelekből áll. Frissen, elsősorban Nyugat- és Közép-Európában fogyasztják előszeretettel (Ryder, 1986). Az elmúlt évtizedekben az USA-ban is nagyon sok új kultúrnövény-változatot nemesítettek, amelyeket termesztésbe is vontak (Mikel, 2007; Ryder, 1999). A Csehországban található olmützi RIPC génbank gyűjteménye arról számol be, hogy ez a típus a leginkább termesztett (Thomas et al., 2005). A **jégsaláta** (var. *capitata* L. *nidus jäggeri* Helm) magyar elnevezése valamelyest félrevezető, ugyanis a *Crisphead* csoportjába sorolják az *Iceberg* típusú salátát is, amit szintén jégsaláta néven emlegetünk. Gyakran szinonimaként használják ezt a két elnevezést (Hartman et al., 2013; Hu et al., 2005). Szintén fejesedő típus, mely húsos, ropogós levelekkel és legyező mintázatot mutató levélerezettel rendelkezik. Friss fogyasztásra alkalmas, nagyon kedvelt az USA-ban (Mikel, 2007; Ryder, 1999), termesztik Nyugat- és Közép-Európában, Japánban, Kínában és Ausztráliában (Lebeda et al., 2007). Ehhez a csoporthoz sorolják még a batávia *(Batavia)* salátatípust, amely genetikai- és morfológiai tulajdonságait tekintve is a vajfej- és jégsaláta átmenetét képezi (hasonló hozzá a *Novita* salátatípus, ami szintén a két csoport között helyezkedik el (CPVO, 2019)). Félig fejesedő, vagy laza fejeket képez, kiválóan pulton tartható, levelei ropogósak. A batávia főként a mediterrán régióban ismert és termesztett salátatípus (Baslam et al., 2013; Křístková et al., 2008; MDOSZ, 2016). Spanyolországban a jégsaláta, míg Franciaországban a batávia a legnagyobb volumenben termesztett salátaféle (Maisonneuve & Blancard, 2011), bár Spanyolország északi részén is a batáviát forgalmazzák nagy mennyiségben (Baslam et al., 2013).

Római vagy más néven **Cos salátára** (subsp. *asparagina* (L.H.Bailey) Janch., syn. var. *longifolia* Lam., var. *romana* Hort. in Bailey) (Ryder, 1986). Balázs et al. (2004) kötözősalátaként (*Lactuca sativa* L. convar. *longifolia* L.) hivatkozik, mivel termesztése során a külső levelek összekötözésével törekedtek a levelek etiolálására, zsengeségük megőrzésére. Hosszúkás laza fejű

változat, melynek merev levelein az erek majdnem teljesen a levél csúcsáig futnak. Friss fogyasztásra, illetve főzésre egyaránt alkalmas. A Cos elnevezést Kos szigetéről kapta, ahol a görögök régóta termesztik (Ryder, 1986). Római elnevezése történelmi okokra vezethető vissza, mikor a XIV. században a pápai kúria kertjében (akkor Avignon területén) termesztették ezt a típust. Az eredeti Cézár-saláta alapjául ez a típus szolgál (MDOSZ, 2016). Korábban az európai országokban, elsősorban a mediterrán régióban, illetve Nyugat-Ázsia és Észak-Afrika területén termesztették (Ryder, 1986).

A **tépősaláta** (var. *crispa* L, syn. var. *acephala* Alef., syn. var. *secalina* Alef.) nem fejesedik, az egész növény nyitott rozettával kerül felszedésre és a leveleket frissen fogyasztják. Az USA-ban, Olaszországban, Csehországban és Szlovákiában is igen népszerű típus (Vries, 1997), Franciaországban elsősorban a tölgylevelű saláta keresett (Maisonneuve & Blancard, 2011). Ez a salátatípus nagyon heterogén, a levelek egy része vagy teljes egésze is lehet fodros, és a levél szeldeltségét tekintve a kevéssé karéjostól a mélyen szeldeltig terjedhet. A levél lehet hosszúkás vagy széles, zöldes árnyalatú, ugyanakkor az antocianin mennyiségétől függően eltérő mintázatú és intenzitású pigmentációja lehet (Lebeda et al., 2007).

A **spárgasaláta** (var. *angustana* Irish ex Bremer, syn. var. *asparagina* Bailey, syn. L. *angustana* Hort. in Vilm.) kiemelkedő szárral rendelkezik, amit frissen vagy főzve fogyasztanak. A levelek szintén fogyaszthatók fiatal korban, vagy párolható (Baseerat & Rana, 2018; Lebeda & Křístková, 1995). Extenzív termesztése folyik Kínában és Indiában (Rodenburg et al., 1960; Vries, 1997).

A **latin saláta** nem rendelkezik tudományos névvel, szinte ismeretlen. A rómaihoz hasonló fejet képez (Katz & Weaver, 2003). Húsos, bőrszerű, sötétzöld levelei laza fejet képeznek. Friss fogyasztásra alkalmas. Elsősorban a mediterrán térségben ismert, illetve Észak-Afrika és Dél-Amerikában (Rodenburg et al., 1960).

Az **olajáért termesztett saláta** keserű levelei nem fogyasztják. Magjai igen magas olajtartalomúak (35%), amely gazdag E-vitaminban és a szervezet számára nélkülözhetetlen tápelemeket is tartalmaz. Olaját konyhai célra használják (Boukema et al., 1990), de a népi gyógyászatban az álmatlanság kezelésére is alkalmazták (Bown, 1995), melynek hatását geriátriai betegeken részben vizsgálták (Yakoot et al., 2011). A mai napig termesztik olajsajtolási célból Egyiptomban (Baseerat & Rana, 2018; Ryder, 1986). Irodalmi adatok említést tesznek a kompatibilis fajok között létrejött hibrid egyedekről (*L. sativa* × *L. serriola*) is (Boukema et al., 1990). Két nagy csoportba rendezhetők az imént felsorolt típusok a részletes összehasonlítások alapján, mégpedig úgy, hogy az egyik halmazba tartoznak a vajfej-, jég- és a latin salátatípusok, míg a másik halmazba a római-, tépő- és a spárgasaláta (Vries & Raamsdonk, 1994). A különböző, forgalomban kapható salátatípusok morfológiailag jól elkülönülnek egymástól (1. ábra).

1. ábra: Magyarországon kiskereskedelmi forgalomban elérhető leggyakoribb salátatípusok (nem méretarányos megjelenítésben, balról jobbra: vajfej-, batávia-, jég-, római- , fodros levelű-, tölgylevelű saláta) (saját felvételek)

A nemesítés során gyakran kereszteznek változatokat, alfajokat, típusokat egymással (Mikel, 2013). A nemesítéskor általánosan három szempontot tartanak szem előtt: az ellenállóképesség, a termelékenység és a minőség fokozását (Mou, 2008). Ugyanakkor a nemesítéskor törekedni kell a betakarítás követő minőségi szempontok fokozására is, úgy, mint a pulton tarthatóság, levél-ellenállóság, fitonutriens mennyiség és érzékszervi paraméterek (szín, levélforma, barnulásmentes vágási él, aroma, íz) (Damerum et al., 2020; Hayes & Simko, 2016).

2.1.3. A saláta általános ökológiai igényei, termesztési rendszerek

Szabadföldi termesztése során nem befolyásoló tényező a talajtípus, hiszen megfelelő talaj-előkészítéssel és tápanyag-utánpótlással, a talaj termesztésre alkalmassá tehető. Korai termesztésű saláta esetén alkalmasabb a gyorsan felmelegedő, laza szerkezetű talaj, késői termesztés során az öntözés, illetve a jobb vízmegtartó képességgel rendelkező talajok preferáltak. Ugyanakkor a saláta a magas sótartalmú talajokra érzékeny, illetve a mikrotápelemek felvételét korlátozhatja a semlegestől (pH=7) erősen eltérő értéke. A rövid tenyészideje miatt vetésforgóba történő illesztése során általában elő-, vagy másodnövényként alkalmazzák (Balázs et al., 2004). Hazánkban többnyire a főnövény előtt, vagy után termesztik a fóliaház, üvegház jobb kihasználása érdekében (Terbe, 2013). A hajtatott salátát főleg primőrként fogyasztják, üvegházi termesztése nem terjedt el az alacsony megtérülési hányad miatt (Balázs et al., 2004; Terbe, 2013). A hőmérséklet, páratartalom, légösszetétel ellenőrzése és szabályozása közvetlenül a növényállományban szükséges. Ezen paraméterek változásának mértéke a növény fejlettségi állapotától függ, a hőmérsékletre pedig a megvilágítás is befolyással bír (Balázs et al., 2004).

A Markov-Haev szerinti csoportositást tekintve a saláta a 16±7°C **hőigény**ű növények közé tartozik (Takácsné Hájos, 2014). A 16°C hőoptimum a fejesedéshez szükséges, a csírázáshoz ennél valamivel alacsonyabb, 12-15°C az ideális, de már 2°C-on megindul, és csak 30°C felett válik vontatottá a kelés. A szántóföldre nemesített fajták palántái a 0°C alatti hőmérsékletet is kibírják, tartósan alacsony hőmérséklet esetén a kifejlett növényekben antociánosodás alakul ki, de az enyhüléssel ez a folyamat visszafordul. Alapvetően igaz, hogy a hőmérsékleti igényt, a termesztéstechnológia során elérhető fényviszonyokhoz igazodva adják meg a nemesítők (Balázs et al., 2004; Takácsné Hájos, 2014; Terbe, 2013). **Fényigény**es növényfaj, amitől – részben a

hagyományos termesztési viszonyokon alapulva a évszakok eltéréséből adódóan – hőoptimuma is függ, intenzív megvilágítás esetén emelkedik (Balázs et al., 2004; Takácsné Hájos, 2014; Terbe, 2013). Egyes salátatípusoknak a fejesedéshez elengedhetetlen a megfelelő hosszúságú megvilágítás, amihez a nyári fajták 12-16 órás intenzív, a téli hajtató fajták pedig 8-9 órás gyengébb erősségű megvilágítást igényelnek. A magszár fejlesztéshez hosszú nappalokra és intenzív fényviszonyokra van szükség. A helytelen fajtaválasztás következtében magszárat képeznek a növények még a fejesedés előtt (Balázs et al., 2004). Mivel doktori munkám kiemelt területe a saláta növények fénnyel történő stimulálása, ezért külön fejezetben részletesen elemzem a különböző fényparaméterek változtatására adott növényi válaszokat.

Üvegházi, hidrokultúrás körülmények között a saláta környezeti igényeinek biztosítása pontosabban valósítható meg. Vizsgálatokkal alátámasztott és pontos paraméterekkel leírt útmutató a Cornell Egyetem kutatói dolgozták ki Brechner és Both (1996) , amely azóta is megállja a helyét. A fajtaváltások következtében ezen paraméterek pontosítását a termesztőnek kell kitapasztalnia. A növények szintjén 100-200 µmol/m^2/s elegendő kiegészítő megvilágítás érték, amely a természetes megvilágítással együtt maximum 17 mol/m^2/nap lehet, bizonyos fajtáknál 15 mol/m^2/nap, hogy a fiziológiai hatások révén kialakuló levélszélbarnulás elkerülhető legyen (Brechner & Both, 1996). Az elmúlt évek kutatásai alapján jelenleg 200-250 µmol/m^2/s fényerősség mellett 16-18 órás fotoperiódus alkalmazása az elfogadott (Ahmed et al., 2020).

A **légmozgás** fokozza a növények transpirációját, ami a tápanyagáramlást (főleg a kalciumét) gyorsítja, így a fiatal hajtásokon tápanyaghiány és a levélszélbarnulás kialakulásának kockázata csökken. A 0,3-0,7 m/s légáramlás elég ahhoz, hogy a tőlevelek közé áramoljon a levegő, így a fotoszintézis is fokozódik (Ahmed et al., 2020; Brechner & Both, 1996). Függőleges ventilláció – a horizontális áramláshoz képest nagyobb hozam érhető el – esetén ~238 m^3/óra légmozgás szükséges, ennek hiányában a saláták alacsonyabb megvilágítást – 17 mol/m^2/nap helyett 12 mol/m^2/nap – igényelnek és növekedésük is vontatottabb (Brechner & Both, 1996; Shibata et al., 1995).

A levegőben normál körülmények között a **CO_2 szint** 390 ppm körüli, viszont a növényszámtól függően ennél jóval többet képes egy ültetvény megkötni naponta, amennyiben a légáramlás, a megvilágítási és a hőmérsékleti körülmények biztosítottak. Habár a levegőben a magas CO_2 koncentráció fokozza a fotoszintézist, nem segíti elő a CO_2 hasznosítását, beépülését. A kielégítő növekedéshez 1000-1500 µmol mol^{-1} CO_2 koncentráció a megfelelő, ez a mennyiség segíti elő a CO_2 hasznosítást, és a növények növekedését (Brechner & Both, 1996).

A hidrokultúrás termesztésnél különösen fontos az optimális **vízhőmérséklet**, ami a saláta esetében 24-26°C, míg a 22-25°C-os léghőmérsékletet a salátatípushoz igazodóan kell kiválasztani, hogy a megvilágítási periódusban folyamatos legyen a fejlődés, habár a hajtatásra

javasolt fajták között nincs jelentős különbség a környezeti igényeket tekintve (Ahmed et al., 2020; Brechner & Both, 1996).

A **levegő relatív páratartalmá**t tekintve 70-80%-os tartomány, ami elősegíti a vegetatív fejlődést, és a sztómák záródásának segítésével csökken a víz okozta stresszhatás. 40% alatti és 85% feletti relatív páratartalom tartomány csökkenti a fotoszintézis hatékonyságát, illetve a sztómaműködésben zavart okoz (Ahmed et al., 2020; Carvalho et al., 2015; Ryu et al., 2014).

A saláta hidrokultúrás termesztése során többféle technológiai megoldás terjedt el (NFT, közeges termesztés, aeropónika, stb.). Bármelyik választása esetén kulcstényező a víz minőségi paramétereinek – pH, EC, ásványianyag tartalom, mikrobiológiai szennyezők – ismeretén túl, a tápanyagutánpótláshoz használt műtrágyák összetétele (Sapkota et al., 2019; Van Os et al., 2016; Resh, 2013).

A vízkultúrás növénytermesztés esetében a tápoldat **pH** értéke a legtöbb növény esetében 5,0-6,5 között megfelelő, aminek savanyítására szükség van lúgos csapvíz használatakor, de desztillált víz esetében ez elhagyható (Hoagland & Arnon, 1938). A nátriumsóban gazdag víz nem alkalmas oldatkészítésre (Hoagland & Arnon, 1950). Saláta termesztéséhez gyakran 5,6-6,0 közötti pH értéket állítottak be a kutatók (Both et al., 1997; Touliatos et al., 2016), melynek az az oka, hogy az oldott sók mobilizálhatósága pH függő, és felvételük eltér a talajnál megszokottól. Ugyanakkor a termesztés sikeres akkor is, ha a tápoldat pH értéke ennél magasabb, 5,5-6,5 (Singh et al., 2019) vagy akár 6,8±0,2 (Bian, 2018a; Grimm, 2019). A pH érték csökkentésekor a magas foszforsav tartalmú pH csökkentő szer jobb választás, mivel tartósan képes alacsonyan tartani a pH-t, a citromsavhoz vagy az ecethez – ami a termésmennyiségben komoly visszaesést okoz – képest (Singh et al., 2019). Az optimális pH értékű tápoldat használatának megállapítására olyan kísérletet állítottak be római saláta esetében, ahol különböző pH értékű (5, 6, 7, 8) tápoldatokkal kezelték a növényeket. A pH 5 kezelésű növényeken mért klorofill fluoreszcencia (Fv/Fm érték) magasabb volt a többi beállításhoz képest, amivel együtt járt, hogy a hajtásnövekedés is szignifikánsan magasabb volt ennél a kezelésnél. A pH 8 kezelés viszont a többi kezeléshez viszonyítva szignifikánsan alacsonyabb Fv/Fm értékkel és hajtásnövekedéssel rendelkezett. A magnézium mennyisége a levelekben pH 7 értékig emelkedett, e felett pedig csökkent, ugyanakkor a pH 6, 7 szignifikánsan magasabb magnézium szintet mutatott, mint a pH 5 és 8 kezelések. A vas, a mangán és a cink a pH szint emelkedésével folyamatosan csökkent a növényekben (Roosta, 2011).

Az elektromos vezetőképesség (*Electrical Conductivity*, **EC** [dS/m, mS/cm, mmhos/cm]) utal a vízben oldott sók/tápsók mennyiségére, amelyeket a növények idővel felvesznek, így azok mennyisége folyamatosan csökken, viszont az evaporáció és transpiráció hatására az oldat töményedik. A legtöbb hidropóniásan termesztett növény számára az 1,5-2,5 mS/cm EC-vel

rendelkező tápoldat megfelelő (Gruda, 2009). Az EC érték alacsonyan tartásához a kiinduláskor minél alacsonyabb sótartalommal rendelkező víz használata indokolt, például 1,15-1,25 mS/cm körüli értékkel rendelkező ioncserélt víz (Brechner & Both, 1996). A salátának a viszonylag alacsony, 1,2-1,8 mS/cm EC érték az optimális (Sharma et al., 2018), mivel érzékenységük a tápoldattal szemben valamelyest eltér, a hidropóniás termesztéshez az alacsony 1,0-1,5 mS/cm érték közötti tápoldat mindenképpen alkalmazható (Abou-Hadid et al., 1996). Több esetben is vizsgálták az EC hatását a pH-val összefüggésben, a növények fejlődésére. Normál töménységű Hoagland oldat hatására a saláta levélszáma gyarapodott, illetve a friss tömeg 12,5%-kal nőtt a ½ töménységű Hoagland oldattal kezelt salátákhoz képest. A kísérlet során az EC érték 1,8-2,2 mS/cm között volt (Kılıç & Duyar, 2016). Bian et al. (2018a) 1,9±0,1 mS/cm értékű tápoldatot alkalmazott a növénymegvilágítási kísérleteikhez. Magasabb EC értékek (2,0; 2,5; 3,0 mS/cm) összehasonlításánál megállapítható, hogy a 3,0 mS/cm már a termésmennyiség csökkenését okozza, emellett gyakrabban jelenik meg a leveleken a levélszél barnulás tünete, ami 2,5 mS/cm esetében csak elvétve jelentkezik az állományban. Olyannyira jelentősen hat a 3,0 mS/cm a saláta megjelenésére, hogy az áru értéke nagy mértékben csökken (Da Cunha-Chiamolera et al., 2017). Hansen et al. (2009) kísérleteik során összefüggést találtak arra vonatkozólag, hogy saláta esetében a növények növekedése magasabb EC érték (1,8 mS/cm) mellett is biztosítható, amennyiben az EC emelkedését az alacsony pH optimális szinten (5,4) tartása okozza, ami által a tápanyagok felvétele fokozódik.

Az EC érték az összes oldott anyagtartalomra (*Total Dissolved Solids*, **TDS**) vonatkozóan nem informál teljeskörűen. A laboratóriumi vizsgálat során, az öntözővíz minőségének megítéléséhez minden esetben ismerni kell az anionok (Cl^-, SO_4^{2-}, CO_3^{2-}, HCO_3^-, NO_3^-, PO_4^{3-}) és kationok (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^+, NH_4^+, K^+) mennyiségét (amelyeknek nagyjából egyensúlyban kell lenniük) (Tóth, 2020).

A kálium és a nitrát könnyen felvehető a növények számára, ezért a gyökérzónában mérve alacsony szint mutatkozik, a kalcium, magnézium, vas pedig nehezen felvehető (Sonneveld & Straver, 1994). A kalcium, magnézium és kén magas ion-konduktivitással rendelkezik, ami a recirkulációs rendszerek esetében az EC emelkedését okozza, valamint visszaesést okoz a növények növekedésében (Nemali, 2017). A saláta genotípusok között nagyon eltérő különbségek mutatkoznak a sóstresszre adott válaszaikat tekintve (Xu & Mou, 2015).

2.2. A természetes és mesterséges megvilágítási rendszerek és kutatások

2.2.1. A fény és növényspecifikus jellemzői

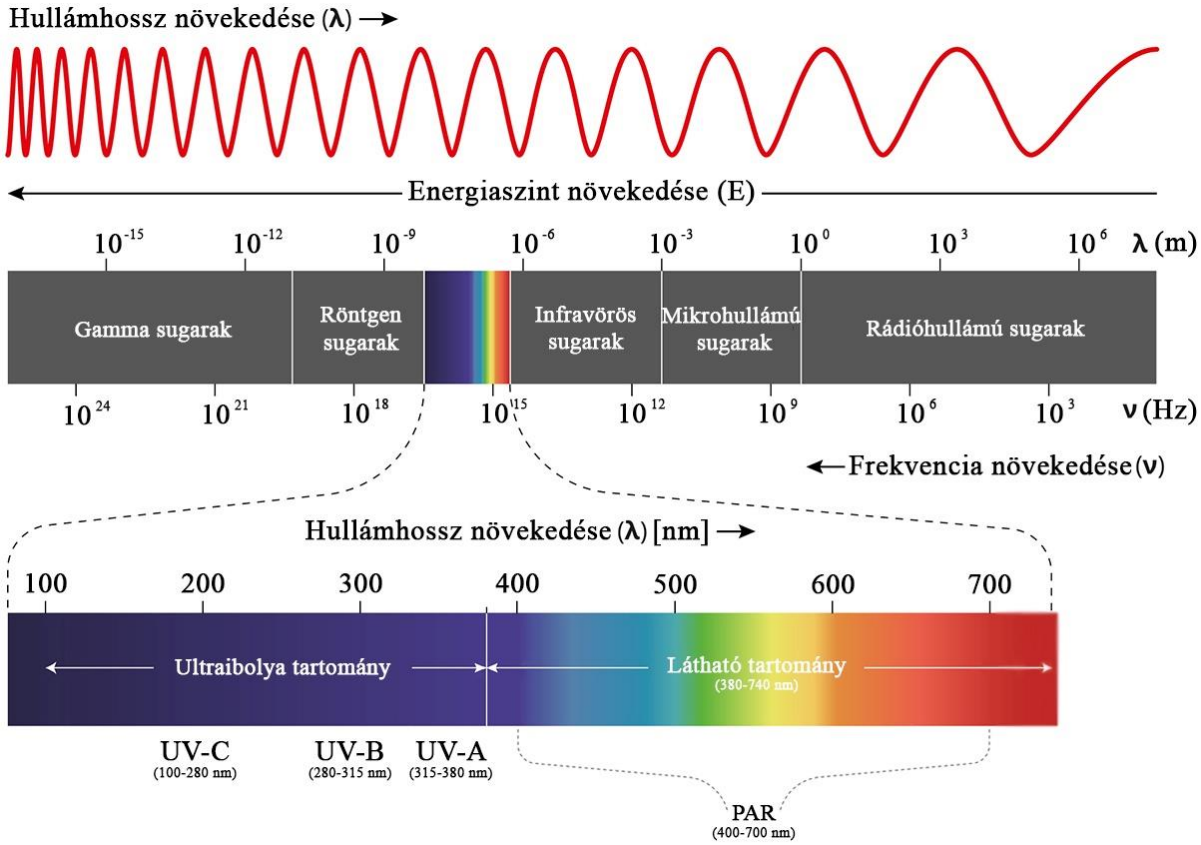
A fény valójában egy elektromágneses-sugárzás, olyan energia, amely vákuumban és anyaggal kitöltött térben egyaránt képes haladni. Ha egy elektromos töltés oszcillál vagy

felgyorsul, akkor egy elektromos és mágneses mező terjed tovább belőle fotonok formájában (Elliott et al., 2018; Vallero & Letcher, 2013). Vákuumban az elektromágneses-sugárzás fénysebességgel (299 792 458 m/s) halad és hullámszerű viselkedést mutat (Rowley, 1984), amiből következik, hogy jellemezhető a hullámhosszával (λ) és a frekvenciájával (ν) is (Vallero & Letcher, 2013). A fizikai törvényszerűségek azt mutatják, hogy az elektromágneses-sugárzás hullámhosszának növekedésével, a fotonok frekvenciája és az energiája (E) csökken.

A különböző élőlényekre a fény és paraméterei eltérő fontossággal bírnak. Az emberi szem számára látható fény a 380-760 nm hullámhossztartományba eső elektromágneses-sugárzás (ISO 21348:2007), amely a Napból származó elektromágneses-sugárzásnak valamivel kevesebb, mint a fele. Míg a növények számára hasznosnak vélt fotoszintetikus aktív sugárzási (*Photosynthetically Active Radiation*, **PAR**) tartomány ennél valamivel szűkebb, 400-700 nm (2. ábra) (Muoghalu, 2009). A hullámhossz tartományok meghatározása alapvetően az emberi szem érzékeléséhez mérten kerültek leírásra, ebből is adódhat, hogy számos esetben a spektrum régiók – amelyek nagyban függenek a fényforrás jellegétől – nem egyeznek meg a színekhez történő párosítást illetően. Az ISO 21348:2007 szabvány alapján az alábbi hullámhossz-tartományok különböztethetők meg: ultraibolya (UV) ($100 \leq \lambda < 400$ nm), ibolya ($360 \leq \lambda < 450$ nm), kék ($450 \leq \lambda < 500$ nm), zöld ($500 \leq \lambda < 570$ nm), sárga ($570 \leq \lambda < 591$ nm), narancssárga ($591 \leq \lambda < 610$ nm), vörös ($610 \leq \lambda < 760$ nm), infravörös ($760 \leq \lambda < 1\ 000\ 000$ nm). A növénytermesztés gyakorlatában ettől eltérő, átfedő hullámhossztartományokat is alkalmaznak.

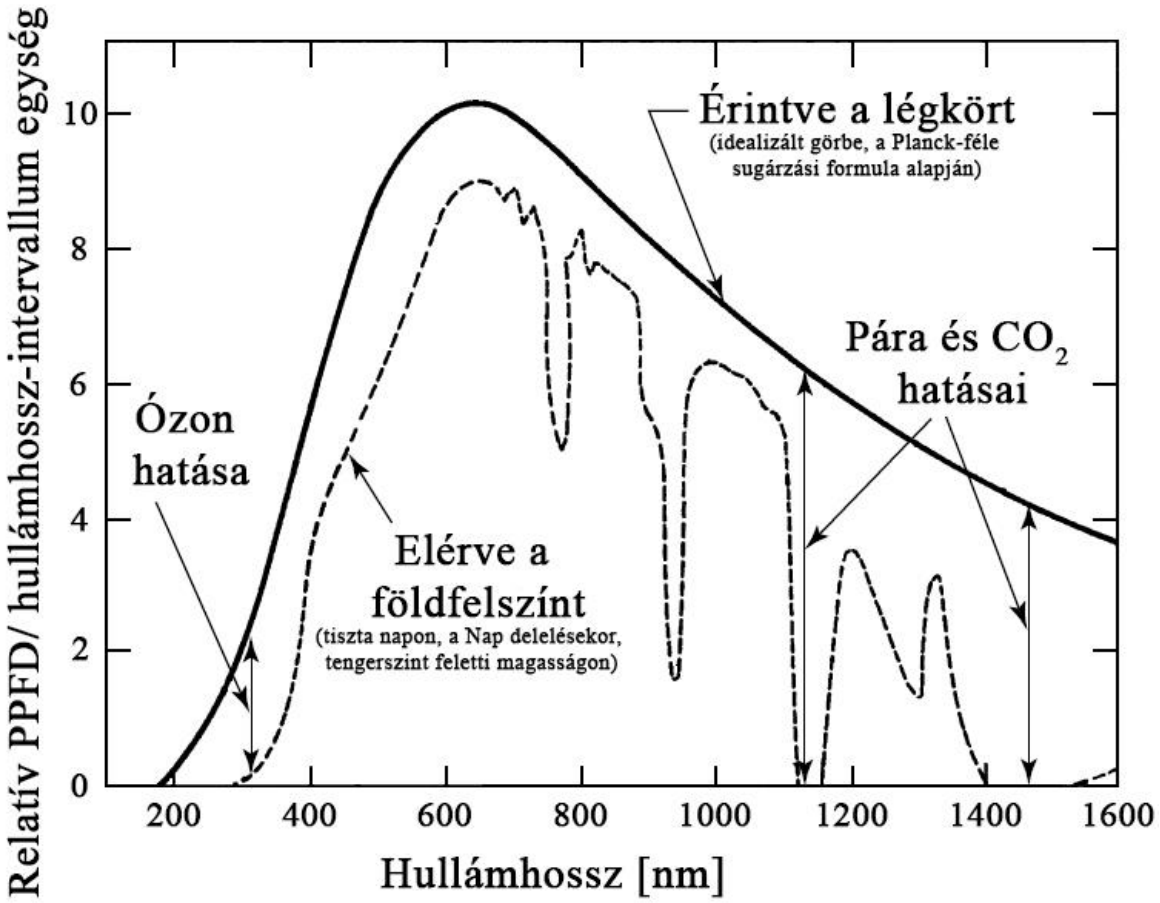
A növények számára rendelkezésre álló természetes fény mennyisége és minősége számos tényezőtől együttesen függ. A Föld felszínére érkező sugárzási energia mennyisége és minősége elsősorban a Föld és a Nap geometriájától, valamint az atmoszféra átlátszóságától (transzmisszivitás) függ. Mivel a légkör a napsugárzás számára csak szemi-transzparens – a légkörben található gázok és szuszpendált részecskék a napsugárzás egy részét reflektálják, illetve abszorbeálják –, így jóval kevesebb mennyiség jut el a Föld felszínéig. Tiszta időben a fényenergia 70-80%-a jut át az atmoszférán, és felhős, ködös időben ennek csupán törtrésze jut csak a Föld felszínére (3. ábra). Az atmoszférán keresztül jutó fény ezáltal egyenletesebben szóródik, mintha közvetlenül a Napból érkezne. Ezt a szórt fényt a növények jobban tudják hasznosítani, mint a direkt sugárzást. Ennél fogva az atmoszféra transz-misszivitásának hatása a fotoszintetikus aktivitás csökkenésére valamivel kisebb, mint ami várható volna pusztán a sugárzás csökkenésétől (Decoteau, 2005; Németh, 2004). A sugárzás minőségére (spektrális összetételére) a szóródási szögek révén van hatással, mivel a rövidebb hullámhosszúságú sugarak a hosszú hullámhosszúságúaknál nagyobb szögben képesek szóródni (Decoteau, 2005). A tengerszint feletti magasság is hozzájárul a sugárzási energia mennyiségi változásához. A magasabban fekvő területekig – ahol a levegő turbiditása (zavarossága) is alacsonyabb – a sugaraknak rövidebb

optikai úthosszt kell megtenniük, míg elérik a felszínt, mint az alacsonyabban fekvő területekig (Muoghalu, 2009). A Földre érkező UV sugárzás 98,7%-a UV-A, mivel az ózon rétegnek köszönhetően az UV-B és UV-C nagy része még a sztratoszférában elnyelődik (Sinclair & Weiss, 2010). Mérésekkel bizonyították, hogy a 200-400 nm tartományba eső sugárzás – hullámhosszonként eltérő mennyiségben – eléri a Föld felszínét (Herndon et al., 2018).



2. ábra: Elektromágneses-sugárzási spektrum (készült CLINUVEL, 2020; ISO 21348:2007; Malacara, 2011 nyomán)

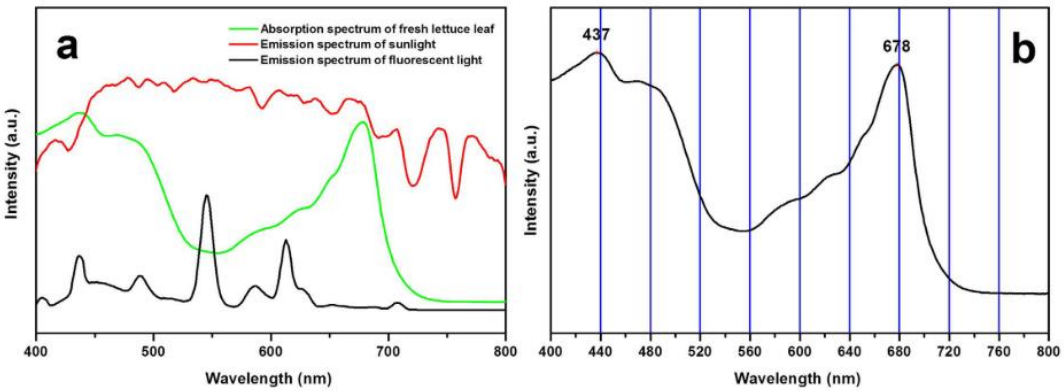
A növények cirkadián (latin: *circa diem,* jelentése: *körülbelül egy nap*) ritmusára is hatással van a nappalok és éjszakák váltakozása (Taize & Zeiger, 2010), ami a Föld tengely körüli forgásából következik, valamint az is, hogy napkeltekor és napnyugtakor eltérő arányú a rövid- és a hosszú hullámhosszúságú sugarak mennyisége, ahhoz képest, mint mikor a napsugárzás nagyobb szöget zár be a földfelszínnel. A Föld, a Nap körüli keringéséből és forgástengelyének dőlésszögéből adódik a nappalok rövidülése és hosszabbodása, ami a fotoperiódusra van hatással. Mindez attól is függ, hogy a Föld mely hosszúsági és szélességi fokán vizsgáljuk a sugárzási viszonyokat (Bennie et al., 2016; Chiang et al., 2019; Decoteau, 2005). Egy teljes nap alatt egy négyzetméternyi felületre eső összes foton mennyiségének leírására szolgál a „napi teljes megvilágítottság" (*Daily Light Integral,* **DLI** [mol/m^2/nap]) (Faust & Logan, 2018).



3. ábra: A nap fotonjainak hullámhossz-eloszlása elérve a Föld légkörét és felszínét (készült Nobel, 2009, (Figure 4-5.) nyomán)

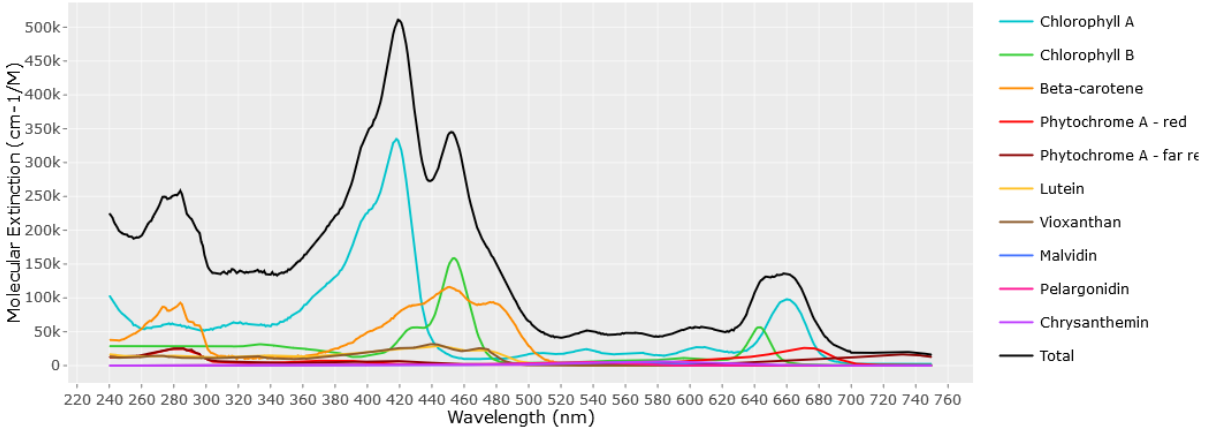
A PAR tartományba eső elektromágnes-sugárzást a növényi kloroplasztok képesek abszorbeálni és a fotoszintézis során felhasználni (Muoghalu, 2009). A PAR-tartományba eső összes fénymennyiség, másodpercenként megadja a fotoszintetikus fotonáram (*Photosynthetic Photon Flux,* **PPF** [µmol/s]) mennyiségét, ám azt nem adja meg, hogy ebből valójában mennyi éri el felszínt. Egy adott felszínre jutó fénymennyiséget, a fotoszintetikus fotonáram sűrűséggel (*Photosynthetic Photon Flux Density,* **PPFD** [µmol/m^2/s]) fejezhetünk ki (MechaTronix, 2020).

A növények ugyanakkor a PAR-nál szélesebb spektrumtartományba eső elektromágneses-sugárzást is képesek érzékelni receptorok segítségével (Ulm & Jenkins, 2015). A növények a 360-760 nm közötti tartományra adnak fotoszintetikus választ, ebben a tág tartományban a beérkező fotonok eltérő energiamennyiséget szolgáltatnak a fotoszintézishez (4. ábra). A „hasznos fotonáram" (*Yield Photon Flux,* **YPF**) alkalmazható, ami szintén a megvilágítás intenzitásáról informál, ám súlyozottan vizsgálja az egyes hullámhosszokon a fotonok hasznosságát a növény számára. Ennek alapján a 600-630 nm közötti fotonok 20-30%-kal jobban hasznosul fotoszintézis során, mint a 400-540 nm közöttiek (Nelson & Bugbee, 2014; Barnes et al., 1993; McCree, 1972).



4. ábra: Friss saláta levelek (a) abszorpciós spektrumának (zöld vonal) összehasonlítása napfény (piros vonal) és fénycső (fekete vonal) esetében és (b) abszorpciós spektruma (forrás: Han et al., 2017)

A növényekben a **fotoszintézis** klasszikusan négy fázisra bontható, ahol mindegyik fázis a kloroplaszt meghatározott területén játszódik le: (1) fény abszorpció, (2) elektron transzport, ahol a $NADP^+$ redukciójával NADPH keletkezik, (3) ATP képződés és végül (4) a CO_2 átalakítási reakció, a fény elnyelése nélkül nem tud végbemenni, illetve annak intenzitását a növény fotoszintetikus pigmentjeinek abszorpciós érzékenysége határozza meg (5. ábra) (Gitelson et al., 2019). A főmaximumok helyén a növények a rájuk eső sugárzás 80-95%-át nyelik el (Anda, 2010), miközben a teljes napsugárzásnak csupán 4,6-6,0%-a kerül hasznosításra a fotoszintézis során (Long et al., 2006). A pigmentek relatív koncentráció változása a környezeti tényezők függvénye (Richardson et al., 2002), a különböző klorofillok mértékét pedig elsősorban a fény és oxigénszint alakítja (Chen, 2014).



5. ábra: Különböző növényi pigmentek és fotoreceptorok fényelnyelése (forrás: Nielsen, 2018)

A **klorofill** egy magnézium-tetrapirrol molekula, a legfontosabb növényi fotoszintézisért felelős pigment (Lodish et al., 2000), amely a növények által elnyelt fénymennyiség fő meghatározója, valamint annak kémiai energiává történő átalakításában központi szerepe van (Chen, 2014). Növényi szervezetekben minden esetben kimutatható a klorofill-a, így a magasabb rendű mohákban, harasztokban, nyitva- és zárvatermőkben klorofill-a és klorofill-b együtt fordul elő, míg az alacsonyabb rendű növényi szervezetekben a klorofill-a mellett klorofill-c vagy

klorofill-d jelenik meg (Láng, 1998). Továbbá ismert még a klorofill-f, melyet sztromatolitról izoláltak (Chen et al., 2010) és a klorofill-g, ami egy mesterséges klorofill faj (Tsuchiya et al., 2012). A klorofillok valamelyest eltérnek egymástól az oldalláncokban és/vagy redukciós állapotukban, mely különbség megmutatkozik abszorpciós (Chen, 2014) és funkcionális tulajdonságaikban (Gitelson et al., 2019). Míg a fényelnyelésért és a fotokémiáért elsődlegesen a klorofill-a – amely a leggyakoribb pigment a növényekben – felelős, addig a klorofill-b egy kiegészítő fényelnyelő pigment (Croce & Van Amerongen, 2014). A klorofill-a két abszorpciós maximummal rendelkezik, a vörös tartományban (Q_y sáv) (660 nm), valamint a kék régióban (Soret sáv) (400-450 nm), míg a klorofill-b a klorofill a-hoz képest eltolt hullámhosszokon (640 nm, 425-475 nm), de szintén két abszorpciós csúccsal rendelkezik (Chen, 2014). A növényi fotoszintetikus pigmentek közül, a klorofillnak az abszorpciós maximumai a látható tartomány két vége felé jelentkeznek, ennek alapján az 500-600 nm közötti régiót minimális elnyelés jellemzi, ez a régió az úgynevezett zöld ablak. Az abszorpciós maximumok bizonyos mértékű eltérése a kivonáshoz használt különböző szerves oldószerek felhasználásból adódik. Torres et al. (2014) különböző oldószereket (aceton, aceton:víz (9:1 v/v), aceton:víz (8:2, v/v), dimetil-formamid (DMF), dimetil-szulfoxid (DMSO), etil-éter, hexán, metanol, toluol) alkalmaztak klorofill-a és összes karotinoid tartalom extrakciójához, majd vizsgálatához UV/VIS spektrofotométerrel, amely alapján a metanol bizonyult a leghatékonyabb kivonószernek.

A **karotinoidok**hoz tartoznak a karotinok és xantofillok. A karotinok szénhidrogének, legfontosabb tagjai a α-karotin, β-karotin, likopin. A xantofillok valójában a karotinok oxigént is tartalmazó származékai, legfontosabb képviselői a lutein, violaxantin, neoxantin, zeaxantin (Ouzounis et al., 2015b). Szerepük, hogy az elnyelt fényenergiát továbbítsák a klorofillok felé és védjék a fotoszintetikus apparátust a fotooxidatív hatásoktól (Stahl & Sies, 2003). A karotinoidok elnyelési maximumai 470 és 500 nm hullámhossz körüli értékeknél realizálódnak (Láng, 1998).

A fotoszintézishez mint fotokémiai reakcióhoz szükségesek a reakcióba lépő tagok, a folyamat részlépéseit katalizáló enzimek, valamint a fénymegkötéséhez szükséges fotoreceptorok. A növényekben a **fotoreceptorok** olyan pigment-fehérje komplexek (kromoproteinek), amelyekben a színt hordozó kromofor csoport a fehérjéhez kapcsolódik. A magasabb rendű növények többféle fotoreceptort használnak a fényviszonyok pontos érzékelésére az UV-B-től a távoli vörös hullámhossz tartományig (Möglich et al., 2010; Rizzini et al., 2011). Ezek a kromoproteinek különböző jelátviteli útvonalakat aktiválnak a fényfüggő válaszok és a kapcsolódó génkifejeződés szabályozása érdekében (Zoratti et al., 2014). A növények reakciója 390-500 nm hullámhosszú fényre széleskörű és három féle fotoreceptor osztály szabályozza: fototropinok (Christie, 2007), kriptokrómok (Chaves et al., 2011) és a Zeitlupe fotoreceptorok (ztl, fkf1 és lkp2) (Suetsugu & Wada, 2013). A **fototropinok** a növényi reakciók széles körét szabályozzák, többek

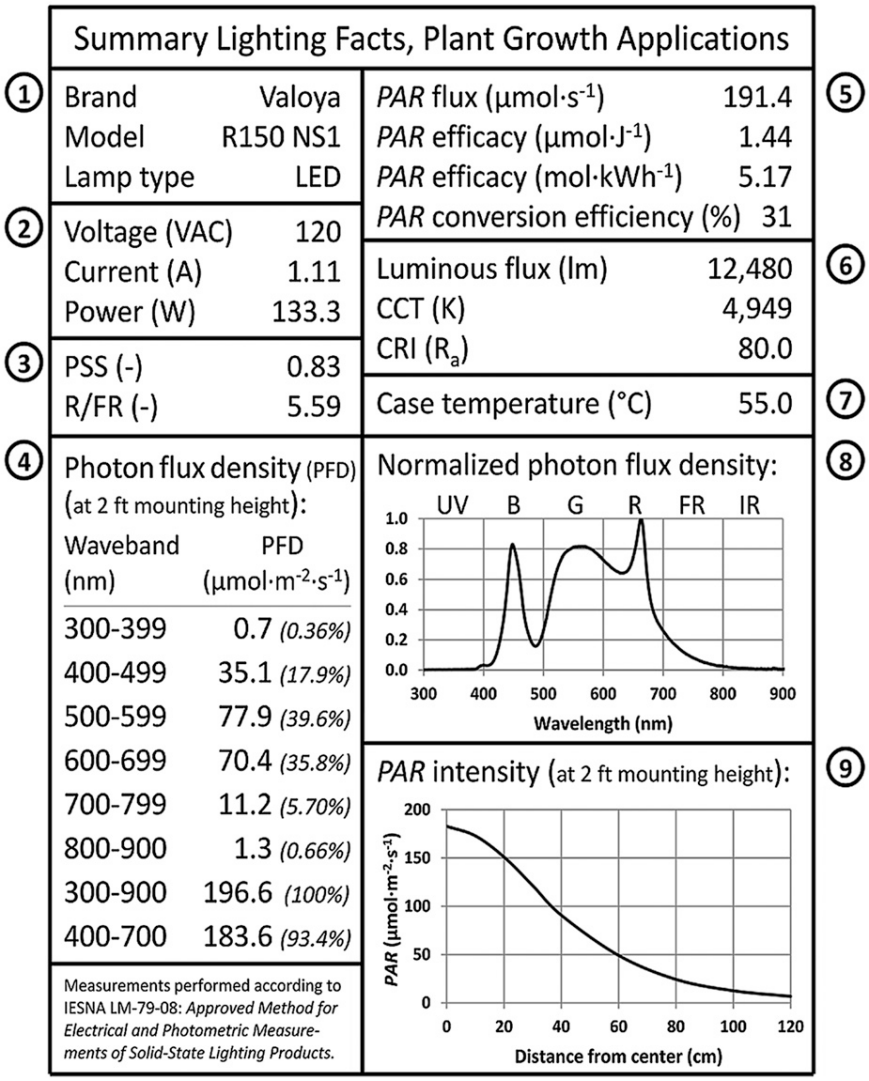
között a sztómák nyitását, a fototropizmust, a kloroplasztiszok mozgását, a levelek kiegyenesedését és a hipokotil megnyúlásának gátlását. A **kriptokrómok** a pigment szintézisben vesznek részt, irányítják a növény napi biológia óráját, a virágzást és a hipokotil megnyúlásának a gátlását (Davis, 2015). A **Zeitlupe** (ztl) fotoreceptor család tagjai fontos szerepet játszanak a növény napi biológiai órájának irányításában és a virágzás fotoperiodikus ellenőrzésében (Takase et al., 2011). A fitokrómok főként a 600-700 nm-es és a 700-750 nm-es fényre reagálnak (Chen & Chory, 2011). Képesek a zöld fény érzékelésére, melynek hatására akár deaktiválódhatnak is (Sellaro et al., 2010). A fitokrómok számos fotóbiológiai válaszért felelősek: fotoblasztikus magvak csírázásának megindítása vagy gátlása, hipokotil megnyúlás gátlása, csírázás során a csúcsi kampó megerősödése, levélnövekedés, virágzás ideje, növény napi biológiai órája irányítása, és klorofill bioszintézis. A növények nem csak egyféle fitokrómot tartalmaznak. Annak ellenére, hogy általában úgy tartják, hogy a fény távoli vörös tartományát képesek érzékelni, a fitokrómok a hullámhossz teljes spektrumából, többek között a kékből is képesek fényt megkötni (Davis, 2015).

Az **UV rezisztens lókusz 8** (UVR8) az UV-B hullámhosszú (280–315 nm) fényre reagál a fejlődési és egyben az UV-védelmi folyamatok szabályozása érdekében (Jenkins, 2014). Az UV-B fény hatására a növények számos pigmentet és egyéb másodlagos anyagcsere termékeket, szekunder metabolitokat hoznak létre, főleg flavonoidokat és antocianinokat (Rodriguez et al., 2014). Továbbá, az UV-B fény hatására a növények morfológiailag kompaktak maradnak, keményebb, robusztusabb leveleket fejlesztenek, a fűszer és gyógynövényekben megemelkedik az esszenciális olajok koncentrációja (Hikosaka et al., 2010; Jenkins, 2009, 2014; Robson et al., 2015).

A növényi fotoreceptorok fényelnyelési spektrumának ismeretén túl, számos egyéb tényező mérlegelésével lehet csak optimalizálni, hogy milyen megvilágítási rendszert érdemes telepíteni egy adott kertészeti kultúrához. A legfontosabb meghatározó tényezők a kiválasztott növényfaj (termesztési cél és környezeti igények), a termesztőberendezés (kialakítás, méret, stb.) és a termesztés-technológia. A megvilágítási rendszer megválasztásakor annak állandósági szerepét is figyelembe kell venni kiegészítő vagy állandó mesterséges megvilágításra van-e szükség. A növény szempontjából ugyanakkor világítástechnikai oldalról megközelítve fontos a besugárzás szöge, a fény spektrális összetétele és annak programozhatósága, továbbá a megvilágítás mértéke és annak szabályozhatósága. Gazdasági és egyéb szempontokból például a fényhasznosítás jelenleg is fontos energetikai jellemző (a fényáram és a felvett villamos teljesítmény hányadosa [lm/W]), amit érdemes figyelembe venni. Jelenleg ezen szempontoknak a legjobban a LED megvilágítás felel meg (Bourget, 2008).

A **LED** (*light-emitting diode*) félvezető anyagból készült fényt kibocsátó dióda, amelyben az elektromos áram a dióda anyagában levő atomok elektronjait gerjeszti, így azok magasabb energiaszintű elektronpályára lépnek, majd miközben visszatérnek eredeti energiaszintjükre, közben fényt bocsátanak ki (fényemittálás). A diódát egy parabolatükör veszi körbe, amely egy irányba tereli a fénysugarakat, majd egy a mechanikai védelmet szolgáló műanyaggal zárják le (Singh, 2009). A mai nagy teljesítményű LED-ek jellemzői, hogy keskeny spektrumú fényt bocsátanak ki, a kibocsátott fény színe, a LED félvezető anyagára jellemző, kevéssé melegszenek, hosszú élettartamúak, kis helyigényűek a hagyományos gázkisülő fényforrásokhoz képest (Bourget, 2008). A monokromatikus LED-ek spektrumát a hullámhossz paraméterekkel jellemzik: hullámhossz csúcs (λ_p) (spektrális sűrűséggörbe csúcsának hullámhossza), középhullámhossz ($\lambda_{0,5m}$) (a spektrum két végpontja közötti felező, a csúcs 50%-ának spektrális sűrűsége), centrid hullámhossz (λ_c) (átlag hullámhossz). Egy szimmetrikus spektrumnál a csúcs- és a középhullámhossz megegyezik, azonban figyelembe kell venni, hogy számos LED aszimmetrikus spektrummal rendelkezik. Ezeken kívül még a kolorimetrikus mennyiség alkalmazása is lehetséges: uralkodó hullámhossz (λ_d) (LED vizuálisan érzékelhető színe) (Arecchi et al., 2007).

A kertészeti gyakorlatban – geográfiai elhelyezkedéstől függően –, de elsősorban kiegészítő megvilágításként alkalmazzák a LED-eket. Számos előnye van a termesztésben korábban használt nagynyomású nátrium- (*high pressure sodium*, **HPS**), fémhalogén- (*metal halide*, **MH**) lámpákhoz és fénycsövekhez (*compact fluorescent lamp*, **CFL**) képest. A LED világítási rendszerek elektromos fogyasztása kedvező, kevésbé érzékenyek a feszültségváltozásra, ezért nagy üzembiztonság mellett hosszú távon biztonságosan üzemeltethetők, fényhasznosításuk jobb a fénycsövekkel összevetve. Alkalmazásuk gazdaságos, a méretükből és a diódák alacsony hőleadásából adódóan pedig egyszerűen telepíthetők akár a növényállomány közvetlen közelébe (Sipos et al., 2020, 2017a; Joshi et al., 2019; Poulet et al., 2014; Singh et al., 2015; Saito et al., 2010; Yeh & Chung, 2009; Kim et al., 2004a). Mindamellett, hogy a HPS lámpák alacsony vörös/távoli vörös arányt és nagyon csekély mennyiségben tudnak csak kék spektrumot biztosítani – amelyek a levelek és hajtások megnyúlásához vezetnek – (Pinho et al., 2012) a legfőbb oka, hogy a termesztőlétesítményekben a korábban kialakított megvilágító-rendszereket még nem váltották le az, hogy a rendszerek teljes cseréjének komoly költségvonzata van (Nelson & Bugbee, 2014). A világítótestek kiválasztását tovább nehezíti, hogy a gyártók kevés kertészeti szempontból hasznos információt osztanak meg a vásárlókkal. Erre vonatkozóan már születtek javaslatok, a szükséges információk feltüntetésére a kertészeti megvilágítási eszközökön mutat példát a 6. ábra. További probléma, hogy radiometriai, fotometriai, illetve kertészeti szempontból más-más mértékegységek a fontosak (1. táblázat).



6. ábra: Javasolt címke a kertészeti világítási eszközökre ((-) dimenzió nélküli arány), ahol (1) lámpa információk, (2) elektromos működésre vonatkozó jellemzők, (3) spektrális tulajdonságokra vonatkozó értékek, (4) Fotonáramsűrűség (PFD) a világítótestet jellemző hullámhosszokra lebontva (főleg PAR tartományra), (5) lámpa teljesítményére és hatékonyságára vonatkozó információk (6) az emberi látásra kiható jellemzők használat közben, (7) a LED panel hőmérséklete egy reprezentatív pontban mérve, (8) normalizált PFD 300–900 nm hullámhossz tartományban, (9) PAR intenzitása a lámpa alatt mérve fix rögzítési magasságban (60 cm) (forrás: Both et al., 2017)

1. táblázat: A radiometriában, fotometriában és kertészeti világítástechnikában alkalmazott elektromágneses sugárzásra vonatkozó mennyiségek és mértékegységük (forrás: Sipos et al., 2020)

Radiometria		Fotometria		Kertészeti világítás	
Mennyiség	Mérték -egység	Mennyiség	Mérték-egység	Mennyiség	Mérték-egység
Energiaáram	W	Fényáram	Lumen [lm]	Fotoszintetikus fotonáramlás (PPF)	µmol/s
Besugárzás	W/m^2	Megvilágítás	Lux [lx] (lm/m^2)	Fotoszintetikus fotonáram sűrűség (PPFD)	$\mu mol/s/m^2$
Sugárerősség	W/sr	Fényerősség	Candela [cd] (lm/sr)	Fotoszintetikus foton intenzitás eloszlás (PPID)	µmol/s/sr
Sugárzási hatékonyság	%	Fényhasznosítás	lm/W	Fotoszintetikus foton hatékonyság (PPE)	µmol/J

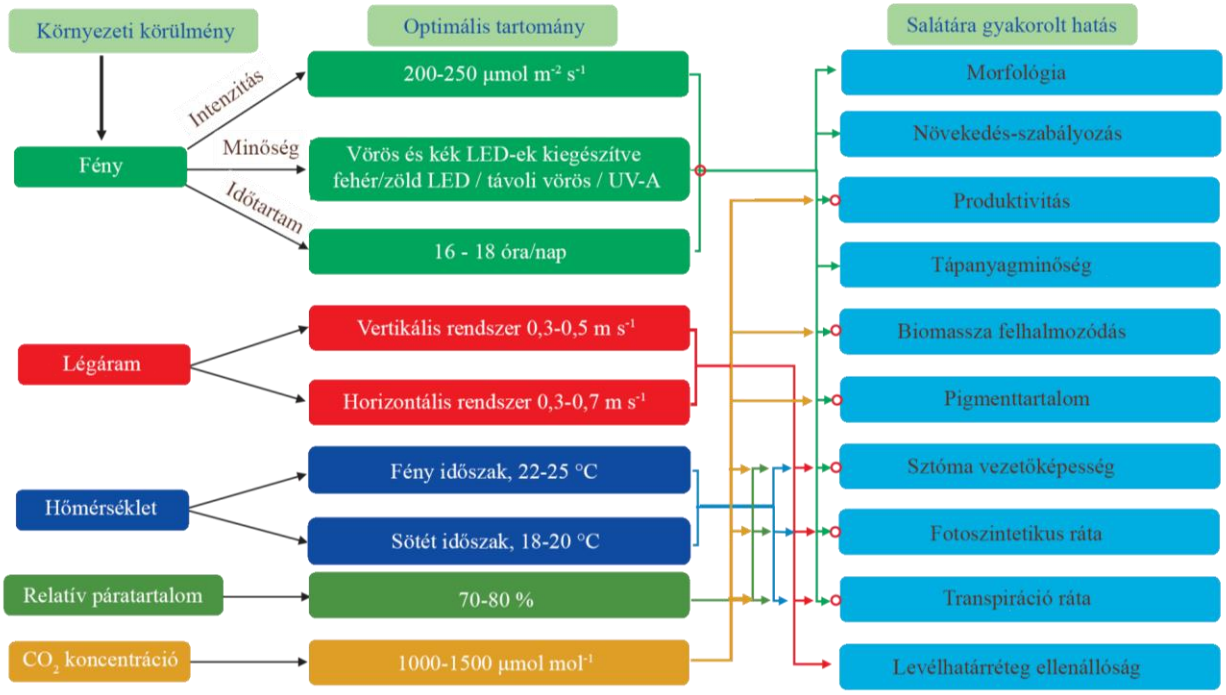
Fontos kiemelni, hogy a termesztési célnak megfelelő minőségi növényanyag előállításához a növény igényeit kell figyelembe venni és a megvilágítási programokat úgy kell optimalizálni, hogy a hullámhossz a fotoreceptorok számára minél inkább hasznosítható legyen így a metabolikus növényi reakciók célzottan irányíthatóvá válhatnak (Morrow, 2008), amivel a mennyiségi és minőségi paraméterekre pozitív hatást gyakorolhatunk (Darkó et al., 2014). Az ehhez szükséges fényrecept három alapinformációt kell tartalmazzon: (1) a spektrális eloszlást, (2) a megvilágítás intenzitását (PPFD-ben kifejezve ($\mu mol/m^2/s$)) és (3) a fotoperiódus hosszát (két utóbbi kifejezhető a DLI értékkel ($mol/m^2/nap$)) (Ombódi & Boros, 2020). A helyesen tervezett LED megvilágítási rendszer jóval hatékonyabb termelést tesz lehetővé, és kiszélesíti a termesztési szezont (Bourget, 2008). A kizárólag csak LED-re alapozott új világítási technológiák napjainkban már ki tudják elégíteni a növények fényigényét, sőt adott hullámhosszokkal kiegészíthető a fény az egyes fejlődési szakaszok során. A mesterséges megvilágítási rendszerek közül a LED-ek biztosítják a legmagasabb PAR hatékonyságot (80-100%). A LED-ek hasznosítása természetesen rendszerszintű megközelítést igényel, mely túlmutat a megvilágításon (Sipos et al., 2020).

Tisztán technológiai oldalról vizsgálva a legtöbb feltétel biztosított, viszont a növényfajok fajtáihoz, valamint a hozzájuk köthető termesztéstechnológia rendszerekhez igazított fényrecepteket részletező kutatások, ökonómiai vizsgálatok hiányoznak ahhoz, hogy a LED-ek mindennapi használata elterjedjen a kertészeti kultúrákban. Ezen vizsgálatokat megalapozná a növénytermesztésben alkalmazott LED alapú világítórendszerek növények szempontjából elsődlegesen fontos paramétereinek meghatározása és a világítórendszerek növényszempontú értékelése.

2.2.2. Mesterséges megvilágítású növénytermesztő rendszerek

A LED-eknek – mint mesterséges megvilágításnak – a zárt termesztő-rendszerekben, az úgynevezett **mesterséges megvilágítással rendelkező növénygyár**akban (*Plant Factory with*

Artificial Lighting, PFAL) a legnagyobb a jelentősége (Kozai & Niu, 2020a; Ombódi & Boros, 2020). Országonként és régionként más-más elnevezéssel is találkozhatunk (*plant factory (Ázsia), vertical farm (Európa), indoor agriculture (USA)*), melyek ugyanazt a technológiát és annak célját foglalják magukba (Butturini & Marcelis, 2020; Fukuda & Wada, 2019). Kialakulásuk az 1980-as években Japánban kezdődött azzal a céllal, hogy olyan külső körülményektől független, zárt termesztési rendszerben termesszenek, ahol a környezeti tényezők (hőmérséklet, páratartalom, fény, CO_2, tápoldat) folyamatos ellenőrzés és kontroll alatt állnak, ezáltal optimalizált és folyamatosan biztosított a növényfejlődés (Goto, 2012; Kozai et al., 2015; Pennisi et al., 2019a). Az ilyen rendszerekben felügyelet alatt tartott, komplett környezeti kontrollra van szükség (Sipos et al., 2020). A termesztők munkáját segítheti a távoli vezérlés (*farming-from-afar systems; farm management information system*, **FMIS**, *internet of things*, **IoT**) (Saiz-Rubio & Rovira-Más, 2020; Li et al., 2019; Al-Kodmany, 2018). A környezeti hatások optimális tartományok és azok hatása a saláta növényre összetett folyamat, viszont az egyes tényezők hatásai egyértelműen azonosíthatók, amelyeket a következő ábra foglal össze (7. ábra).



7. ábra: A környezeti körülmények és optimális tartományuk a saláta számára egy mesterséges megvilágítású zárt rendszerben (piros kör jelzi a környezeti tényezők közötti szignifikáns interakciót)(forrás: Ahmed et al., 2020 (8. ábra))

A mesterséges megvilágítással rendelkező növénygyárak száma 2018-ban meghaladta az 500-at, és világszerte további térnyerése várható (Kozai, 2018). Úgy tervezték, hogy maximalizálják a termelési sűrűséget, a termelékenységet és az erőforrás-felhasználás hatékonyságát (Kozai, 2013). Jelenleg az ilyen rendszerek beruházási- és a termelési költségei is nagyon magasak. Egyelőre a megtérülési kényszer miatt az alkalmazható növénykultúrák a viszonylag alacsony fényintenzitást (általában <250 µmol/m^2/s) és helyet (<50 cm a polcok közötti

távolság) igénylő levélzöldségekre (saláta- és káposztafélék, mizuna, rukkola), fűszernövények (bazsalikom), kisebb gyökérzöldségek és gyógynövények (répa-, retekfélék, ginzeng, japán angélika) és szamóca termesztésére alkalmazzák. Továbbá ide tartoznak az első lombleveles állapotban betakarított növények is, közismert nevükön a mikrozöldek (*microgreens*) (Koga, 2016; Kozai & Niu, 2020b; Stanghellini et al., 2019; Wright, 2016). Megtérülési ideje és gazdaságossága vitatott. Kozai & Niu (2020a) 2014-es Japán adatokra alapuló számításai alapján egy mesterséges megvilágítással rendelkező növénygyár bekerülési értékének fele megtérül egy év alatt. Ezen felül 80-100 grammos salátafejek esetén egy év alatt százszor több fejet tudnak termelni, mint szabadföldi termesztés esetén és tizenötször többet, mint üvegházban. Graamans et al. (2018) 1 kg saláta szárazanyag előállításához szükséges energia egy növénygyár esetében 247 kWh, ami jóval magasabb, összevetve – régiótól függően – az üvegházi termesztéssel (70, 111, 182, 211 kWh). Ebből látható, hogy a növénygyárak a mesterséges megvilágítás miatt nagyobb energiafelhasználásra van szükségük, viszont számos más előnyt is kínálnak, úgy, mint állandó és jól tervezhető erőforrás igényt, állandó minőségű termés mennyiséget. A működési költségek csökkentésére megoldás lehet a LED-ek használatán túl a robotika (teljes automatizálás) használata mind a vetéshez, mind pedig a termesztés során folyamatosan (Shimizu et al., 2016).

Ennek a rendszernek a létjogosultságát fokozza, hogy a világ népessége folyamatosan növekszik, és a Föld eltartó képessége pedig csökken (Despommier, 2011). Miközben az urbanizáció tovább folytatódik és 2030-ra a népesség 60%-a, míg 2050-re 68%-a városokban fog élni (United Nations, 2018). A globális felmelegedés mellett komoly feladat elé állítja a mezőgazdaságban dolgozókat és a friss-piaci termékek előállítóit (Marks, 2014). A termesztés során cél, hogy a egész évben közel a vásárlókhoz, a városban, vagy közvetlen közelében valósuljon meg. Ezáltal amellett, hogy frissebb termékeket kaphatnak, a szállítási költségek is csökkennek és a műtrágya- és a peszticid használat is csökkenthető (Fischetti, 2008).

2.2.3. Növénymegvilágítási kutatások

A megvilágítás intenzitása és a különböző hullámhosszúságú mesterséges fényforrásokkal végzett kísérletek már a 20. század elején megkezdődtek és azóta is igen nagy számban publikáltak eredményeket. A változatos fényforrások, változatos fajták és a növényanyag előállítás szempontjából fontos alapanyagok használata ellenére nehezen összehasonlítható eredmények születtek. Természetesen ezek az eredmények hozzájárultak a technikai és tudományos területen történő fejlődéshez. Számos kísérlet számol be megvilágítási programok optimalizálásáról különböző haszonnövények esetében, ahol minden esetben a növények stimulálásán keresztül a biokémiai folyamatok megváltoztatása a cél.

A rendkívül gyors fénytechnikai, informatikai fejlesztések következtében jelentősen megváltozott a LED-eket alkalmazó kutatások iránya. A kezdeti kutatások az egyes hullámhossz-

tartományok hatására adott vegetatív paraméterek változását vizsgálták. Később jóval összetettebb kutatási célok kerültek a fókuszba: növényspecifikus megvilágítási programok fejlesztése, az oltásra gyakorolt hatás vizsgálata, a fotoszintézishez használt a fényhasznosulás hatékonyságának elemzése, fitonutriensek mennyiségi változásainak nyomon követése, aroma és a zamat érzékszervi profilok változása, tárolásra való érzékenység vizsgálata, génkifejeződés mérése. Az elmúlt években számos átfogó leíró jellegű tanulmány jelent meg (Sipos et al., 2020; Bantis et al., 2018; Singh et al., 2015; Yeh & Chung, 2009).

Doktori témámban specifikusan a salátával (*Lactuca sativa* L.) foglalkozom, ennek megfelelően részletesen a salátákkal kapcsolatos LED-es kutatásokat mutatom be. A nemzetközi kutatási eredményeket a különböző hullámhossztartományok alapján rendszerezetten veszem sorba.

Az UV sugárzás hatása a levél-morfológiára már palántanevelés korai szakaszában megmutatkozik (Wargent et al., 2011), és a vörös színű saláta színesedéséhez elengedhetetlen (Shioshita et al., 2007). Li & Kubota (2009) baby leaf salátával végzett átfogó tanulmányában arra jutottak, hogy a fehér fénycsőhöz képest a kiegészítő UV-A LED megvilágítás alkalmazása elősegíti az antocianinok képződését, ugyanakkor a szár növekedését lassítja. Ebisawa et al. (2008a) vizsgálta a nappali, fénycsővel történő megvilágítás mellé alkalmazott éjszakai kiegészítő megvilágítás hatását. A vörös levelű saláta fajtában az éjszakai UV-B megvilágítás nem különbözött a kontroll – kiegészítő megvilágítást nem kapó – növényektől, viszont a kék és UV-B együttesen történő alkalmazása esetén szignifikánsan magasabb volt LsFLS (flavonol szintáz) gén expressziója.

Caldwell & Britz (2006) az UV-A mellé kiegészítő megvilágításként alkalmazta az UV-B sugárzást, ami a zöld levelű fajtákban serkentette, míg a vörös levelű fajtákban csökkentette a karotinoidok (neoxantin, lutein, β-karotin) valamint a klorofill-a és -b mennyiségét. Az UV-A és UV-B sugárzás mennyiségi emelése hozzájárul a saláta tömegének csökkenéséhez, az antioxidáns-kapacitás, a fenol-tartalom, a flavonoid-, a cianidin-glikozid-, a kvercetin-glikozid (ami a vörös levelekben tízszer magasabb volt, mint a zöldekben), a luteolin, a kávésav koncentrációjának emelkedéséhez (García-Macías et al., 2007). 'New Red Fire' vörös levelű salátán végzett kísérletben egyértelművé vált, hogy az UV-B a flavonoid-képződésre jóval nagyobb jelentőséggel bír, mint az UV-A sugárzás (Krizek et al., 1998). Rodriguez és munkatársai (2014) UV-B-vel történő megvilágítási kísérletei során arra következtettek, hogy 5 napon át, napi félórás besugárzással elérhető, hogy serkentsék a flavonol és antocianin szintézist, ezáltal a növények vörös színe biztosítható pár napon belül méretcsökkenés (levélterület, tömeg) nélkül.

Az UV-C hatását a mikrobiológiai szennyezők csökkentéséhez alkalmazzák, amivel a saláta pulton tarthatósága (*shelf life*) fokozható. Ehhez eltérő dózisban sugározták be a növényeket,

vagy a mosóvizet 254 nm, 260 nm vagy 277 nm hullámhosszúságú higanylámpa (*low pressure mercury,* **LPM**), LED vagy egyéb UV-C lámpa segítségével. A kísérletekben a *Botrytis cinerea* L. (Vàsquez et al., 2017), *Salmonella typhimurium* (Jahid et al., 2014), *Listeria monocytogenes, Salmonella enterica* (Collazo et al., 2019), *Escherichia coli* O157:H7 (Green et al., 2020), *Enterobacter cloacae, Enterobacter asburiae, Erwinia carotovora* ECC71, *E. coli* RecA^{-} HB101 és RecA^{+} MC4100, *Escherichia vulneus, Escherichia hermannii, Leuconostoc carnosum, Pantoea agglomerans, Pseudomonas fluorescens* Biotype G és A, *Pseudomonas corrugata, Pseudomonas putida* C552, *Pseudomonas tolasii, Rahnela aquatilis, Salmonella typhimurium, Serratia ficaria, Serratia plymuthica, Serratia liquefaciens, Yersinia aldovae* (Allende et al., 2006) patogének UV-C besugárzással szembeni ellenállóságát, illetve a növények kórokozókkal szemben mutatott ellenállóságára gyakorolt hatását vizsgálták, ahol az összes besugárzási dózis (1,18; 2,37; 7,11 kJ m^{-2}) hatékony volt a termék természetes mikroflórájának csökkentésében.

A PAR tartományban világító LED fényforrásokkal jóval több kutatási eredmény született, bár nagyon változatos megvilágítási rendszerrel, besugárzási egységgel és növényanyaggal dolgoztak. A legtöbb publikációban általában hideg fehér fénycsőhöz kiegészítő megvilágításként alkalmazták a LED fényforrást, és következtettek az adott hullámhossz-tartomány növényekre gyakorolt hatására. Továbbá bebizonyosodott, hogy a PPFD mértékének és a vörös-kék fénymennyiség arányának is jelentősége van a növényfejlődésre.

A **kék fény** olyan környezeti jel, ami szabályozza a fototropizmust, csökkenti a szár-megnyúlást, kloroplaszt- és sztóma-mozgást, valamint a sejtmembrán transzport aktivitását (Kopsell et al., 2015). Li & Kubota (2009) arra jutott, hogy a hideg fehér fénycsövek mellet alkalmazott 476 nm kék LED hatására emelkedett az antocianinok- és a karotinoidok (xantofill és a β-karotin) koncentrációja a salátában. Hasonló eredményre jutottak Ebisawa et al. (2008a), miszerint a nappali fehér fénycsővel történő megvilágítás mellé éjszaka **vörös, illetve kék** fénnyel világították meg a salátákat. A vörös levelű salátákban a LsFLS gén expressziója a kék fény hatására szignifikánsan emelkedett a levelekben a vörös fénnyel kezelt, illetve kontroll növényekhez képest, melyekben közel azonosmértékű volt a génexpresszió. A kvercetin mennyisége a levelekben a kék fény hatására jelentősen emelkedett a kontrollhoz képest, illetve a kék+UV-B hatására tovább nőtt, amely a zöld levelű tépő- és vajfejsaláta esetében is hasonlóan alakult. Hasonló kísérlet során az antocianin-tartalom emelkedését vizsgálták kék+UV-B éjszakai kiegészítő megvilágítás hatására. Minél idősebb korban kezdték meg az egyhetes kezelést, annál magasabb volt a növényekben az antocianin mennyisége (Ebisawa et al., 2008b).

Mivel a **vörös és kék** fénynek jelentős hatása van a fotoszintézisre, több kutatásban is együttes hatását és megfelelő **arányát** vizsgálták. Pennisi et al. (2019b) saláta csíranövényeken vizsgálták a vörös:kék (R:B) LED megvilágítás arányát (1/2, 1, 2, 3, 4) a fénycsőhöz (R:B=1)

viszonyítva. A legjobb eredményt a mért paraméterek esetében a R:B=3 arányú beállítás biztosította, ahol a legmagasabb volt a hozam, emelkedett a klorofilltartalom, a flavonoidok koncentrációja, valamint a nitrogén, a foszfor és a magnézium felvétele.

A vörös-kék, vörös-kék-fehér LED és fénycső alatt termesztett vajfej saláta vizsgálatakor Lin et al. (2013) arra jutottak, hogy a friss- és száraz tömeg a vörös-kék-fehér, fénycső esetében szignifikánsan magasabb volt, mint a vörös-kék esetén. Szignifikánsan magasabb volt az oldható cukor és alacsonyabb a nitrát mennyiség azokban a növényekben, melyek vörös-kék-fehér LED alatt növekedtek. A klorofill-, karotinoid- és oldható fehérje tartalmát tekintve a különbségek nem voltak jelentősek.

Egy a természetet modellező kísérletben a Nap spektrumát szimulálták (PFD arányában: 5% UV-A, 20% kék, 26% zöld, 26% vörös, 23% távoli vörös spektrum) LED lámpákkal, melyet összevetettek különböző vörös:kék arányú LED-ekkel és fénycsövekkel, nagyjából azonos PPFD érték mellett. Ennek alapján a vörös:kék 20:80, 50:50, 80:20 arányú kezelésben részesült salátákban az összes-fenoltartalom, antocianin koncentráció magasabb volt, mint a Nap, 100:0, 0:100 kezelésűeknél, valamint morfológiailag is jobban hasonlítottak egymásra (Spalholz et al., 2020).

A **zöld** fény a lombkorona mélyebb rétegeibe is képes eljutni, ahol szintén képes növényélettani válaszokat indukálni és szabályozni. A sztómák nyitottságának optimalizálása révén elősegíti a lombozat vízfelhasználás hatékonyságát, valamint a szén-megkötését, közvetetten pedig hozzájárul a termésmennyiség fokozásához. Ezek a természetben is megfigyelhető folyamatok, indokolják a termesztési körülmények között való alkalmazását is a megvilágítási programokban (Smith et al., 2017). A zöld fénnyel történő megvilágítás hatása a saláta minőségi paramétereire nagyban függ a kék fény mennyiségétől (Meng et al., 2020). A nitrát- és nitrit-reduktázokhoz kapcsolódó génexpresszió és a nitrát asszimilációs enzimaktivitásra befolyással van a fény spektrális összetétele, valamint a folytonos megvilágítás hossza. A hozzáadott zöld fény a glutamát-szintáz és a glutamin-szintetáz aktivitást is szignifikánsan növelte. A vörös:kék:zöld 4:1:1 arányú 48 órás megvilágítás alatt az aszkorbinsav, oldható cukor és -fehérje mennyisége is jelentősen emelkedett, míg 24 órás besugárzás hatására csak az aszkorbinsav mennyisége volt szignifikánsan magasabb, csakúgy, mint a 24 és 48 órás vörös:kék:zöld 1:1:1 arányú megvilágítás esetében (Bian et al., 2018a). Egy másik kutatásukban arra is rámutattak, hogy több mint 24 órás megvilágítás csökkenti a fotoszintetikus aktivitást, viszont a zöld kiegészítő megvilágítás elősegítette az antioxidatív enzimek aktivitását. Segítette a karbon-fixációhoz szükséges elektron transzportot, így a salátanövekedést is. A zöld fény képes fokozni a PsbA génexpressziót, mikor a linkomicin akadályozza a PSII helyreállítását a D1 fehérjeszintézis

gátlásával. A zöld fénynek a fénystressz ideje alatt jelentős szerepe van a fotoszintézis elősegítésében (Bian et al., 2018b).

Amikor a vörös és kék spektrum mellé zöld fényt alkalmaztak kiegészítő megvilágításként salátáknál kiderült, hogy kis mennyiségű besugárzás – az összes PPFD 5%-át adó (6 µmol m^{-2} s^{-1}) – nem okozott jelentős változást a fotoszintézis mértékében, a növények növekedésében vagy a klorofill mennyiségében (Kim et al., 2004b). Amikor már az összes PPFD 24%-ával (36 µmol m^{-2} s^{-1}) egészítették ki, abban az esetben fokozódott a növekedés és élénkebb zöld színt mutattak a saláták a kiegészítő zöld fény hatására (Kim et al., 2005).

A **sárga fény** hatásáról kevés kutatás számol be, amely annak is következménye, hogy sok esetben a zöld fénnyel együtt az 500-600 nm tartományban vizsgálják és az eredményeket együtt prezentálják. Dougher & Bugbee (2001) arra a következtetésre jutottak, hogy az arra érzékeny növények – többek között a saláta – esetében a sárga fény a növekedést lassítja azáltal, hogy a klorofill és a kloroplaszt képződést visszafogja. Liu et al. (2018), amikor a sárga (590 nm) fényt kizárta a megvilágítási programból, akkor a klorofill-a és -b mennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll esetében, vagy a zöld (520 nm) vagy a lila (402 nm) tartomány kizárásakor, így arra a következtetésre jutottak, hogy a fotoszintetikus pigmentekre a zöld fénynek volt a legjelentősebb hatása. Ugyanakkor az oldható cukor-tartalom emelhető a növényekben a sárga fény mennyiségének csökkentése és mérsékelt mennyiségű lila fény hozzáadásával.

A **vörös fény** önmagában nem képes biztosítani a saláta megfelelő növekedését (Yorio et al., 2001), mindazonáltal Yanagi et al. (1996) kísérletében a vörös fény alatt nevelt növények több levéllel rendelkeztek mint a kék alatt neveltek, viszont elmaradtak a vörös és kék fény alatt neveltektől. Természetes megvilágítású üvegházakban a HPS mellé kiegészítő megvilágításként alkalmazva a vörös (λ=638 nm) fény hatására a vörös és zöld levélszínű baby leaf salátákban csökkent a nitrát-tartalom, viszont növekedést generált a halványzöld levelű salátákban (Samuoliene et al., 2011). Zöld levelű fajták esetében az összes fenolos-vegyület, tokoferolok, cukrok koncentrációja és az antioxidáns kapacitás emelkedett de az aszkorbinsav koncentráció csökkent (Samuoliene et al., 2012).

A **távoli vörös** (*far red,* **FR**) fény hatására csökken az antocianinok és karotinoidok a klorofill koncentráció (Li & Kubota, 2009). A vörös fény mellé adott távoli vörös fény hatására csökkent az antocianin-tartalom és az antioxidáns potenciál, ugyanakkor levélmegnyúlás figyelhető meg, amivel kapcsolatosan emelkedett az összbiomassza termelés (Stutte, 2009). A kék és vörös beállítás mellett kiegészítőleg alkalmazott távoli vörös fény elősegíti a növények növekedését (Lee et al., 2016).

A nemzetközi eredményeket egy külön összefoglaló táblázatban mutatom be, amelyben a kutatások fénytani körülményeit, a vizsgált saláta fajok fajtáit, a kiváltott produkcióbiológiai hatást

összegzem a források megjelölésével. A táblázat összeállításánál követtem a nemzetközi irodalmi feldolgozások ajánlását, így a hullámhossz-tartományok alapján rendezve mutatom be az eredményeket (M4. melléklet: 24. táblázat). Az összefoglaló táblázat alapján egyértelműen megállapítható, hogy a kísérletekben nagyon kis számban fordul elő azonos salátafajta ('Multired 4', 'Multigreen 3', 'Multiblond 2' (Samuoliene et al., 2011; Samuoliene et al., 2012a, 2012b); 'Sunmang' (Lee et al., 2016; Son & Oh, 2015); 'Outredgeous' (Mickens et al., 2018; Stutte et al., 2009)), vagy azonos termesztő berendezés, növény előnevelési módszer, növénykiosztás, öntözési mód, alkalmazott tápoldat, illetve azonos tulajdonságokkal rendelkező és ugyanúgy elhelyezett LED-ek. A megvilágítási programoknál az alkalmazott LED-ek a hullámhossz-csúccsal kerültek specifikálásra, valamint a LED-ek által kisugárzott vagy a LED világítórendszerek által sugárzott PPFD érték került megadásra, amik ismeretében még nem lehetséges azonos kísérlet felállítása.

2.3. A saláta élelmiszer-biztonsági kockázatai, fitonutriensei, érzékszervi paraméterei

2.3.1. A saláta élelmiszer-biztonsági kockázatai

A táplálkozás során a hasznos tápanyagok, ásványianyagok és vitaminok mellett káros anyagokat is bejuttatunk szervezetbe (vírusok, baktériumok, gombák, nehézfémek, peszticidek, kemikáliák, szekunder és tercier metabolitok). A leveles zöldségek esetében a szennyeződések élelmiszerbiztonsági kockázati tényezők, mivel általában nyersen fogyasztják főzés nélkül (U.S. Public Health Service & Food and Drug Administration, 2013). Az élelmiszer-biztonság vált a salátaipar fejlődésének sarkalatos pontjává.

A termesztőknek a termesztés és áruvá készítés során a hazai- és nemzetközi szabályozásokon túl, a feldolgozóipar átvételi kritériumait is szem előtt kell tartania. Mivel Magyarországon az élelmiszer-előállításban résztvevők számára kötelező a veszélyelemzés és kritikus ellenőrzőpontok (*Hazard Analysis Critical Control Points,* **HACCP**) rendszerek működtetése, ezért ennek megfelelően általában az Angol Kiskereskedők Konzorciuma (*British Retail Consortium,* **BRC**), a Nemzetközi Élelmiszer Szabvány (*International Food Standard,* **IFS**) és az ISO 22000 szabványok és a kapcsolódó előfeltételi programokban (ISO 22002-x) leírtak szerint szervezik saját működésüket. Ehhez szorosan kapcsolódik az áru nyomon-követhetősége, amihez az átvételkor a beérkezési súlyon túl, szúrópróba-szerűen vizsgálják a zöldségek állapotát minőségi- és mennyiségi paraméterek figyelembevételével. Vannak-e, és ha vannak, akkor mekkora mértékben: rovarok/idegen anyagok, föld szennyeződés, ládák és termékek tisztasága, termékhibák, kísérő információkat tartalmazó etikett, csomagolás vagy termékserülés; termékre nem jellemző elszíneződés, deformáció; egyéb kockázatok: rothadás, penész. Ezek alapján meghatározható a valós felhasználható mennyiség és annak feldolgozhatósági határideje, illetve

az eredménytől függően reklamációval élhetnek vagy akár meg is tagadhatják a termék-átvételét. Minden egyes fajra, amely egy fogyasztásra kész (*ready-to-eat,* **RTE**) salátaterméket készítő üzemben felhasználásra kerül, külön úgynevezett nyersanyag specifikációt alkalmaznak, amely alapján a termesztő ellenőrzi a termékét még a beszállítás előtt. Ez tartalmazza a kívánatos küllemi megjelenést (fénykép mellékelésével), általános – például a beszállított nyersanyag megfelel a helyi és az EU jogszabályoknak a termék mikrobiológiai állapotát és szermaradványt illetően, nincs magszár, idegen szagtól és íztől mentes –, valamint specifikus követelményeket – termék tisztasága, frissessége, fej mérete és érettsége, levélbarnulás –, azok elfogadható határértékeit – torzsahossz, maghőmérséklet, *Salmonella* spp., *E.coli* tolerancia stb. –, a beérkezési csomagolás típusát – göngyöleg típusa, csomagolási egység –, és különleges utasításokat a felvásárló részéről (Eisberg Hungary, 2020).

A szigorú feltételek kialakulásának fontos okai vannak, ami miatt az élelmiszer-biztonság fókuszában leggyakrabban a mikrobiális fertőzések állnak. A leggyakoribb kórokozók az Escherichia coli O157:H7, Salmonella enterica subsp. enterica, Typhimurium és a Staphylococcus aureus (Islam et al., 2004; Nou & Luo, 2010). Egy E. coli-val fertőzött saláta tétel visszahívása komoly károkat okozhat az egész ágazat számára. A 2019-es novemberi esetet követően Amerikában új címkézési szabályozást, a pontos termőhely megjelölést írták elő (USDA NASS, 2020). A Listeria monocytogenes baktérium ellenőrzése is különös figyelmet kap, mivel kimutatták friss salátán (Gunasera et al., 1995; Ho et al., 1986; Tang et al., 1994), más (levél)zöldségek esetében, illetve RTE előre csomagolt saláta mixekben (Koutsoumanis et al., 2020; Willis et al., 2020). A megfelelő mikrobiális állapot elérésének egyik kritikus pontja a megfelelő mosási eljárások alkalmazása. A késztermékben viszont az alkalmazott klorátok mennyisége maximálisan 0,01 mg/kg megengedett, viszont a jelenlegi maradékok nagyrészt a klórtartalmú fertőtlenítőszerek biocidként való használatából erednek (European Commission, 2017).

A megtelepedési kockázat csökkentése érdekében nélkülözhetetlen, hogy szabályrendszerű és higiénikus gyakorlatot folytassanak a termőföldtől az asztalig tartó folyamat – a termesztés, a feldolgozás, a tárolás és a forgalmazás – résztvevői, valamint a fogyasztók is tisztában legyenek a kockázat csökkentésének módjaival (Thakur et al., 2018). Fontos, hogy a termesztők a HACCP elvein alapuló eljárásokat hozzanak létre, mivel ők helyezkednek el az elsődleges termelés szintjén. A levélzöldségek folyamatos nyomon követhetősége alapvető fontosságú az élelmiszerbiztonság megteremtéséhez, ami multidiszciplináris megközelítést igényel (Gil et al., 2015).

A mikrobiológiai szennyezőkön túl a nitrát-mennyiség és a növényvédőszer maradványok vizsgálatát követelik meg a levélzöldségek esetében (EFSA, 2008). A **nitrát** önmagában nem különösebben veszélyes, de annak reakciótermékei már komoly figyelmet igényelnek (Santamaria, 2006), mivel a szájban található baktériumok segítségével és a nyállal enzimatikus

reakcióba lépve nitritté bomlik, ezt követően pedig szekunder, illetve tercier amino-vegyületekkel reagálva karcinogén N-nitrozo vegyületté alakulhat (Lijinski, 1999). Általánosan elfogadott, hogy az étkezés során bevitt nitrát mennyiségét csökkenteni kell, több kutatás leírja a nitrát bevitel lehetséges kockázatait (Bahadoran et al., 2018; Milkowski et al., 2010; Santamaria, 2006). Legismertebb nitráttal kapcsolatos úgynevezett kék betegség (methemoglobinémia) során a vér oxigénszállító képessége csökken, azáltal, hogy a szervezetben jelen levő oxidáló anyag (leggyakrabban a nitrát) a vérben található hemoglobin Fe(II) ionjával reakcióba lép és Fe(III) ion jön létre. Ez a forma a methemoglobin, mely a továbbiakban képtelen reverzibilisen megkötni az oxigént. Ez a folyamat az oxigén hatására is elindulhat, de sokkal lassabban, így a reduktáz enzim vissza tudja alakítani hemoglobinná az így létrejött methemoglobint (Fonyó, 2011). A felnőttek és a gyerekek kevésbé vannak kitéve a methemoglobinémia veszélyének, mint a csecsemők, ezt annak tulajdonítják, hogy az újszülöttek vérében magasabb a magzati hemoglobin, amely gyorsabban képes methemoglobinná alakulni, mint a nem magzati hemoglobin, ugyanakkor kevesebb reduktáz enzimmel rendelkeznek, ami a methemoglobint visszaalakítja hemoglobinná. A kisbabák fejlődésének kezdeti szakaszában elsősorban az ivóvíz, majd később a nyers zöldségek jelenthetnek kockázatot (Mensinga et al., 2003) Jelenleg nem állnak rendelkezésre olyan orvosi gyorsmódszerek, amely során a vérben található nitrát, illetve nitrit mennyiségét közvetlenül lehetne mérni, ezért a methemoglobin mennyiségét mérik vérből (ATSDR, 2011). A táplálkozás során a szervezetbe bevitt nitrát mennyiségének 80%-a nyers zöldségekből, 15%-a ivóvízből, 5%-a pedig állati eredetű termékekből és gabonából származik (EFSA, 2008; Hmelak Gorenjak & Cencič, 2013). A zöldségekben a nitrát az ehető részekben halmozódik fel (Liu et al., 2014), a levél- és gyökérzöldségek tartalmazzák a legtöbb nitrátot (Ahluwalia et al., 2016), ezek közül is a spenót és a saláta tartalmazza a legtöbbet (FSA, 2019).

A saláta hajlamos az emberi szervezet számára káros nitrát felhalmozására. A köztudatban ezt kizárólag a helytelen nitrogén-műtrágyázásnak tulajdonítják, pedig ebben a folyamatban számos egyéb környezeti tényező is fontos szerepet játszik, mint például a fény vagy a hőmérséklet. Korábbi tanulmányok kimutatták, hogy a salátafélék nitráttartalma negatívan korrelál a fotoszintézis aktivitással (Behr & Wiebe, 1992), ezért a nitrátkoncentráció növekszik a csökkentett fényintenzitás mellett (Blom-zandstra & Lampe, 1985). Egy újabb tanulmány rámutatott, hogy a levélzöldségekben a nitrátkoncentrációt jelentősen csökkenthető a betakarítást megelőző, rövid LED-es világítással történő rövidtávú kezelés hatására (Samuoliene et al., 2009). A nitrát mennyisége a zöld fény hatására 24 óra alatt mindkét fény-arány esetében jelentősen csökkent, míg 48 óra alatt csak a vörös:kék:zöld 4:1:1 esetében volt jelentős a különbség, habár a nitrát- és nitrit-reduktázok mennyiségének emelkedése az utóbbi esetben nem volt szignifikáns (Bian et al., 2018a). A korai, termesztéssel foglalkozó hazai szakirodalom is említi a

levélzöldségek nitrátfelhalmozó képességét és annak kockázatát, beszámolnak arról, hogy magas – 2500 mg NO_3^-/kg friss tömeg saláta feletti – értékeket mértek (Balázs et al., 2004). Az élelmiszer-adalékanyagokkal foglalkozó közös FAO-WHO szakértői bizottság (*Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives,* **JECFA**) és az Európai Bizottság Élelmiszerügyi Tudományos Bizottsága (*European Food Safety Authority,* **EFSA**) a nitrát- és nitrit ionokra vonatkozóan napi elfogadható beviteli értéket határozott meg: 0-3,7 mg NO_3^-/testtömeg kg-ot, 0-0,07 mg NO_2^- /testtömeg kg-ot. Az Egyesült Államok Környezetvédelmi Ügynöksége (*US Environmental Protection Agency,* **EPA**) referencia dózisként 7,0 mg NO_3^-/testtömeg kg-ot, illetve 0,33 mg NO_2^- /testtömeg kg-ot határozott meg (EFSA, 2017; ATSDR, 2017; JECFA, 2002). További szabályozások is születtek a nitrát-tartalomra vonatkozóan, többek között az Európai Bizottság (*European Commission,* **EC**) 1258/2011/EU rendelete (2011. december 2.) az 1881/2006/EK rendeletnek az élelmiszerekben előforduló nitrátok felső határértékei tekintetében történő módosításáról. Amelyekben többek között a nitrát mennyiségét is szabályozza a Bizottság a friss levélzöldség fajokra (spenót (*Spinacia oleracea*), saláta (*Lactuca sativa* L.)), hogy termesztési időszaktól, termesztési módtól, illetve salátatípustól függően mennyi nitrátot tartalmazhatnak maximálisan. Ennek alapján a felső határérték spenótban 2000-3500 NO_3^- mg/kg friss tömeg, salátában 2000–5000 NO_3^- mg/kg friss tömeg között változik (European Commission, 2011).

2.3.2. A saláta fitonutriensei, biológiailag aktív komponensei és érzékszervi tulajdonságai

Az Egészségügyi Világszervezet (*World Health Organization,* **WHO**) statisztikái, illetve a nemzetközi kutatások szerint az emberek egészségi állapota 73%-ban befolyásolható tényezőktől függ, melyek közül a legfontosabbak az életmód, a környezeti tényezők és az egészségügyi rendszer. Az egészség megőrzése érdekében fontos a kiegyensúlyozott táplálkozás, a különböző tápanyagok, vitaminok és ásványi anyagok bevitele. A zöldség- és gyümölcsfogyasztás többszintű közvetítő szerepet játszik az emberek egészségi állapota és testsúlya alakulásában, valamint számos betegség kialakulásának megelőzésében (gyomor-, bélrendszeri daganatok, szívbetegségek, egyes sztrókok). A 10 legfontosabb kockázati tényező csökkenő sorrendben: dohányzás, alkoholfogyasztás, magas vérnyomás, túlsúly és elhízás, magas koleszterinszint, fizikai inaktivitás, magas vérglükóz szint, alacsony gyümölcs- és zöldségfogyasztás, foglalkozási kockázat, tiltott droghasználat. A WHO ajánlásai alapján 400 gramm friss zöldséget és gyümölcsöt szükséges fogyasztani naponta (WHO, 2009, 2003).

A saláta (*Lactuca sativa* L.) széles körben termesztett és világszerte előszeretettel fogyasztott zöldségnövényünk, mindemellett azonban nem tekinthető tápanyagdús élelmiszernek, elsősorban magas víztartalma (~95%) miatt (Agüero et al., 2008). Miután a saláta rendszerint nyersen kerül fogyasztásra, így több tápanyagot őriz meg, mint azok, amelyeket megfőznek vagy feldolgoznak. Víztartalma magas, rostban gazdag valamint jól ellátott antioxidánsokkal, főleg

C-vitaminnal és polifenolokkal (Kim et al., 2016; Nicolle, 2004a; 2004b; Serafini et al., 2002). Az antioxidáns tartalom nagyon változatos lehet salátatípusonként, fajtánként, termesztési gyakorlatonként, továbbá függ a feldolgozási és tárolási körülményektől (Baur et al., 2004; DuPont et al., 2000; Lee & Kader, 2000). Zsírtartalma alacsony, főleg többszörösen telítetlen zsírsavakat (PUFA) tartalmaz, ami fontos az egészség megőrzéséhez. Az omega-3 és -6 zsírsavak (PUFA), a linolsav (LA), α-linolsav (ALA) esszenciális zsírsavak, melyeket a táplálkozás során szükséges elfogyasztanunk (Kaur et al., 2014). A jég-, a vajfej-, a római- és a zöld valamint a piros levelű tépősalátában a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége 0,7-1,6 mg/g friss tömeg közötti, ez a római salátában a legmagasabb (USDA, 2015a). Ezek mellett kis mennyiségben telített zsírsavakat is tartalmaz. A legfontosabb zsírsav a salátában az α-linolsav, ezt követi a linolsav, melyek 60-, illetve 20 %-át adják az összes zsírsavtartalomnak (Le Guedard et al., 2008).

A C-vitamin a piros levelű salátákban jellemzően magasabb koncentrációjú mint a zöld levelű fajtákban (Llorach et al., 2008). A flavonoidoknak a különböző betegségek kialakulásának megelőzésében van kiemelt szerepe, úgy, mint a keringési megbetegedések, rák, érelmeszesedés és más korhoz köthető megbetegedések (Erlejman et al., 2006; Hodgson & Croft, 2006). A saláta ezenkívül hozzájárul a fogyáshoz az alacsony zsír és kalóriatartalmának köszönhetően (Kaur et al., 2014). A vas mint a klorofil metallo-proteidjének szerkezeti központi eleme, fontos szerepet játszik a hemoglobin képződésében és az oxigén szállításában (Soetan et al., 2010). A WHO becsült adatai alapján 2 milliárd ember vérszegény, aminek nagyjából fele köthető vashiányhoz (Abbaspour et al., 2014). A folsav (B9-vitamin) hiánya esetén a DNS szintézis csökkent működésű tehát a sejtek funkciói, növekedése és fejlődése korlátozott (Mahmood, 2014; Krebs et al., 2009). A folsav csökkenti a születéskor fellépő megbetegedések kockázatát, úgy mint a nyitott gerinccel születést, ezért javasolják étrendkiegészítőként is a terhesség során (Rana, 2018; Taruscio et al., 2011), valamint az érrendszeri- és rákos megbetegedések kialakulásának csökkentésében is segíthet ilyen formában (Bailey et al., 2003). A C-vitamin elengedhetetlen a megfelelő anyagcseréhez, immun és antioxidáns funkciókhoz (Carr & Frei, 1999; Carr & Vissers, 2013; Said, 2004). Vízben oldható vitaminként, könnyen kiürül a szervezetből, ezért fontos a rendszeres napi pótlása (Gallie, 2013). A karotinoidok közül az α- és β-karotin és a β-kriptoxantin az A-vitamin provitaminjai. A β-karotin retinollá történő bio-konverziója hatékonyabb, mint az α-karotiné és a β- kriptoxantiné. Az A-vitaminnak fontos szerepe van a látásban, a reprodukcióban, embrionális fejlődésben és az immunfunkciók működéséhez (Institution of Medicine, 2000, 2001). A polifenoloknak magasabb az antioxidáns aktivitásuk, mint a C és E vitaminnak (Rice-Evans et al., 1997). Egyes fenolos vegyületek és zöldségek, amelyek tartalmaznak fenolos vegyületeket kedvező hatást mutattak az oxidatív stresszel, gyulladással, rákkal, diabétesszel, korfüggő neuro-degenerációval és kardiovaszkuláris megbetegedésekkel szemben (Aboul-Enein et al., 2013;

Cuevas-Rodríguez et al., 2010; Heber, 2004; Hertog et al., 1995; Huang et al., 2007; Kris-Etherton et al., 2002).

A saláta alacsony zsír-, kalória- és magas élelmirosttartalmának köszönhetően hozzájárulhat az egészséges táplálkozáshoz (Boros, 2017). A táplálkozás során a hasznos tápanyagok, ásványianyagok és vitaminok mellett káros anyagokat is bejuttatunk szervezetbe (vírusok, baktériumok, gombák, nehézfémek, peszticidek, kemikáliák, szekunder és tercier metabolitok). A továbbiakban a fito-nutrienseket és biológiai aktív vegyületeket mutatom be részletesen.

2.3.2.1. A salátában található jellemző vitaminok

Vitamintartalmát tekintve a tépő- és a római típusú saláták **folsav**ban gazdagabbak összehasonlítva a többi levélzöldséggel (Kim et al., 2016), elsősorban spenóttal, amelynek folsav tartalma 1,9 µg/g friss tömeg (USDA, 2015b). A római saláta összes-folsav tartalma 1,4 µg/g friss tömeg, míg a vajfej salátáé 0,7 µg/g friss tömeg, a jégsalátáé mindössze 0,3 µg/g friss tömeg (USDA, 2015b), Johansson et al. (2007) az utóbbi típus esetében hasonló értéket, 0,3-0,4 µg/g friss tömeg állapított meg. López et al. (2014) összes-folsav tartalomra 0,3-0,6 µg/g friss tömeg közötti értéket mért a római salátában, míg Wang et al. (2013) 2,2 µg/g friss tömeg mennyiséget mért ebben a salátatípusban. Johansson et al. (2007) zöld tépősaláta esetében 0,7 µg/g friss tömeg, piros levelű tépősaláta esetében pedig 0,9-1,3 µg/g friss tömeg mennyiséget mért, míg az USDA (2015b) adatai alapján mindkét típusban 0,4 µg/g friss tömegre vonatkoztatott összes-folsav található.

A piros levelű salátákban jellemzően több a **C-vitamin** és a fenolos vegyület, mint a zöld levelű fajtákban (Kim et al., 2016; Llorach et al., 2008). A C-vitaminok közül az aszkorbinsav az elsődleges C-vitamin forma a növényekben, ami mellett előfordul még a dehidro-aszkorbinsav is (Parsons et al., 2011; Benzie, 2003; Institution of Medicine, 2000). A két forma egyaránt rendelkezik vitamin aktivitással és egymásból reverzibilis átalakulásra késztethetők (USDA, 2015a). A vizsgált jég-, római-, tölgylevelű-, tépő- (lollo) salátafajtákban az aszkorbinsav aránya 57%, míg a dehidro-aszkorbinsav aránya 43% volt (Llorach et al., 2008). Aszkorbinsav elsődlegesen egy biológiailag aktív forma, de az L-dehidro-aszkorbinsav egy oxidatív termék, ami könnyen átalakul az emberi szervezetben aszkorbinsavvá. Ezért fontos, hogy mindkét formát lemérjék a C-vitamin aktivitás meghatározása esetében (Lee & Kader, 2000). López et al. (2014) hét salátafajtát vizsgált, a római típusú saláta C-vitamin tartalma 61-109 µg/g friss tömeg között alakult. (Nicolle et al., 2004b) tanulmányukban arról számolnak be, hogy batávia salátában 86-99 µg/g friss tömeg, a vajfej salátában 61-67 µg/g friss tömeg, és a tölgylevelű tépősalátában 71 µg/g friss tömeg mennyiségű C-vitamin volt. Llorach et al. (2008b) eredményei arról

tanúskodtak, hogy a jégsalátában 42 µg/g friss tömeg, a zöld római salátában 28 µg/g friss tömeg és a zöld levelű tépősalátában 195 µg/g friss tömeg, a piros tölgylevelű tépősalátában 146 µg/g friss tömeg és a piros levelű tépősalátában 117 µg/g friss tömeg mennyiségű C-vitamin volt. Az USDA (2015b) adatai szerint a jégsalátában 28 µg/g friss tömeg, vajfej-salátában 37 µg/g friss tömeg, a római salátában 40 µg/g friss tömeg, a piros levelű tépősalátában 37 µg/g friss tömeg és a zöld levelű tépősalátában 92 µg/g friss tömeg mennyiségű C-vitamin található, ami a spenóttal (281 µg/g friss tömeg) vagy a kelkáposztával (1200 µg/g friss tömeg) összehasonlítva alacsonynak mondható.

Az **E-vitamin** zsírban oldódik és összefoglaló neve négy tokoferol valamint négy tokotrienol vegyületek, melyeket α-, β-, γ-, δ- előtaggal jelölnek (Knecht et al., 2015; Survase et al., 2006). Ezen összetevők közül az α-tokoferol a leginkább biológiailag aktív és rendelkezésre álló E-vitamin forma (Institution of Medicine, 2000). A salátában az E-vitamin fő formái az α- és γ-tokoferolok. A vajfej saláta 2,1-7,5 µg/g friss tömeg, a batávia jégsaláta 2,5-7,6 µg/g friss tömeg és a zöld tölgylevelű saláta 2,4-7,4 µg/g friss tömeg mennyiségű E-vitamint tartalmaz (Nicolle et al., 2004b). USDA (2015b) adatai alapján a jég- és a fejes-salátában egyaránt 1,8 µg/g friss tömeg, a római salátában 1,3 µg/g friss tömeg, a tépősaláták esetében a zöld levelűben 2,2 µg/g friss tömeg, a piros levelűben pedig 1,5 µg/g friss tömeg mennyiségű E-vitamin található. Chun et al. (2006) az α- és γ-tokoferol mennyiségét vizsgálták, eredményeik alapján a jégsalátában 2,2 µg/g friss tömeg és 1,1 µg/g friss tömeg, a vajfej salátában 2,3 µg/g friss tömeg és 2,7 µg/g friss tömeg, a római salátában 5,5 µg/g friss tömeg és 3,6 µg/g friss tömeg, a zöld levelű tépősalátában pedig 3,1 µg/g friss tömeg és 7,4 µg/g friss tömeg mennyiségű α- és γ-tokoferol volt.

2.3.2.2. A saláta ásványianyag-tartalma

A különböző salátatípusok ásványianyag-tartalmát tekintve nagyon eltérő adatokkal találkozhatunk. Ez részben betudható az eltérő termesztési körülményeknek, éghajlati-, talajtani adottságoknak, évjárathatásnak, ugyanakkor a termesztett salátatípusok és fajták tulajdonságain túl a mintaelőkészítéstől és vizsgálati módszer is befolyásolhatja. Pinto et al. (2014) rámutattak, hogy a talajösszetételén túl a saláta fejlettségi állapotától is függ annak ásványianyag-összetétele.

Az emberi szervezet optimális működéséhez, a normál anyagcsere-folyamatokhoz elengedhetetlen a megfelelő víz- és elektrolittartalom fenntartása, így bizonyos ásványi anyagok nélkülözhetetlenek (2. táblázat). A nátrium (Na) a kálium (K) és a klór (Cl) fontos a folyadék és elektrolit egyensúly és a különböző metabolikus folyamatok működéséhez (Merrill & Chambliss, 2020; Soetan et al., 2010). A magas nátrium bevitelnek döntő szerepe van a magas vérnyomás kialakulásában, ezért erősen ajánlott a csökkentett fogyasztása (Lopez-Jaramillo et al., 2015; Neal, 2007).

2. táblázat: Ajánlott napi tápanyag bevitel és összehasonlításként 1 gramm friss salátában és spenótban található tápanyag mennyiség (n.a.: nincs adat). (Készült: Health Supplements Nutritional Guide, 2020;[**]USDA, 2020b; [*]Dietary Fiber Food, 2019; Kim et al., 2016 alapján)

	RDA					Saláta	Spenót
	férfi		női		terhes nő	(1 g friss tömegre vonatkoztatva)	
	19-50	50+	19-50	50+	(14-18)-(19-50)		
rost	38 g	38 g	25 g	25 g	28 g	9-21 mg	22 mg[*]
Na	1,5 g	1,3 g	1,5 g	1,3 g	1,5 g	0,04-2,2 mg	0,79 mg
K	4,7 g	4,7 g	4,7 g	4,7 g	4,7 g	1,4-6,5 mg	5,6 mg
Ca	1000 mg	1200 mg	1000 mg	1200 mg	1300-1000 mg	0,2-1 mg	1 mg
P	700 mg	700 mg	700 mg	700 mg	1250-700 mg	0,11-0,48 mg	0,5 mg
Mg	400-420 mg	420 mg	310-320 mg	320 mg	400-350 mg	0,05-0,3 mg	0,8 mg
Fe	8 mg	8 mg	18 mg	8 mg	27 mg	3-12,4 µg	27,1 µg
Zn	11 mg	11 mg	8 mg	8 mg	12-11 mg	0,0015-0,0033 mg	0,0053 mg [**]
E-vitamin	15 mg	15 mg	15 mg	15 mg	15 mg	0,0011-0,0076 mg	0,0203 mg [**]
C-vitamin	90 mg	90 mg	75 mg	75 mg	80-85 mg	28-195 µg	281 µg
B9	400 µg	400 µg	400 µg	400 µg	600 µg	0,3-2,2 µg	19 µg
β-karotin	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,1-68,3 µg	56,3 µg
lutein	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	1,3-85,8 µg	n.a.
fenolsav	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	0,05-17,6 mg	n.a.

Ásványianyag tartalmukat tekintve is eltérőek az egyes salátatípusok. A jég-, vajfej, római valamint a zöld és piros levelű saláta **nátrium** tartalma 0,05-0,3 mg/g friss tömeg (USDA, 2020b), ami alapján a saláta csak kis mennyiségben tesz hozzá a felnőtt emberek számára előírt napi beviteli mennyiséghez (Kim et al., 2016). Roe et al. (2013) ennél jóval alacsonyabb értékről számol be, ahol import és Nagy-Britannia területéről származó római-, jég- és Little Gem (római altípus) salátákat vizsgáltak, melyek átlageredménye szerint 0,09 mg/g nátrium található a salátában. Tudományos közlésekben a vajfej saláta nátrium tartalma 0,05 mg/g friss tömeg körül alakult (Kawashima & Valente Soares, 2003), a zöld tépősaláta nátrium tartalma (0,04-1,4 mg/g friss tömeg) valamivel alacsonyabbnak bizonyult, mint a piros tépősalátában (0,05-2,2 mg/g friss tömeg) (Koudela & Petříková, 2008). Baslam et al. (2013) vizsgálatai során a római, illetve a batávia fajtákban 0,04-0,21 mg/g friss tömeg nátrium mennyiséget mértek.

A **kálium** hozzájárul a vérnyomás csökkentéséhez (Filippini et al., 2020; McDonough & Nguyen, 2012), és a nagy variabilitás ellenére a zöld és vörös levelű tépősaláta egymástól alig különbözve (2,4-6,5 mg/g friss tömeg), jó káliumforrásnak bizonyulnak (Kim et al., 2016; Koudela & Petříková, 2008). Azonban Baslam et al. (2013) megfigyelte, hogy a római és batávia salátákban a levelek helyzetétől függően (2,7-4,4 mg/g friss tömeg) változhat a kálium mennyisége. Az (USDA, 2015b) adatai alapján a jég-, vajfej-, római-, zöld-, illetve vörös levelű tépősaláta egyaránt

alacsony kálium-tartalommal rendelkezik 1,4-2,5 mg/g friss tömeg, melyek közül a római saláta tartalmazza a legtöbbet. Roe et al. (2013) hasonlóan 2,2 mg/g friss tömeg kálium mennyiséget határozott meg római- és jégsaláta esetében. A vajfej saláta 2,4-3,2 mg/g friss tömeg káliumot tartalmaz (Kawashima & Valente Soares, 2003).

A **kalcium** (Ca) fontos az egészséges csontok számára és szerepe van a csontritkulás kialakulás csökkentésében (Branca & Vatueña, 2001; Soetan et al., 2010). A kalcium mennyisége szintén salátatípustól függ, így az USDA (2015b) adatai alapján a jég-, vajfej-, római-, zöld-, illetve vörös levelű tépősaláta 0,1-0,4 mg/g friss tömegre vonatkoztatott kalcium-mennyiséggel rendelkezik, melyek közül a jégsaláta tartalmazza a legkevesebbet. Roe et al. (2013) általánosan a salátára 0,24 mg/g friss tömeg kalcium-tartalmat határoztak meg. A zöld és vörös levelű tépősalátában hasonló értékeket mértek (0,2-0,8 mg/g friss tömeg) (Koudela & Petříková, 2008). Baslam et al. (2013) római és batávia salátákon végzett vizsgálatai során 0,2-1,0 mg/g friss tömeg kalcium-tartalmat mértek. Az oxalát csökkenti a kalcium felvehetőségét, ami a levélzöldségek közül a spenótra jellemző, ezzel szemben a jég-, vajfej- és római saláta vizsgálatakor nem találtak oxalátot a mérések során (Mohan et al., 2015; Santamaria et al., 1999).

A csontok egészségének megőrzéséhez a **foszfor** (P) és a **magnézium** (Mg) járul még hozzá az ásványi anyagok közül (Branca & Vatueña, 2001; Rana, 2018; Soetan et al., 2010). A saláta a többi zöldségféléhez képest alapvetően alacsony foszfor és magnézium tartalommal rendelkezik. A saláták foszfor- és magnézium-tartalma igen alacsony, illetve az utóbbi, tanulmányonként nagyon változatos eredményeket mutatott. Baslam et al. (2013) vizsgálatai során római- és batávia salátákban 0,05-0,13 mg/g friss tömeg foszfort és 0,11-0,48 mg/g friss tömeg magnézium mennyiséget mértek. Az USDA (2015b) adatai alapján kevés, mindössze 0,2-0,3 mg/g friss tömeg foszfor és 0,07-0,14 mg/g friss tömeg magnézium található a jég-, vajfej-, római-, zöld és vörös levelű tépősalátában, ahol szintén a jégsaláta teljesített a leggyengébben. Míg Roe et al. (2013) mérései során általánosságban 0,22 mg/g friss tömeg foszfor- és mindösszesen 1,4 µg/g friss tömeg magnézium-tartalomról számoltak be. A vajfej típusú saláta esetében Kawashima & Valente Soares (2003) ennél valamivel magasabb, 0,2 mg/g friss tömeg magnézium-tartalomról számolt be. Koudela & Petříková (2008) a magnézium esetében sem tudott szignifikáns különbségről beszámolni a zöld- és vörös levelű tépősaláták esetében.

A **vas** (Fe) és a **cink** (Zn) tápelemek pótlása különösen fontos a kizárólag növény, vagy növényalapú élelmiszereket fogyasztók körében, mivel a zöldségek alacsony mennyiségben tartalmazzák ezeket (Pawlak et al., 2018; Foster & Samman, 2017). A vas fontos szerepet játszik a hemoglobin képződésben és az oxigén transzportban (Abbaspour et al., 2014; Soetan et al., 2010). A növényekből felvehető vas nem hem típusú, ami kevésbé bioaktív, mint az állati eredetű ételekben található hem vas (Theil & Briat, 2004). A cink elengedhetetlen az alapvető

sejtműködéshez, valamint immun- és antioxidáns funkcióhoz (Klouberta & Rink, 2015). Baslam et al. (2013) vizsgálatai során rámutatott, hogy római- és batávia salátákban 3,0-5,6 µg/g friss tömeg vas és 1,8-2,5 µg/g friss tömeg cink van. Az USDA (2015b) adatai alapján 4,1-12,4 µg/g friss tömeg vas- és 1,5-2,3 µg/g friss tömeg cink-tartalommal rendelkeznek a saláták, Roe et al. (2013) mérései szerint 1,3 µg/g friss tömeg vas és 2,2 µg/g friss tömeg cink található a salátában. Kawashima & Valente Soares (2003) mérései azt mutatták, hogy a vajfej saláta 5 µg/g friss tömeg vas- és 3,3 µg/g friss tömeg cink-tartalommal rendelkezik. Mou & Ryder (2004) rámutattak, hogy a salátafejek nyitottsága hatással van a növények vastartalmára salátatípuson belül is, a nyitottabbakban magasabb volt a vas mennyisége.

2.3.2.3. A saláta polifenol tartalma

A salátában a ***polifenolok*** két osztálya található a fenolsavak és a flavonoidok (Baslam et al., 2013; López et al., 2014; Manach et al., 2004). A fenolsavak a salátában ritkán vannak szabad formában, főleg kötött formában fordulnak elő, általában glikozilezett származékok vagy észterek formájában, például klorogénsav a kávésav és a kínasav kombinációjaként (DuPont et al., 2000; Llorach et al., 2008; Mai & Glomb, 2013; Mulabagal et al., 2010; Ribas-Agustí et al., 2011; Zhao et al., 2007). Degl'Innoocenti et al. (2008) arra következtettek, hogy a salátában a fő fenolok közé a hidroxi-fahéjsav származékok, a klorogénsav, a dikaffeol kínasav és a kaffeoil-tartarát sav tartoznak. A flavonoidok nagyon gyakoriak a salátában, főleg a quercetin és a kaempferol glikozilezett származékai (Hooper & Cassidy, 2006; Romani et al., 2002) a glikozid koncentrációja tízszer nagyobb lehet a külső zöld levelekben, mint a belső világos színű levelekben (Herrmann, 1976). A fenolos összetevőket tekintve, a zöld- és piros levelű vajfej saláták között mennyiségi és minőségi különbségek is mutatkoznak (Santos et al., 2016). A kávésav származékok adják a polifenolok nagyobb hányadát a vörös levelű salátákban, és nagyobb mennyiségben is vannak jelen, mint a zöld levelű fajtákban, hasonlóan a flavonolhoz (Llorach et al., 2008).

Llorach et al. (2008) eredményei azt mutatták, hogy a polifenol mennyiségét illetően szignifikáns különbség van a zöld és a piros levelű saláták között. A zöld levelű salátákban a *fenolsav* az összes-fenoltartalom 70%-át adta a római salátában, míg a jégsalátában a 94%-át. A piros levelű fajtáknál a tépősaláta esetében 35%-át, míg a tölgylevelű salátában 45%-át tette ki az összes-fenoltartalomnak. A **fenolsavak** közül a *kávésav* származékok a jégsalátában 0,17 mg/g friss tömeg, a római salátában 0,45 mg/g friss tömeg, a zöld levelű tépősalátában 1,02 mg/g friss tömeg, a piros tölgylevelű salátában 1,46 mg/g friss tömeg, míg a piros levelű tépősalátában 2,03 mg/g friss tömeg mennyiségben voltak jelen. Luna et al. (2013) mérései során a vajfej salátában 0,8-1 mg/g friss tömeg, a piros levelű tépősalátában 1,4-2,3 mg/g friss tömeg, a piros tölgylevelű salátában 1,2-1,9 mg/g friss tömeg mennyiségben voltak jelen kávésav származékok. Durazzo et

al. (2014) az ökológiai és a konvencionális termesztésű salátákat, valamint a betakarítási idők (július és szeptember) hatását vizsgálták, eredményeik azt mutatták, hogy a kávésav 3,87 ± 0,43 és 7,59 ± 2,66 µg/100 g között mozgott. Ökológiai termesztésben 7,59 ± 2,66 – 6,59 ± 2,78 µg/100g, míg konvencionális termesztésben 4,87 ± 0,53 – 3,87 ± 0,43 µg/100g, ugyanakkor nem adódott szignifikáns különbség a termesztésmódok között.

A *klorogénsav* mennyisége is eltérő volt a különböző salátatípusokban Zhao et al. (2007) piros levelű tépősalátában 0,18-0,4 mg/g friss tömeg közötti mennyiséget mért, míg ez az összetevő a zöld római salátában 0,03-0,1 mg/g friss tömeg volt. Durazzo et al. (2014) vizsgálataiban a klorogénsav tartalom 15,93±1,59 – 22,24±7,74 µg/100 g. Ökológiai termesztésben 15,93±1,59 és 16,93±1,60 µg/100g, míg konvencionális termesztésben 21,24±6,73 – 22,24±7,74 µg/100 g között volt.

A **flavonoidok** meghatározása során DuPont et al. (2000) és Ferreres et al. (1997) meghatározták, hogy a kvercetin-3-O-(6"-O-malonil)-glükozid a fő fenolos összetevő és emellett találtak még kis mennyiségben más quercetin féléket és luteolin származékokat. Ezen kívül Llorach et al. (2008) quercetin, luteolin és kisebb mennyiségben rutinozil származékokat azonosítottak a salátában. Arabbi et al. (2004) rámutatott, hogy a quercetin glikozidjai voltak az uralkodó flavonoidok ebben a növényben. Durazzo et al. (2014) vizsgálatában a quercetin mennyisége 0,99 ± 0,32 és 6,84 ± 1,53 µg/100 g. Ökológiai termesztésben 0,99 ± 0,32 – 1,10 ± 0,31 µg/100g, míg konvencionális termesztésben 6,84 ± 1,53 – 5,83 ± 1,10 µg/100g között alakult ez az érték. A *rutin* mennyisége 17,51 ± 1,96 és 24,50 ± 2,08 µg/100 g. Ökológiai termesztésben 17,51 ± 1,96 – 18,51 ± 1,98 µg/100g, míg konvencionális termesztésben 24,50 ± 2,08 – 23,50 ± 1,08 µg/100g között alakult. A quercetin mennyisége szignifikánsan magasabb volt a konvencionális termesztésből származó mintákban mint az ökológiaiból származókban.

Llorach et al. (2008) vizsgálata során nem minden vegyület volt jelen minden salátatípusban, illetve mennyiségük is változó volt. A termesztésmód polifenolokra gyakorolt hatását Romani et al. (2002) vizsgálta a polifenol profilt salátában, a *flavonol* tartalom a szabadföldi mintákban magasabb volt, mint az üvegházi mintákban. A flavonol mennyisége a piros levelű tépősalátában volt a legmagasabb 2,84 mg/g friss tömeg valamint a piros tölgylevelű salátában 1,14 mg/g friss tömeg, ezeket követte a zöld levelű tépősaláta 0,2 mg/g friss tömeg, a római saláta 0,17 mg/g friss tömeg és a jégsaláta 0,08 mg/g friss tömeg mennyiséggel (Llorach et al., 2008). Luna et al. (2013) vajfej salátában 0,06-0,2 mg/g friss tömeg, a piros levelű tépősalátában 1-1,8 mg/g friss tömeg, a piros tölgylevelű salátában 0,5-1,2 mg/g friss tömeg mennyiségben voltak jelen flavonolok.

A flavonoidok egyik alcsoportjaként az ***antocianinok*** is jelen vannak a piros levelű fajtákban. Ennek mennyiségét Llorach et al. (2008) is vizsgálták, ahol a *cyanidin-3-rutinoside* a

piros tölgylevelű salátában 0,26 mg/g friss tömeg, a piros levelű tépősalátában 0,46 mg/g friss tömeg mennyiség volt jelen, miközben a jég-, római- és tépősalátákban nem tudták kimutatni. Ordidge et al. (2010) szintén csak a piros levelű tépősalátában tudott antocianin- (cianidin néven) és luteolin mennyiséget mérni. García-Macías et al. (2007) piros levelű tépősalátában 0,02-1 mg/g friss tömeg közötti antocianin mennyiséget mértek. Luna et al. (2013) tanulmányában ebben a típusban 0,2-0,3 mg/g friss tömeg volt, míg a piros tölgylevelű salátában 0,1-0,2 mg/g friss tömeg volt az antocianinok nem specifikált mértéke. Bumgarner et al. (2012) piros levelű római salátában 0,3-0,6 mg/g friss tömeg közötti *cyanidin-3-glucoside* értékeket mértek. Jellegzetes színt adó vegyületek, hasonlóan a klorofillokhoz és a karotinokhoz.

Az *összes-fenoltartalom* nagyon változatos lehet salátatípusonként és fajtánként. A jégsaláta jellemzően a legalacsonyabb értékekkel rendelkezett, a többi salátatípushoz képest (Llorach et al., 2008; Wu et al., 2004). A levelek pigmentáltsága is egyértelműen hatással van az összes-fenoltartalomra. A zöld levelű salátatípusokhoz képest magasabb értékek voltak mérhetők a piros tépősalátákban, illetve a piros levelű római salátákban. Ez valószínűleg az antocianinok jelenlétének köszönhető, melyek a piros színért felelősek és a fenolos összetevők közé tartoznak. (Liu et al., 2007; Llorach et al., 2008; Luna et al., 2013; Wu et al., 2004; Zhao et al., 2007).

2.3.2.4. A saláta karotinoid-tartalma

A karotinoidok jellegzetes narancsos színű, zsírban oldódó növényi pigmentek, melyek megtalálhatóak a sötét zöld levélzöldségekben (Kendrick, 2016; Maiani et al., 2009). A fotoszintézisben betöltött szerepükön túl az A-vitamin provitaminjaként is ismertek (Morançais et al., 2018), ami fontos szerepet játszik a látás, a szaporodás, az embrionális fejlődés és az immunrendszer megfelelő működéséhez (Institution of Medicine, 2001). Az oxigénnel nem rendelkező karotinoidok közül a likopin és karotinok mennyisége a legnagyobb a növényekben és antioxidáns hatásuk is elismert (D'Ambrosio et al., 2016; Dini, 2019; Padmanabhan et al., 2015). A karotinoidok közül két fő izomer jelentős, az α-karotin és a β-karotin, melyek a végükön található gyűrűben lévő kettős kovalens kötés helyében térnek el (Rodriguez-amaya, 1997). A karotinok kedvező hatásai közé sorolják még a rák kialakulásának kockázatának csökkentését és gyulladáscsökkentő hatását (Dini, 2019), habár Martínez Leo et al. (2018) munkájában összegyűjtött epidemiológiai vizsgálatok a rák kialakulásának kockázatcsökkentő hatását általában nem támasztották alá.

Az USDA (2015b) jég-, vajfej-, római-, zöld-, illetve piros levelű tépősalátára vonatkozó adatai alapján a salátatípusától függően a *β-karotin* mennyisége 3,0-52.3 µg/g friss tömeg. Mou (2005) szintén ezeket a salátatípusokat vizsgálta, ahol 1,1-56,9 µg/g friss tömeg β-karotin tartalmat mértek. A vajfej saláta β-karotin tartalmáról is eltérő adatok állnak rendelkezésre, míg Martineau

et al. (2012) 33,3-55,3 µg/g friss tömegről számol be, addig Cruz et al. (2012) 22,7-68,3 µg/g friss tömeg β-karotin mennyiséget mért. López et al. (2014) római salátára vonatkozóan a mini római salátával együtt mért eredményei alapján 20,1-41,8 µg/g friss tömeg, míg Baslam et al. (2013) batávia típus esetében 9,0-24,0 µg/g friss tömeg β-karotint határozott meg.

A luteinre vonatkozóan Mou (2005) 1,3–54,3 µg/g friss tömegre vonatkozó adatról számolt be. Martineau et al. (2012) mérései során a vajfej saláta 33,3-55,3 µg/g friss tömeg luteint tartalmazott, Cruz et al. (2012) ettől eltérő, 30,6-85,8 µg/g friss tömeg lutein-tartalmat határozott meg. López et al. (2014) római saláta esetében, míg Baslam et al. (2013) 7,7-14,9 µg/g friss tömeg, míg batávia esetében 12.5-31.0 µg/g friss tömeg luteinről számolt be. Nicolle et al. (2004b) munkájuk során megállapították, hogy a vörös tölgylevelű saláta tartalmazza a legtöbb luteint (16,9 µg/g friss tömeg), összevetve a vajfej (9,4-14,3 µg/g friss tömeg), a batávia (7,5-12,0 µg/g friss tömeg), vagy a zöld tölgylevelű salátával (8,5-15,2 µg/g friss tömeg).

A *β*-karotin és lutein együttesen magas volt a zöld levelű tépő- és római salátában, amit a piros levelű tépősaláta követett, amiből arra következtettek, hogy a zárt fejeket képező saláták belső levelei kevesebb fényhez jutnak, ami csökkenti a karotinok szintézisét (Mou, 2005).

2.3.2.5. A saláta klorofill-tartalma

A klorofill-tartalom függ attól is, hogy a saláta mely részéről történik a mintavétel, amire Agüero et al. (2008) munkájuk során rámutattak, hogy a friss salátáról származó külső levelek jóval több klorofillt tartalmaznak, mint a középső, vagy belső levelek. Továbbá arra is rámutattak, hogy a hűtőben történő tárolás során a külső levelekben a klorofill pigmentek számottevő és viszonylag gyors bomlása játszik szerepet a saláta minőségromlásában.

Xu & Mou (2015) több saláta fajta sóstressz toleranciáját vizsgálták a vajfej-, jég-, tépő-, római-, vadsalátatípusokon belül, ahol azon túl, hogy a friss és száraztömeg csökkenése mellett a frisstömeg/száraztömeg arány emelkedett, a klorofillindex is nőtt, ugyanakkor a fotokémiai reakció hatékonyságára nem volt hatással. A kontroll kezelések esetében – ahol homok talajon 12 órás fotoperiódus mellett Hoagland tápoldatot kaptak a növények –, az 56 vizsgált vajfej saláta fajta esetében a klorofillindex 13,1±0,95 és 40,0±3,67 között alakult. A 39 jégsaláta fajta 14,4±0,48 és 35,7±1,3 között, a 35 római saláta fajta 14,7±0,43 és 41,1±1,73 között, a 33 tépősaláta fajta esetében 11,5±0,41 és 26,8±1,15 között, a 15 vadsaláta (*Lactuca serriola* és *Lactuca sativa*) genotípusok esetében 22,9±0,91 és 36,5±0,7 SPAD értéket mértek.

Meng et al. (2019) rámutatott, hogy távoli vörös fény mellé adott kék fény (0-60 µmol/m^2/s) emelte a klorofill koncentrációját a salátákban, ugyanakkor azonos szintű kék fénnyel történő megvilágítás esetén a hozzáadott távoli vörös nagyobb mértékben csökkentette a klorofill-mennyiséget, mint a hozzáadott zöld fény. Ez utalhat arra, hogy a sugárzás elleni

védekezés a levélnövekedéssel és az összes klorofill-tartalommal szabályozott. Lin et al. (2013) LED-es kísérletei azt mutatták, hogy a vörös és kék mellé adott fehér spektrumnak nincs szignifikáns hatása a klorofill a, klorofill b és klorofill a+b mennyiségére.

A PPFD szint változtatásának hatását vizsgálta több kutató is, egyéni kísérleteik fényösszetételtől függően arra mutattak rá, hogy a 100, 150, 200 és 250 µmol/m^2/s PPFD szinten nevelt saláták klorofill-tartalma szignifikánsan növekedve eltérnek egymástól, míg a 200 és 250 µmol/m^2/s a 300 µmol/m^2/s PPFD szinttől nem különbözik jelentősen (Pennisi et al., 2020). Ugyanakkor nem volt statisztikailag igazolható különbség a klorofill-mennyiségét tekintve azokban a salátákban, amelyek 150 és 200 µmol/m^2/s PPFD érték között nevelkedtek (Okazaki & Yamashita, 2019), sem azokban, amelyek 200-290 µmol/m^2/s PPFD érték között nevelkedtek (Kang et al., 2013).

2.3.3. A fogyasztói döntést befolyásoló tényezők és vizsgálati módszerei

Egyre fontosabbá válik az emberek számára az egészséges életmód, amely kihat az élelmiszervásárlásra is. Eddig számos vásárlási és fogyasztási szokást befolyásoló tényezőt azonosítottak (Annunziata & Pascale, 2011). Az egészségesebbnek számító termékeknél is fontosak a hagyományos ételeknél és italoknál már megfigyelt tényezők, úgy mint az ár, íz, kényelem, minőség, prémium összetevők. A vásárlók egyre gyakrabban emelnek le a polcokról friss, fagyasztott, illetve előre csomagolt zöldségtermékeket (Sloan, 2006, 2008). Az elmúlt években egyre inkább kedveltté váltak a minimális feldolgozottságú, előre csomagolt saláták (Zhou et al., 2004). A salátát már a ’70-es években is az egyik legfontosabb fogyasztásra kész élelmiszerként tartották számon (Bolin et al., 1977). Ragaert et al. (2004) eredményei alapján a tíz leginkább fogyasztott, szupermarketben vásárolt előre csomagolt zöldségtermék közül hét tartalmazott salátát. Ezek a termékek legtöbbször előre tisztított, falat méretűre vágott (Ramos et al., 2013), használatra kész (*ready-to-use*) (Francis et al., 1999), fogyasztásra kész (*ready-to-eat,* **RTE**) (Paulus, 1978), konyhakész (*ready-to-cook*) élelmiszerként kerül a boltok polcaira (Székely et al., 2009). A fogyasztók egyre inkább ilyen egyszerű, gyors, időt spóroló termékeket keresnek, amelyek frissek, egészségesek ugyanakkor azonnal és kényelmesen fogyaszthatók, illetve gyorsan elkészíthetők (Ragaert et al., 2004). A minimálisan feldolgozott, előre csomagolt termékek vásárlását kiváltó motivációs tényezők közül az elkészítésre vonatkozó kényelem és a sebesség meghatározónak bizonyult a vizsgálatban résztvevők körében (Ragaert et al., 2004). Ezek a tényezők egyre inkább hasonlóan fontosak, mint az íz és az ár (Candel, 2001; Dave et al., 2009). Ugyanakkor a megjelenés – mint első vizuális inger – kiemelt fontosságú az élelmiszerek minőségének megítélésében, és gyakran az egyetlen meghatározó szempont, amin a vásárlás alapszik (Cardello, 1994; Gere, 2015; Keast, 2009).

2.3.3.1. Conjoint analízis

A conjoint analízis egy kvantitatív módszer, amelyet egy termékkel kapcsolatos fogyasztói viselkedés megértésére használnak. Fontos megismerni, hogy a vásárlóközönség a döntéshozás szempontjából fontos terméktulajdonságoknak (attribútumok) mekkora relatív jelentőséget tulajdonít, és definiálni szükséges a tulajdonságok szintjeivel összefüggő hasznosság értékeket is. Ezekkel összhangban megállapítható, hogyan értékelik a különböző terméktulajdonságok kombinációit (termékváltozat) a fogyasztók (Malhotra & Satyabhusan, 2016; Hair et al., 2010; Lehota, 2001; Hoffmann et al., 2000). Egy tipikus conjoint analízis 6-7 attribútummal rendelkezik, melyek megválasztása hatással lesz az értékelésekre. Az attribútumok szintjeinél olyan értékeket kell meghatározni, melyek a valósághűek, hihetőek (Malhotra & Satyabhusan, 2016).

A tanulmány készítése az alap probléma megfogalmazásával és az eredmények célravezető felhasználásának tervezésével kezdődik. Ezután történik a terméktulajdonságok és azok egyes szintjeinek meghatározása, ami alapján létrejönnek a hipotetikus termékprofilok. Ezt követően megtörténik a kérdőív összeállítása és az adatgyűjtés módjának meghatározása majd a célpopuláció lekérdezése, végül az adatok elemzése és értelmezése (Lehota, 2001; Rao, 2014).

A conjoint vizsgálatot megelőzően lényeges, hogy más piackutatási módszerek – elsősorban fókuszcsoportok és mélyinterjúk – alkalmazásával feltáró vizsgálatokat végezzünk a probléma körbejárásának érdekében (Sipos & Kókai, 2008). A fókuszcsoportos megbeszélés módszer lehetőséget biztosít arra, hogy – egy megengedő légkörben végzett beszélgetések során – minden résztvevő véleményét, hozzáállását, gondolkodási módját, szokását megismerjük, képet kapjunk fogyasztói szokásairól és döntési útvonaláról (Babbie, 2010; Conrad, 2001; Lehota, 2001; Vicsek, 2006). A csoport egy irányított beszélgetést folytat egy mediátor segítségével, aki ösztönzi az adott téma különböző mögöttes tulajdonságainak megvitatását, segíti a beszélgetés gördülékenységét (Carter & Wheeler, 2019), ezáltal a résztvevők specifikus információkat tárnak fel az adott témában. Ahhoz, hogy meghatározzák az adott koncepcióra és/vagy prototípusokra adott válaszok általános trendjét, általában két-három ilyen foglalkozás – amelyek ugyanazon projekt-fókusz felé irányulnak – elegendő (Meilgaard et al., 2016). Általában 8-12 fő részvételével 1,5-2 óra hosszan zajlik egy fókuszcsoportos teszt (Székely et al., 2009). Előnye, hogy a résztvevők hatással vannak egymásra, ami négyszemközti beszélgetés során nem következik be. Rendkívül népszerű marketing és piackutatási technika, mivel viszonylag könnyen megszervezhető és alacsony költségekkel jár (Stone & Sidel, 2004).

A conjoint kártyák (termékkombinációk) értékelése során a résztvevő a döntéseit tulajdonképpen hasonló módon hozza meg, mint ahogy azt teszi nap mint nap (Moskowitz et al., 2011). A célközönség válaszainak megismerésének egyik legjobb módja az online conjoint lekérdezés, amely jó technika arra, hogy meghatározzuk, hogy egy új termék mely tulajdonságai

(vagy azok kombinációi) váltanák ki a lehető legmagasabb szintű fogyasztói elfogadottságot és elégedettséget (Moskowitz et al., 2001). Ennek eredményei még időben nyújthat segítséget, hogy a gyártó a piacra szánt termékét hogyan optimalizálja (Moskowitz et al., 2004), vagy klaszterelemzéssel kiegészítve vásárlói szegmentációt végezzen, az így kialakult különböző preferenciákkal rendelkező csoportok számára eltérő termékvariációkat állítson elő (Moskowitz & Zemel, 2019).

Az elmúlt években összetett kutatási eredmények születtek az élelmiszerek conjoint módszerrel történő vizsgálatakor, ahol számos termékkel foglalkoztak: csomagolt szeletelt sajt és chips (Szűcs, 2014), joghurt-címke (Ares et al., 2014), gyorsfagyasztott csemegekukorica (Losó, 2015), alma (Endrizzi et al., 2015), élelmiszercsomagolás (Eldesouky et al., 2015), besugárzott szamóca csomagolása (Lima Filho et al., 2015), intenzív, illetve szabadtartásból származó marhahús (García-Torres et al., 2016), megnövelt D-vitamin tartalmú csiperke gomba (Szabó, 2015), paradicsom (Meyerding, 2016), tőkehal (Heide & Olsen, 2017), ramen (Thienhirun & Chung, 2018), marhahús címke (Meyerding et al., 2018).

2.3.3.2. Szemkamerás vizsgálati módszer

Mivel a vásárló első kapcsolata az élelmiszerrel a vizuális ingeren keresztül történik, sok esetben, ezért kiemelt fontosságú az élelmiszerek minőségének megítélésében (Cardello & Sawyer, 1992; Cardello, 1994; Gere, 2015; Keast, 2009). Az élelmiszerek vizuális jellemzői esetén elsősorban az alábbi paraméterekre gondolunk: szín, alak (dimenziói: hossz, vastagság, szélesség), méret, részecskeméret, összetevők megoszlása, csillogás, fényesség, ragyogás, épség (Cardello, 1994; Keast, 2009; Spence, 2015). Hutchings (2002) szerint a szín a legfontosabb az összes látható jellemző közül, ám sok esetben a szín és a megjelenés, amelyek alapvetően befolyásolják a vásárlók döntését a termékkel kapcsolatban (Ragaert et al., 2004; Singh, 2006). A megjelenéssel kapcsolatos tulajdonságok fontosak a fogyasztók számára, de ezek a legkevésbé alkalmasak az objektív ítéletalkotásra (Tzia et al., 2016). A szemmozgás vizsgálata széles körben alkalmazott a résztvevők szemmozgásának rögzítésére, miközben különböző feladatokat teljesítenek, például választási feladatok, szabad megtekintési feladatokat végeznek. Számos szemmozgás követési paramétert lehetett mérni, amellyel jellemezhetjük az egyének szemmozgás-mintázatát (Holmqvist et al., 2011). Ugyanakkor a vásárlók korábbi emlékeket, saját értékrendjük elemeit, valamint érzelmeket is gyakran társítanak az élelmiszer minőségéhez, ami vásárlási szokásaikra is kihat (Sloan, 2008). Így pszichológiai tényezők is befolyásolják a szemmozgást a nem és egyéb szocio-demográfiai tényezők mellett (Ares et al., 2014). Ahhoz, hogy jobban megérthessük a fogyasztók szemmozgásait, érdemes elemezni az egyén értékekkel kapcsolatos hozzáállását. A

motivációk és a fogyasztók viselkedése általtlában értékalapú szegmentáció segítségével vizsgálható (Verain et al., 2016).

2.3.3.3. Komplex, több szempontos döntéstámogató rendszerek

A kertészeti és élelmiszertudományokban a vizsgálat tárgyát képező dolgokat, a kísérleti tervnek megfelelően jellemzően egy vagy néhány szempontból elemzik. Ezek az elemzések elsősorban a vizsgálat tárgyát képező anyagok összehasonlítására irányulnak, melyek statisztikai megoldásai a parametrikus módszereken és az utánuk következő post-hoc teszteken alapulnak, amelyeket csak a feltétel vizsgálatok elvégzése után alkalmazhatunk.

A leggyakrabban alkalmazott statisztikai próbák (t-próba, varianciaanalízis) normál eloszlású változókat igényelnek. A normál eloszlás esetében az átlag, a medián, a módusz ugyanoda esik, tehát egyenlők (Gauss-görbe). Sok eloszlás lehet ferde (*skewness*) és csúcsos (*curtosis*), ezért az átlag, a medián és a módusz egymáshoz való viszonya csalóka lehet. Amennyiben a csúcsosság és/vagy a ferdeség mutatók értéke meghaladja ±1-et, akkor az eloszlás különbözik a normál eloszlástól. A ferdeség és a csúcsosság értéke, illetve azok standard hibájának a hányadosa nem haladhatja meg a ±1,96-at (Tabachnick & Fidell, 2003, 2016). A grafikus módszereken túl a normalitás vizsgálatára leggyakrabban alkalmazott próba a Kolmogorov-Szmirnov és a Shapiro-Wilk próba. A normalitás vizsgálat esetében a nullhipotézisünk az, hogy a vizsgált változó eloszlása nem különbözik a normális eloszlástól. Ha nem teljesül a normalitás feltétele, akkor több lehetséges megoldás közül választhatunk:

1) adat transzformációt hajtunk végre, amely normál eloszlásúvá alakítja az adatokat (gyök, logaritmus, 1/x, Box-Cox stb. transzformációk), vagy
2) a paraméteres próbák nem paraméteres megfelelőit alkalmazunk (pl. kétmintás t-próba→Mann-Whitney-teszt, egyszempontos Varianciaanalízis→Kruskal-Wallis-próba).

Általánosan elfogadott, hogy a nem paraméteres próbák ereje kisebb, mint a paramétereseké. Ahhoz, hogy egy adatsorról el tudjuk dönteni, hogy a normalitás feltételei biztosítottak, ahhoz legalább 10 párhuzamos mérési eredményre van szükség. A kertészeti- és élelmiszertudományi gyakorlatban azonban ritkán valósul meg a 10 párhuzamos alkalmazása. A statisztikai értelemben alacsony elemszámú változókkal kapcsolatban sérülhet a normalitási követelmény. Ennek következtében a paraméteres próbák feltételei nem teljesülnek, így a kevésbé hatékony, de eloszlás független nem-parametrikus módszereket kell választani, amelyek nem érzékenyek a normalitási feltétel sérülésére, és a minták eloszlásának a különbözőségére sem (Sajtos & Mitev, 2007).

A kertészeti- és élelmiszer tudományterületeken jellemzően egy tényező hatását vizsgálják, a többi tényező változatlanul hagyása mellett. Ennek a gyakorlatnak az előnye, hogy így

egyértelműen azonosítani tudjuk a változásért felelős tényezőt, azonban nem rendelkezünk semmilyen tudással, azzal kapcsolatban, hogy több, vagy akár az összes tényező figyelembevételével milyen eredményre jutnánk. Emiatt egy új megközelítés alapján, amely az összes mért jellemzőt együttesen veszi figyelembe, megalapozottabb eredményeket létrehozva. Ennek megfelelően az új megközelítés következtében előtérbe kerülnek a több szempontos, nem parametrikus statisztikai módszerek. Ilyen a rangszám-különbségek összege (*Sum of Ranking Differences*, **SRD**) módszer, ami egy gyors, egyszerű és általános technika; amely alkalmas arra, hogy összehasonlítsunk egyedeket, módszereket, vagy statisztikai modelleket a hasonlóságuk vagy eltéréseik alapján. A végeredmény egy egyedi rangsor, amely megmutatja, hogy a vizsgált tulajdonságok mindegyikét, egyforma súllyal figyelembe véve, adott egyed/módszer/statisztikai modell összességében mennyire hasonlít egy referencia egyedhez/módszerhez/statisztikai modellhez. Az összehasonlítás alapjául szolgáló referenciát a referencia oszlop segítségével lehet megadni (AVE=átlag érték, Max =maximum érték, Min= minimum érték, Read= egyedi érték).

Számos publikáció igazolta, hogy alkalmazásának jogosultsága van a kertészet- és élelmiszertudományok területén. Héberger (2010) kromatográfiás oszlopok szelektálásához, Sipos et al. (2011), valamint Kollár-Hunek et al. (2008) érzékszervi panel megbízhatóságának vizsgálatára, Szöllősi et al. (2012) pedig osztályozási algoritmusok összevetésére édesített üdítőitalok esetében. Több esetben is alkalmazták az SRD-módszert a variaanalízis kiegészítéseként. Škrbić et al. (2013) laboratóriumi körvizsgálatok eredményeinek értékelésére, Héberger et al. (2014) egycellás gélelektroforézis DNS károsodás vizsgálatára kagylókban, Andrić & Héberger (2015) lipofilicitás kromatográfiás vizsgálatára, Gere (2015) és Gere et al. (2017) érzékszervi minősítésben optimumskálán mért adatok elemzésére, illetve a legalkalmasabb modell kiválasztására – mely segít a fogyasztói választás előrejelzéséhez – szemkamerás vizsgálatok során (Gere et al., 2016). Rácz et al. (2015) meggy és bogyós gyümölcsök antioxidáns kapacitás vizsgálati módszereket hasonlítottak össze és értékelték azokat. Csambalik et al. (2017) meghatározták egy kombinációját a módszereknek, amely segítségével a paradicsom tájfajták többdimenziós értékelése lehetséges a fitonutriens tartalma alapján. Sipos et al. (2017b) koktél paradicsomokat értékeltek az antioxidáns-kapacitás mérés és az extrakciós eulens használat kombinációja alapján. Génbanki bazsalikom fajtákat is sikerült ezzel a módszerrel rangsorba állítani a fitonutriens értékei alapján (Sipos et al., 2016), valamint salátatípusok esetében, azok beltartalmi paraméterei alapján (Boros et al., 2016). A felsorolt szakirodalmi hivatkozások is alátámasztják, hogy az SRD módszer valójában egy döntéstámogató módszer, mely segítségével multikritériumos döntéseket lehet megvalósítani. Segítségével jellemzően a referencia rangsorhoz képest leginkább hasonló egyed/módszer/statisztikai modell kiválasztható, illetve rangsorolható.

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kutatás során alkalmazott saláta fajták, a növényanyag előállítása

A szakirodalom feldolgozása alapján egyértelművé vált, hogy a piros levelű salátafajták magasabb fitonutriens értékekkel rendelkeznek, ugyanakkor sokkal kevesebb tudományos publikáció foglalkozik a piros levelű salátafajták értékelésével. Emiatt a gödöllői **LED-es fénykörnyezet tesztelés**ét célzó kutatásaimhoz kifejezetten olyan piros levelű salátafajtát kerestem, amely hidropóniás termesztésre alkalmas. A választás a MINERAL RZ (81-551) batávia típusú, piros levelű, nem fejesedő, hullámos levélszélű salátafajtára esett.

A növényanyag előnevelése Gödöllőn, a MATE (korábban Szent István Egyetem) Tanüzemében történt szabályozott körülmények között. A csávázott saláta magok Grodan kőzetgyapot vetőelemekbe kerültek elvetésre 2020.04.13-án és 2020.05.22-én. Az első lomblevelek megjelenéséig ioncserélt/desztillált vízzel öntöztük. A lomblevelek megjelenését követően 25%-os Hoagland oldattal, 2 lombleveles állapotot követően 50%-os Hoagland oldattal történt az öntözés. A palánták kiültetésére Hoagland tápoldattal (cc. 1) átitatott kőzetgyapot paplanba akkor került sor, amikor a növények már elérték a 3-4 lombleveles állapotot (21. illetve a 19. napon). Ezen időszakok alatt az átlaghőmérséklet 19,4±2,3°C és az átlagos besugárzási energia 257,2±18,9 W/m^2 volt a klímakomputer adatai szerint.

A LED világítórendszerek spektrális jellemzését és a megvilágított termesztési területen mért PPFD eloszlást figyelembevéve készült el a kiültetési terv, így reális képet kaphattam a növények növekedéséről. A növénykísérletek blokkosítva, egymást időben követve (két alkalom) kerültek beállításra. A környezeti paraméterek egyformák voltak, amiket folyamatosan monitoroztunk. Jelentős eltérés nélkül zajlottak a kísérletek, ennek megfelelően a kezelések értékelését egyszerre hajtottam végre.

A **nitrát-tartalommal kapcsolatos mérések**hez jelentős mintamennyiségre volt szükség, amihez tavasszal, a természetes fényviszonyok között, fóliasátorban nevelt salátaminták begyűjtése Felgyőn történt 2017.04.04-én (tavaszi minták 16 vajfej, 14 batávia fajta/ fajtajelölt, legalább 6 biológiai párhuzamosa). Valamint ősszel, a természetes fényviszonyok mellett, szabadföldön termesztett salátamintát (3 zöldlevelű (vajfej, fodros- (lollo), tölgylevelű) és 2 piroslevelű (lollo, tölgylevelű) fajta 15 biológiai párhuzamosa) gyűjtöttünk be Felgyőről 2017.10.09-én. Összesen 266 fej salátát mértem le. A mintákat a legrövidebb úton a Szent István Egyetem, Budai Campusára szállítottunk, ahol a Gyümölcstermő Növények Tanszék változatlan légterű hűtőtárolójában ellenőrzött körülmények között (2-3ºC, 85-90%) tároltunk a feldolgozásig. A további analitikai mérések az Alkalmazott Kémia Tanszékén történtek.

3.2. A vizsgálat körülményei

3.2.1. A termesztés helye, a termesztés berendezése

Az előkísérleteim során a Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék Sanyo (MLR-351H, belső méretei: 520 mm széles x 490 mm mély x 1135 mm magas) 5 polcos fitotronját, ami 15 db fluoreszcens fénycsővel (Mitsubishi Osram FL40SS W/37, fehér színhőmérséklet: 3926 °C) volt ellátva. Az előkísérletek (Ravelombola et al., 2018) során bebizonyosodott, hogy a hőmérséklet kritikus pontja a kísérletnek. A fitotron esetében a polcok között 1,5-3 °C állandó hőmérsékleti különbség adódott, aminek megfelelően a páratartalom is egyenlőtlenül oszlott el a térben. Egy másik lehetséges termesztési teret (Cultibox SG - izolációs sátor (100x100x200cm)) is megvizsgáltam, ahol hasonló problémákba ütköztem. A mérhető legalacsonyabb hőmérsékletet a külső környezet hőmérséklete alapvetően befolyásolta, valamint a folyamatos légcsere ellenére is, a megvilágítás hatására jóval magasabb volt a sátorban mérhető hőmérséklet. A kísérleti tér hőmérsékletének és páratartalmának pontos szabályozhatósága nélkül sem egy fitotron, sem egy izolációs sátor használata nem alkalmas reprodukálható növénykísérlet beállítására. Ennek következtében más megoldást kellet találni, így a **Gödöllői Campus**on, az EFOP-3.6.1-16-2016-00016 számú projekt keretein belül kialakított növénymegvilágítási rendszert választottuk. A saláták termesztését egy 21 m^2 alapterületű ablaktalan, szigetelt szobában („LED labor”) valósítottuk meg, ahol 2 db 3 m hosszú, 30 cm széles és 230 cm magas keret biztosította a LED-ek és a növények elhelyezését. A keretek vízszintesen középen (1,5 m) egy árnyékoló lemez segítségével két részre lett osztva, amivel megoldottá vált az egységes tápanyagellátás mellett négy különböző kísérleti tér kialakítása. A két keret megvilágítása eltérően alakult. Az első keret (1., 2. állomás) két vásárolt – a forgalmazó leírása szerint – növénytermesztésre specializált lámpa (1. állomás: 2 db 420 LED Grow Circle Series 4 (Hurley Enterprises LLC, Hartwell, GA, USA); 2. állomás: 4 db Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED (Shenzhen Houyi Energy Efficiency Co. Ltd., Shenzhen, Kína)) tesztelését biztosította 1,5 méteres blokkokban (a magas lámpa-elhelyezkedés miatt szendvicspanelek kerültek felszerelésre, hogy megakadályozzák a fény-átszennyezést). Míg a másik kereten (3., 4. állomás) a Géptani és Informatikai Intézet (GINI) segítségével Lágymányosi Péter által egyedileg tervezett és épített világítási rendszert üzemeltük be. A két 1,5 méteres blokkra azonos kiosztású LED panelek épültek, több csatornás vezérléssel, lehetővé téve az egyes megvilágítási programok összehasonlíthatóságát (Lágymányosi, 2020; Lágymányosi et al., 2018).

A LED-ek vizsgálatát (a következő, 3.2.2 alfejezetben mutatom be) követően, a 3. táblázatban található beállítások hatásait vizsgáltuk a Mineral RZ (81-551) salátafajtán.

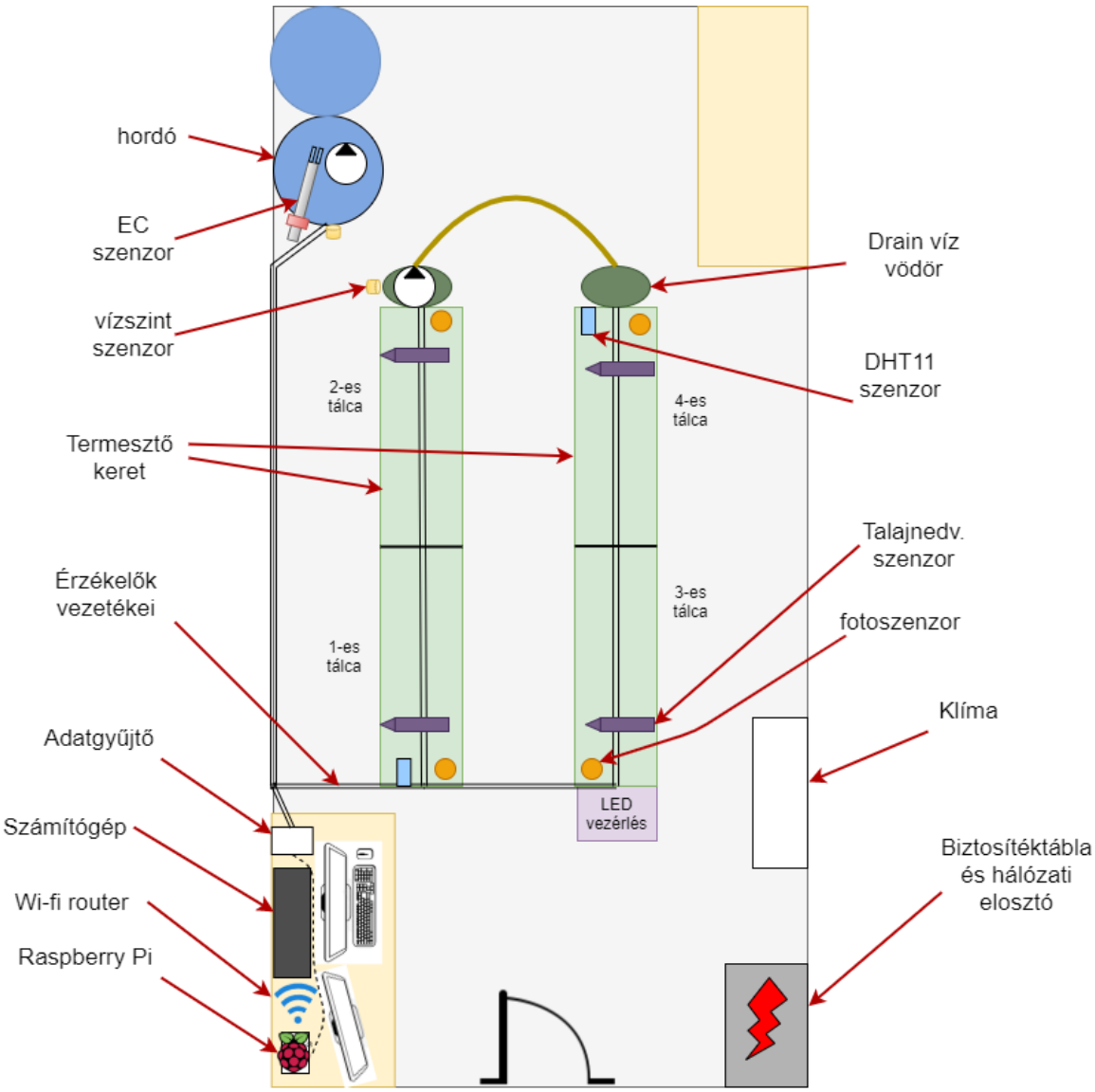
A kialakított termesztési körülmények szabályozásának, adatgyűjtési folyamatának pontos megtervezése, annak elvi működése és leírása Buza Dániel (2020) diplomamunkájában olvasható.

A növények szempontjából fontos és a kísérlet értékeléséhez alkalmazott eszközök felsorolásra kerülnek disszertációmban. A mérések és az adatgyűjtés folyamata két lépcsős rendszerben valósult meg. Amely szerint először a szenzorok egy mikrovezérlővel vannak összekötve, ami az analóg-digitális átalakítást (*analog-to-digital converter*, **ADC**), jelkiolvasást, jelfeldolgozást valósítja meg. Ezt követően a mikrovezérlő egy mikroszámítógépre küldi az értékeket, ami a feldolgozás után egy felhő alapú végpont szerverre tölti az adatokat adott fájlállományba. Ennek megfelelően a hőmérséklet (°C) és a relatív páratartalom (RH%) mérésére 3 db DHT11 szenzor (mérési tartomány: ±2°C, ±5% RH; ismételhetőség ±0,2°C; ±1% RH) került beépítésre az állomány szintjén. A mintavételezés egy Raspberry Pi 3 B+ egylapkás számítógép (*single board computer*, **SBC**) irányításával történt – hagyományos hőmérőkkel történő összeméréseket követően – legalább óránként. Pár másodperces késleltetéssel, ezen értékek alapján a klímaberendezés (Sinclair ASH-09AIE2, légcsere kapacitás: 600 m^3/óra (Sinclair, Brno, Csehország; 2017)) infra jeladón keresztül került vezérlésre, biztosítva az állandó és egyenletes 23°C±1°C léghőmérsékletet a termesztőlétesítményben. A tápoldatellátást egy manuálisan állítható időzítővel ellátott relé kapcsolta 5-4 óránként, ami a parcellánként 15 db csepegtetőtesten (vízmennyiség: 40-50 ml/db) keresztül juttatta el az előre bekevert Hoagland tápoldatot (cc.:1; pH: 6,63; EC: 2,2 mS cm^{-1}; 21,3°C) a kőzetgyapot paplanokba. Előzetesen szintén ezzel a tápoldattal végeztünk feltöltést. A kiindulási 60 liter tápoldat utántöltése 2 heti rendszerességgel 20 liter fent említett paraméterű Hoagland tápoldattal történt, a kísérlet közben végig monitoroztuk a hordó és a drénvíz pH és EC értékeit egy Hanna HI 9814 (Hanna Instruments, Woonsocket, RI, USA) kombinált mérőműszerrel. A termesztőhelyiség légcseréjéből adódó alacsony páratartalom (32±1 %RH) miatt a levélszélbarnulás megelőzésére a kísérletek során 0,2%-os $Ca(NO_3)_2$ oldattal lombtrágyáztunk a szedést megelőző 14 napon keresztül, 300 ml/nap. A kísérlet kialakításának – nem méretarányos – felülnézetét a 8. ábra mutatja be. A növények 18 órás megszakítás nélküli megvilágítást kaptak (DLI_{PAR} =12,96).

3. táblázat: LED-es fénykörnyezet beállításai a saláta megvilágítási kísérletek során

kísérlet kezdete	2020.05.04.				2020.06.09.	
blokkok	1	2	3	4	3	4
szövegközi hivatkozás	1. kezelés	2. kezelés	3. kezelés	4. kezelés	5. kezelés	6. kezelés
PPFD*	200±1	200±1	200±1	200±1	200±5	200±5
vizsgálat			– UV – IR	+ UV – IR	– UV, + IR, szedés előtt 3 nappal + UV, – IR	– UV – IR

* A PAR tartományban, a PAM-2500 fluoriméter (4.4. fejezetben részletezve) mini-kvantum-szenzorával mért, blokkonként, a növény-kiültetési helyek hét pontjában végzett mérések átlaga.



8. ábra: A kísérlet kialakításának sémája (forrás: (Buza, 2020) (5.1.1. ábra))

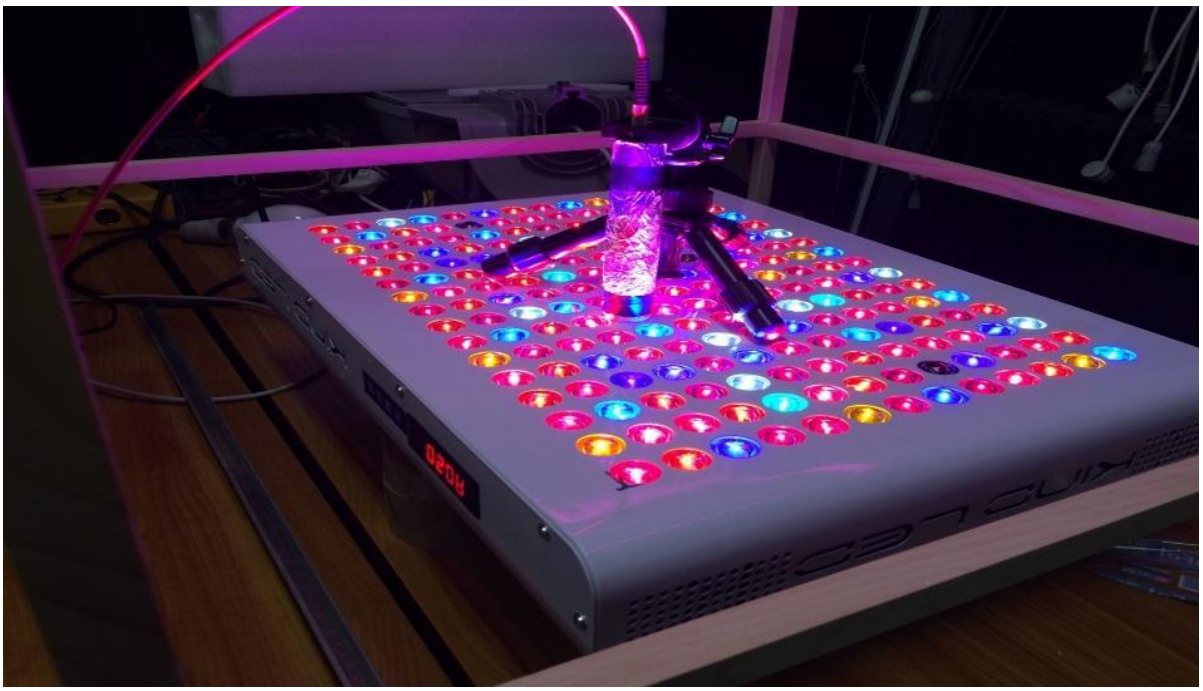
3.2.2. LED alapú világítórendszerek jellemzése növénytermesztési szempontból

Mivel a növénytermesztéshez készített LED alapú világítórendszerekhez a gyártók általában csak néhány információt tüntetnek fel, például a LED típusa, mérete, névleges teljesítménye (W), névleges feszültsége (V), bemeneti áramerőssége (mA), frekvenciája (Hz), üzemi hőmérséklete (°C), élettartama (óra), diódák száma, ajánlott rögzítési magassága (ft)), ezért elsősorban a növények szükségletei miatt átfogó fénytani vizsgálat és jellemzés szükséges. A LED alapú világítórendszerek jellemzésének tisztázásához kifejezetten egy növénytermesztésre gyártott Kind LED K5 XL750 panelt (Kind LED Grow Lights, Santa Rosa, CA, USA, 2018) használtunk. Ennek a LED panelnek a segítségével méréseket végeztünk, hogy a gyártó által megadott paramétereken túl feltérképezzük és jellemezni tudjuk az eszközt. Később a növénymegvilágítási kísérletekben használt LED-ek (420 LED Grow Circle Series 4, Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED, Lágymányosi féle keret) esetében hasonló mérési módszereket alkalmaztunk.

Egy növénykísérlet megfelelő reprodukálhatóságához szükséges a világítási eszköz teljeskörű fénytani ismerete. A nemzetközi szakirodalomnak megfelelően ezért is fontos a LED panelek fénytani jellemzőire vonatkozó mérések. A méréseket az Óbudai Egyetem, Tavaszmező utcai világítástechnika laboratóriumában, spektro-radiométerrel (AvaSpec-2048-2, optikai szál: FC-UV200-2SR, Avantes, Apeldoorn, Hollandia) végeztük. A Gödöllői Campuson a növénykísérletek helyszínén, a korábbihoz hasonló elven térképeztük fel a PPFD eloszlást, míg a LED-ek spektrális összetételét a termesztőhelyiség kialakításakor spektro-radiométerrel (Flame-S-XR1-ES, Ocean Insight, Orlando, FL, USA) mértük.

Ahhoz, hogy megtudjuk, hogy a fényforrásban található egyes csatornákhoz tartozó LED-ek milyen **hullámhossz**on sugároznak, felvettük azok spektrumait. A módszer lényege, hogy a spektro-radiométerben a fotodetektor elé helyezett monokromátor a belépő, összetett, szélessávú elektromágneses sugárzást bontja különböző hullámhosszú összetevőkre, melyek eltérő szögben közel monokromatikusan lépnek ki a monokromátorból. A hullámhossz szelektálása ennek segítségével történik meg a kilépő résen át. Ezt követően egy töltéscsatolt detektor (*charge coupled detector,* **CCD**) pixeleire érkezik a szelektált keskeny sávszélességű hullámhossz-tartomány. A detektor egyes pixeleiben tárolt töltésmennyiség arányos a detektort érő elektromágneses sugárzás mértékével és spektrális érzékenységével. Azáltal, hogy a detektor egyes pixeleiben generált töltéscsomagok nagyságát hullámhosszonként súlyozzuk a detektor spektrális érzékenységével, megkapjuk a felületi besugárzott teljesítményt [$\mu W/mm^2$].

A LED panel vizsgálata során mindhárom csatorna 50%-os intenzitással működött, eközben feltérképeztük a diódák helyét koordinátákkal jelölve, ahol az x (rövid oldal), az y (hosszú oldal), és kigyűjtöttük, hogy az egyes LED-ek melyik csatornába vannak bekötve. Ezzel párhuzamosan vizsgáltuk, hogy milyen hullámhosszúságú fényt sugároz az adott LED, amit szintén feljegyeztünk (9. ábra). A panel vizsgálatával kapcsolatosan Hetyei (2019) is részletez méréseket. A Gödöllői Campuson a helyszínen végeztünk méréseket, ahol a LED-ek intenzitása 100% volt.



9. ábra: LED spektrum meghatározás folyamata spektro-radiométerrel (fotó: Hetyei Gina, 2018)

Ezen adatok alapján a sugárzott fény fotoszintetikusan aktív fotonáram sűrűsége (PPFD) is kiszámítható, az alábbi képlet segítségével:

$$PPFD = \frac{10^6}{N_A} \sum_{400\,nm}^{700} \frac{E_e(\lambda)\Delta\lambda}{E_f(\lambda)}$$

ahol:

PPFD: Fotoszintetikusan aktív fotonáram sűrűség [µmol/m^2/s],

N_A: Avogadro szám = 6,022·1023 mol^{-1},

$E_{e(\lambda)}$: besugárzott felületi teljesítmény [W/m^2/nm] (mért érték),

$\Delta\lambda = \lambda_n - \lambda_{n-1}$ (a vizsgált és az előtte mért hullámhossz érték különbsége),

E_f: foton energiája [J].

$$E_f = h \cdot f = h \cdot c / \lambda$$

ahol:

h: Planck-állandó: 6,626·10^{-34} [m^2/kg/s],

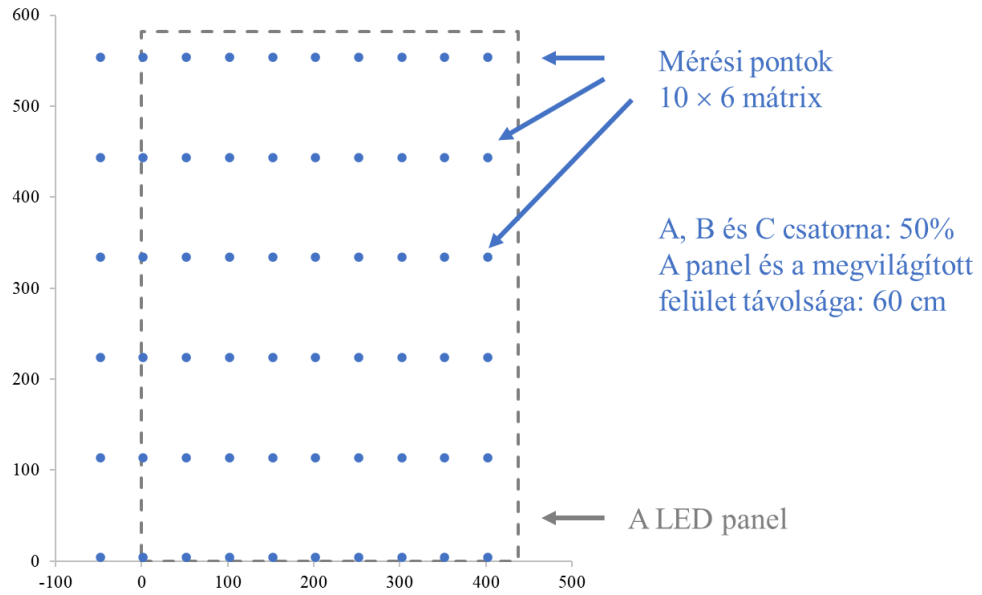
f: frekvencia [Hz],

c: fénysebesség kerekítve: 3·10^8 [m/s],

λ: adott fotonszám esetén mért hullámhossz [nm].

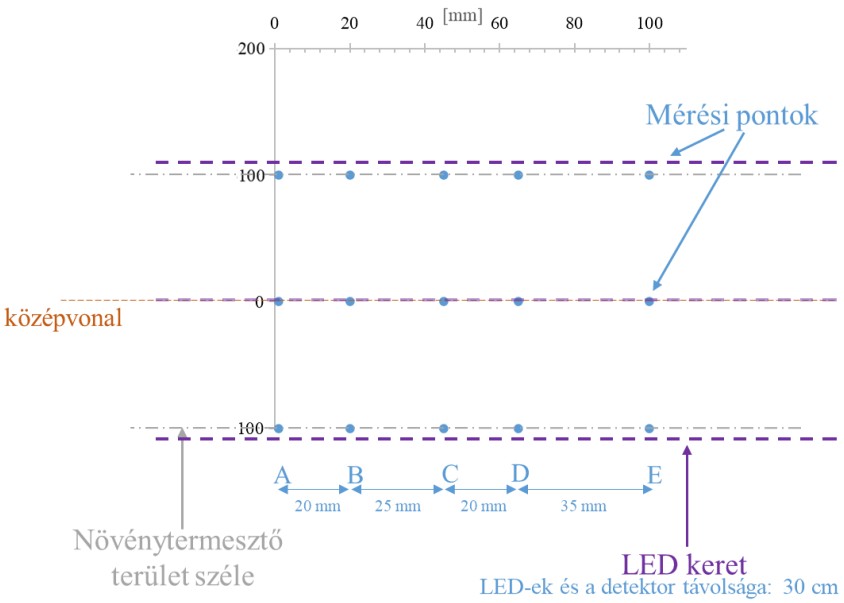
Miután a panelre felállítottuk a hullámhossz eloszlást és átszámítottuk a PPFD értékeket, megkezdődhettek a PPFD eloszlást feltérképező mérések, amellyel jellemezni lehet, hogy a mérési távolság mennyire befolyásolja a PPFD értékét. Ebben az esetben a PAR tartomány teljes lefedése érdekében 379-780 nm tartományban 1279,96 lux megvilágítási érték mellett vizsgáltuk a PPFD

értékeket. Ehhez egy 600 x 600 mm alapterületű mérőháló került kialakításra és 6 x 10 pontban történtek mérések (10. ábra). A panel 60 cm magasságra (gyártó által ajánlott minimális távolság) került a mérőeszköztől, egy erre kialakított állványzatra erősítve. Összesen 4 alkalommal mértünk, külön-külön csatornánként és együttes üzemelés esetén, a csatornák 50%-os intenzitása mellett.



10. ábra: PPFD mérés során használt mérőháló, mérési pontok és a panel elhelyezkedése 60 cm-es távolságban 50%-os fényintenzitás mellett

A Gödöllői Campuson végzett mérések esetében ettől eltérő módon, a kialakított keretek hosszirányában, a növénytermesztő terület (vályú teteje) szélein, illetve a növények kiültetési vonalában – mely megegyezett a keret középvonalával – vizsgálódtunk. Minden esetben a vályú felszínétől 13 cm-re, amely megegyezett a kőzetgyapot paplanba ültetett palánták magasságával és a kísérletek beállításakor végzett PPFD mérések magasságával. Ez a detektor és a diódák távolságában nézve azt jelentette, hogy 420 LED 90 cm-re, a Roleadro LED 73 cm-re, a Lágymányosi féle LED pedig 30 cm-re volt a függőlegesen mérő AvaSpec spektro-radiométer szenzorától. A mérések során a LED-ek 100%-os intenzitása mellett külön-külön végeztünk méréseket (11. ábra). A világítási rendszerekben elhelyezett LED-ek csúcsi hullámhosszát már ismertük, így a LED-ek spektrális jellemzéséhez és fotonáramsűrűség-eloszlásának becsléséhez elegendő volt néhány mérési ponton adatokat gyűjtenünk. Mivel elsősorban az ideális mérési módszer meghatározása volt a célom, nem pedig a világítótestek validálása, összehasonlítása, ezért csak részlegesen közlöm erre vonatkozó adataim és eredményeim.



11. ábra: Lágymányosi féle világítótest esetében PPFD mérés során használt mérőháló, mérési pontok és a panel elhelyezkedése 30 cm-es távolságban 100%-os fényintenzitás mellett

3.3. A kutatás módszerei

3.3.1. Műszeres és analitikai vizsgálatok

3.3.1.1. Klorofill fluoreszcencia vizsgálata (non-invazív módszer)

Kísérleteinkben vizsgáltuk az eltérő LED alapú világító-rendszerek hatását a batávia saláta leveleinek klorofill fluoreszcenciájára. A kezeléseknél minden saláta, 3 teljesen kifejlett levelét vizsgáltuk, a kutatási gyakorlatoknak megfelelően dekádonként (10 naponta). A mérésekhez az impulzus-amplitúdó-moduláció (*pulse-amplitude-modulated*, **PAM**) elvén működő PAM-2500 (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Németország) klorofill fluorimétert használtuk. A fluoriméter szoftverének F_v/F_m protokollját használtuk. Emellett az eszközhöz tartozó 2030-B levél-klipszben található egy mini-kvantum-szenzor, amivel a PAR tartományon belül mérhető a PPFD mértéke; valamint egy NiCr-Ni hőelem (*thermocouple*), ami a levél hőmérsékletét érzékeli. A lombfelszín hőmérsékletét külön kísérleti paraméterrel nem befolyásoltuk.

A mérést 30 percig sötétadaptált (DLC-8 (Heinz Walz GmbH, Effeltrich, Németország) levélcsipesz segítségével) levélen végeztük, amikor a klorofill-a fluoreszcencia indukciójának gyors szakaszában meghatározható a fluoreszcencia alap (F_0) és maximális (F_m) értéke. A változó (F_v) és a maximális fluoreszcencia aránya megmutatja a PSII reakciócentrumok maximális kvantumhatékonyságát. A PSII-ben lezajló fényenergia-átalakítás elméleti legnagyobb hatásfokát az $F_v/F_m = (F_m-F_0)/F_m$ formulával jellemeztük. A maximális fluoreszcencia hozam mérése egy 0,8 s időtartamú ($\lambda \approx 650$ nm) telítési fényimpulzussal (1100 µmol foton m^2/s), 20 kHz modulációs frekvencia mellett történt.

3.3.1.2. Relatív klorofill-tartalom mérése (non-invazív módszer)

A relatív-klorofill mérés során a levél klorofill-a mértékét tudjuk vizsgálni, azáltal, hogy a klorofill eltérő mértékben nyeli el a különböző hullámhosszúságú fényt, így a fénykioltás mértékéből következtetni lehet a levél klorofill-tartalmára. A mérésekhez egy Minolta SPAD-502A (Konica Minolta, Tokió, Japán) készüléket használtunk. A kezeléseknél minden saláta, 4 teljesen kifejlett levelét vizsgáltuk, dekádonként. A mérés során a készülék 650 nm és 940 nm hullámhosszúságú LED-ekkel dolgozik. Erre a karotin nem ad választ, az eredmény így nem torzul. A két féle LED azonos fényerősséggel sugároz a levéllemezre (6 mm^2). A mérés eredményét a levéllemezen áthatolt fénymennyiségből kalkulált érték adja meg, amit a szilikon fotodióda (*silicon photodiode*, **SPD**) érzékel.

3.3.1.3. Saláta fajták klorofill-a, klorofill-b és összes karotinoid tartalom meghatározása

A módszer során Yang et al. (1998) leírása alapján, spektrofotometriásan határoztuk meg a saláta kivonat növényi pigment-tartalmát. A korábban ledarált fagyasztott növényi mintából kiolvadt állapotban 0,25 g bemértünk 15 ml-es centrifugacsövekbe, amihez 5 ml 80 %-os acetont használtam oldószerként. A feltáródás érdekében az oldatokat 5 percig centrifugáltam 1500 fordulat/perc, szobahőmérsékleten. A felülúszó fázist üveg küvettába pipettáztam és Helios-alpha spektrofotométerrel (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) lemértem az abszorbanciát a klorofill-a, a klorofill-b és a karotin esetében egységenként λ = 663,6 nm; λ = 646,6 nm; λ = 440,5 nm hullámhosszúságon. A méréseket 3 párhuzamosban végeztem. A pigmenttartalom kiszámításához az alábbi egyenleteket használtam, ahol a végeredmények µg pigment/g friss tömegre vonatkoznak. Cl_a (µg/ml) = 12,25 $A_{663.6}$ - 2,55*$A_{646.6}$, Cl_b (µg/ml) = 20,31 $A_{646,6}$ - 4,91 $A_{663.6}$, $Cl_{(a+b)}$ (µg/ml) = 17,76 $A_{646,6}$ -7,34 $A_{663,6}$ (Porra et al., 1989), Car (µg/ml) = 4,69 $A_{440,5}$ - 0,267 $Cl_{(a+b)}$ (Holm, 1954).

3.3.1.4. Ásványi-anyag meghatározása ICP-OES módszerrel

Az összes mintát az atomspektroszkópiás elven működő induktív csatolású plazma optikai emissziós módszer (ICP-OES) (PerkinElmer, modell: Optima 8000 ICP OES) segítségével elemeztük, az elemzéshez WinLab32 szoftvert használtunk. A spektrométer egy a töltés-csatolt (*Charge-Coupled Device*, **CCD**) szilárdtest detektorral volt ellátva, amely a küvettán áthaladó fényt 160-900 nm hullámhossz-tartományban képes elnyelni. A bevezető rendszer egy üveg ciklonos porlasztókamrából és egy üveg koncentrikus (Meinhard-féle) porlasztóból állt. Az injektorcső plazmaégő (torch) átmérője 2,0 mm volt. Az ICP-OES része volt a monokromátor is, amely külön-külön érzékeli a kémiai elemeket. A műszer működési feltételeit a 4. táblázat sorolja fel. A kiválasztott analitikai hullámhosszokat az 5. táblázat tartalmazza.

4. táblázat: ICP-OES műszeres működési feltételei

Paraméter	Értéke
Porlasztó típusa	Meinhard
Porlasztókamrába fecskendezés típusa	ciklonos
Minta-áramlása	1,50 mL/min
Plazma gáz-áramlása	15 L/min
Vivőgáz áramlása	0,3 L/min
Porlasztógáz áramlása	0,6 L/min
Rádiófrekvenciás generátor teljesítménye	1300 W
Mintázási mélység	15 mm

5. táblázat: Hullámhosszok és a plazma emissziójának választott megfigyelés iránya

Elem	Hullámhossz [nm]	Plazma emisszió megfigyelés iránya
Fe	259,939	Radiális
P	214,914	Radiális
Ca	315,887	Tompított radiális
K	766,490	Tompított radiális
Mg	279,077	Radiális

A korábban aprítógéppel (Bosch MMR08A1 400 W) homogenizált fagyasztott saláta mintákból történt meg az elemzésre való előkészítés. Az egy kezelésbe tartozó minták homogenizálása – minden egyes korábban homogenizált mintából 2 gramm került az átlagmintába – után azokat egy mintacsoportnak tekintettük, amiből 5 párhuzamos mintát vizsgáltunk.

Az egyes minták (0,5 g) alikvotjait pontosan lemértük egy roncsolóedénybe, majd 5 ml tömény salétromsavat (65% HNO_3) adtunk hozzá. Ezt a keveréket egy éjszakán át hagytuk magára, másnap 3 ml hidrogén-peroxidot (30% H_2O_2) adtunk hozzá. Az edényeket a mikrohullámú roncsolóba helyeztük (Mars 5, CEM Corporation) roncsolásra. Ahhoz, hogy a roncsoló belsejében a nyomás elérje a 250 psi-t (*Pound-force per Square Inch*) 20 percre volt szükség. Ezután a mintákat 15 percig, 2200 °C hőmérsékleten 250 psi nyomáson kezeltük, amit 20 perces kihűlési szakasz követett.

A mineralizáció után a kapott oldatokat szobahőmérsékletre hűtöttük, majd automatikus mintavételezésre alkalmas mintatartó csövekbe tettük és nagy tisztaságú Milli-Q vízzel 25 ml végső térfogatra hígítottuk. Az ásványi anyagtartalom meghatározását az átlátszó oldatokból az ICP-OES végezte. A berendezés kalibrálását standard elemi oldatokkal hajtottuk végre, a kívánt koncentrációra hígítva. A hígításokat HNO_3 (2M) felhasználásával készítettük. Az oldatok

koncentrációi 1 és 100 mg/kg között voltak (1, 5, 10, 100 mg/kg), hogy a mintákban valószínűsített ásványi-anyagok mennyiségével összeilljenek.

3.3.1.5. Összes polifenol-tartalom (TPC) meghatározása Folin-Ciocalteu reagenssel

A polifenolok összessége a növényi fenolok és fenolos vegyületek, melyek egyszerű fenolokra, flavonoidokra és komplex polifenolokra bonthatók. Általános jellemzőjük, hogy vízben többnyire jól oldódnak, oxidálószerrel reagáltathatók (antioxidáns tulajdonság), egy fenolos hidroxil-csoport vagy annak származéka megtalálható bennük (Crozier et al., 2009). Az összes polifenol-tartalom (*total polifenol content*, **TPC**) meghatározása Folin-Ciocalteu reagens használatával történt, melynek módszerét Singleton & Rossi (1965) dolgozták ki. A módszer elve alapján az elegyben levő foszfowolframsav ($H_3PW_{12}O_{40}$) és foszfomolibdénsav ($H_3PMo_{12}O_{40}$) oxidálja a fenolos komponenseket, mely színelváltozással jár. A színelváltozás (kék) mértéke arányos a fenolos vegyületek mennyiségével, melynek mérése spektrometriásan (λ = 760 nm) meghatározható (Abrankó et al., 2011).

Az ásványi-anyag meghatározás ICP-OES módszerrel (3.3.1.4) fejezetben részletezett módon elkészített homogenizátumokból kezelésenként két párhuzamosban táramérleg pontossággal mértem be 1 gramm salátamintát 50 ml-es centrifugacsövekbe. Erre 5 ml ioncserélt vizet pipettáztam majd vortexeltem az elegyet. Ezt követően egy órára ultrahangos vízfürdőbe kerültek a falkoncsövek, amit 15 perc centrifugálás (szobahőmérsékleten 6000 fordulat/perc) követett. A centrifugálás után mintánként a felülúszót átpipettáztam steril mintatartó csövekbe.

A méréshez az 6. táblázatban ismertetett módon kémcsövekben állítottuk össze az elegyeket, Folin-Ciocalteu fenol reagens 1:10 arányú keverékét (50 ml Folin : 500 ml desztillált víz), metanol vizes oldat (80 ml : 20 ml), Na_2CO_3 oldat 7,42g : 100ml desztillált víz) melyeket vortexszel homogenizáltunk. Egy perc elteltével hozzáadtuk az 1000 µl nátrium-karbonát oldatot (7,42g Na_2CO_3 / 100 ml desztillált víz). A kémcsöveket, 5 percre 50°C-os vízfürdőbe tettük. Ezt követően sorban küvettába töltöttük a mintákat a kalibrációs sor tagjaival kezdve, és Helios-alpha spektrofotométert (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA) alkalmazva, 760 nm-es hullámhosszon leolvastuk az abszorbancia értékét, mintánként három ismétlésben. Az eredményeket a már felvett kalibrációs egyeneshez néztük, amely alapján további hígításra nem volt szükség. A kalibrációt galluszsav segítségével vettem fel 5,1 mg : 10 ml desztillált víz (3 mM oldat, amit 0,3 mM-ra hígítottunk) tartomány között.

6. táblázat: Összes polifenol meghatározásnál vizsgált oldatok összeállítása (forrás: Abrankó et al., 2011)

	Folin-Ciocalteu reagens*	MeOH : H_2O	galluszsav oldat (cc. 0,3 mM)	Na_2CO_3 oldat*	$C_{gal.}$ [µM]	$C_{gal.}$ [µg/ml]
vak	1250 µl	250 µl	-	1000 µl	0	0
1	1250 µl	200 µl	50 µl	1000 µl	6	1,02
2	1250 µl	150 µl	100 µl	1000 µl	12	2,04
3	1250 µl	100 µl	150 µl	1000 µl	18	3,06
4	1250 µl	50 µl	200 µl	1000 µl	24	4,08
5	1250 µl	-	250 µl	1000 µl	30	5,1

3.3.1.6. Nitrát tartalom meghatározása

Mivel a nitrát nem infraaktív komponens, ezért csak indirekt módon, statisztikai eszközökkel, a klasszikus analitikai (Ultraibolya és látható fényabszorpciós (*Ultraviolet and visible* (**UV-Vis**) *absorption*) spektrofotometriás módszer (Na-szaliciláttal, SF-06-A01:2009 szerint) és a Fourier transzformációs közeli infravörös (*Fourier Transform Near-Infrared*, **FT-NIR**) spektrofotometriás mérések együttes információinak felhasználásával lehet majd a nitrát-tartalmat megbecsülni, a becslő függvény segítségével. A módszerfejlesztés célja, hogy a későbbiekben ismeretlen salátaminták nitráttartalmát tudjuk megbecsülni az FT-NIR spektroszkópiás módszer segítségével, kiváltva ezzel a vegyszer- és időigényes klasszikus analitikai módszert. Ahhoz, hogy megbízhatóan lehessen majd használni a becslő függvényt, először adatbázis kell építeni, amihez nagy mintaszámra van szükség. A 3.1. fejezetben ismertetett minták (összesen 266 salátafej) nitrát meghatározása a mintaelőkészítést követően kétféleképpen történt. A mérések során egy egész salátafej képezett egy mintát.

3.3.1.6.1. Mintaelőkészítés

A mintaelőkészítés során a salátafej külső, maximum 4 darab földes, sérült vagy beteg leveleit a torzsa egy részével együtt üveg vágódeszkán, rozsdamentes acél késsel eltávolítottam, majd törekedve arra, hogy a salátafej minden részéből kerüljön a bemérendő mintába, a salátafej negyedét vagy felét használtam fel, a vágás iránya a saláta torzsájának hosszmetszetével megegyezett. Ezt követően a tavaszi minták esetében Hauser C-13 (400 W) aprítógépet vagy Russell Hobbs 21510-56 Aura (350 W) aprító; illetve az őszi mintaelőkészítések során Bosch MMR08A1 (400 W) aprító készülékek segítségével homogenizáltam a mintákat. A mintaelőkészítéshez használt eszközöket, beleértve az aprítógépeket is minden használat előtt csapvízzel elöblítettem majd desztillált vízzel átmostam, izopropanollal fertőtlenítettem, ismételten átmostam desztillált vízzel végül papírtörlővel szárazra töröltem. Ezután következtek az FT-NIR- és az UV-Vis spektroszkópiás mérések.

3.3.1.6.2. FT-NIR módszer és az alkalmazott készülék

A vizsgált minták jól darálhatók, így biztosítható a homogén mintaszerkezet, ezért a diffúz-reflexiós (az infravörös sugárzás a minta belső rétegeibe is bejut (2-4 mm)) mérési módot választottam. A saláta víztartalma igen magas (96%), így várható a spektrumban jelentős víz-csúcsok megjelenése.

Az FT-NIR mérésekhez egy BRUKER MPA™ FT-NIR/NIT (Bruker Optik GmbH Ettlinger, Németország) típusú készülékét alkalmaztam. A készülék 10 kHz pásztázási sebességgel veszi fel a spektrumot, méréseim során a spektrális felbontása 8 cm^{-1} volt. A mintáról visszaverődő infravörös sugárzást a készülék egy arannyal bevont integráló gömbben gyűjti össze és juttatja a detektorba. Mivel az aranynak nincs infravörös elnyelése, így nem adódik információ veszteség. Reflexiós mérési mód esetén a detektor ólom-szulfid (PbS). A Bruker MPA készülék optikai egységként Rocksolid interferométert tartalmaz, így a vizsgált infravörös tartomány teljes spektrumával pásztázza a mintát. A mérési hullámhossz tartomány 800-2500 nm (hullámszám: 12500-4000 cm^{-1}). Az interferométeres optikai egységet tartalmazó készülékek jel-kiértékeléséhez Fourier transzformációt alkalmaztam, amely segítségével megkaptam a hullámszám kombinációk függvényében mért abszorbancia jelből az abszorbancia spektrumképet. A spektrumfelvétel során egy-egy mintáról 32 alspektrum készül, s ezek átlaga a kapott spektrumkép. Egy-egy minta vizsgálata során legalább 5 párhuzamos spektrumfelvételt készítettem a 80 mm átmérőjű forgatható kvarc-küvettában. A felvételek között a mintákat átkevertem, így biztosítva az esetleges felületi inhomogenitásból eredő eltérést.

A készülék OPUS 7.2 (Bruker, Optik GmbH Ettlinger, Németország) szoftver alkalmazásával rögzíti a spektrumokat.

3.3.1.6.3. A spektrofotometriás módszer és az alkalmazott készülék

A spektrofotometriás méréshez az FT-NIR mérésnél felhasznált darálmányból 5 g mintát (a pontos értékeket táblázatban rögzítettem) mértem be táramérlegen, Erlenmeyer lombikba, és 40 ml desztilláltvizet adtam hozzá. Ezután a mintákat 100°C hőmérsékletű vízfürdőn extraháltam 15 percig. Az extrakciót követően a már szobahőmérsékletű mintákat maradék nélkül 200 ml-es mérőlombikokba mostam át. A zavaró kolloidok és fehérjék kicsapása céljából 4,0 ml Carrez I és Carrez II oldatot adtam az elegyekhez, majd jelre töltöttem a mintákat. Az összerázott és 30 percet állt mintákat leszűrtem, majd ezzel a szűrletekkel dolgoztam tovább.

Az UV-Vis módszerrel történő nitrát meghatározáshoz szükséges vegyszerek és reagensek listáját a 7. és a 8. táblázat tartalmazza. A fotometriás nitrát-tartalom méréséhez külső kalibrációs eljárást alkalmaztam. A 10 µg/ml nitrát standard oldatból megfelelő hígítással 0,1 µg/ml, 0,2 µg/ml, 0,3 µg/ml, 0,4 µg/ml, 0,5 µg/ml nitrát koncentrációjú kalibrációs oldatsorozatot

készítettem. Bepárló csészékbe 5,0-5,0 ml mintát mértem be, majd ehhez 1,0-1,0 ml 0,5 g/100 mL koncentrációjú nátrium-szalicilát oldatot adtam. Alaposan elvegyítettem az oldatokat, majd szárítószekrényben 100°C-on szárazra pároltam. A kalibrációhoz tartozó oldatok és a vakminta teljesen azonos módon készültek. A szárazra párolt mintákhoz 1,0-1,0 ml tömény kénsavat (96%) oldatot adagoltam. Alapos elkeverés és 10 perc reakcióidő eltelte után desztillált vizet adtam hozzá, majd átmostam a mintákat 50,0 ml mérőlombikba. 7,0 ml 10 mol/L nátrium-hidroxid hatására kialakult a minták jellegzetes sárga szín színét adó nitro-szalicilsav. A reakció teljes lejátszódásához 20 perc reakcióidő szükséges. A jelretöltést követően 20 perc reakcióidőt kivártam. Ezután a minták abszorbanciáját 410 nm hullámhosszon mértem fotométerrel. A fotometriás méréseket két fényutas, PC vezérelt, Thermo Scientific™ Evolution™ (Thermo Fisher Scientific, Walthman, MA, USA) regisztráló UV/VIS spektrofotométerrel végeztem. A kiértékeléshez VISIONpro™ V2.02 (Thermo Fisher Scientific, Walthman, MA, USA) szoftvert használtam. A kalibrációs oldatok abszorbancia értéke alapján meghatároztam a koncentráció-abszorbancia összefüggést. Így a lineáris összefüggés egyenletének ismeretében a minták abszorbanciája alapján a minták nitrát koncentrációja megadható.

7. táblázat: Felhasznált vegyszerek

Alkalmazott vegyszer		Tisztaság	Származási hely
Nátrium-nitrát	$NaNO_3$	al.t	Lachner (Nerabovice (Csehország)
Kálium-[hexaciano-ferrat(II)]	$K_4[Fe(CN)_6]\ 3H_2O$	at	Reanal, Budapest
Cink-acetát	$(CH_3COO)_2Zn_2H_2O$	at	Reanal, Budapest
Nátrium-szalicilát	$C_6H_5OHCOONa$	at	Reanal, Budapest
Kénsav 96%	H_2SO_4	al.t.	Molar Chemicals, Budapest
Ecetsav, 100 m/m%	CH_3COOH	al.t	Reanal, Budapest

8. táblázat: Felhasznált reagensek

Reagensek	Összetétel
nitrát törzsoldat	0,1371 g $NaNO_3$/100,0 ml (10^3 µg/ml)
nitrát standard	2,5 ml törzsoldat/50,0 ml (50,0 µg/ml)
Carrez I	7,5 g ($K_4[Fe(CN)_6]_3H_2O$/50 ml
Carrez II	11 g $(CH_3COO)_2Zn_2H_2O$+1,5 ml cc ecetsav/50 ml
Na-szalicilát	0,5 g Na-szalicilát/100 ml
NaOH	400 g NaOH/100 ml (10 mol/L)

3.3.2. Általános növényfizikai paraméterek mérése

3.3.2.1. Levélhossz

A vegetatív növekedés mutatójaként a levélhossz növekedését követtem figyelemmel. A felvételezésre 10 naponta, a non-invazív mérésekkel egy időben került sor, beosztásos vonalzó segítségével. Minden növény esetében a legidősebb 4 levelet vizsgáltam milliméter pontossággal.

3.3.2.2. Tömeg

A termesztési ciklus végén, a 30. napon vizsgáltam a salátafejek tömegét. A tömegméréshez Ohaus precíziós mérleget használtam, melynek mérési pontossága 0,01 gramm.

3.3.2.3. Szárazanyag-tartalom

A szárazanyagtartalom meghatározásához a friss mintából használtam fel. Minden fej saláta negyede (vágási él a torzsa hosszmetszete) került lemérésre, majd szárítószekrényben tömegállandóságig száradt (70°C, 24 óra). Az ismételt mérést követően kiszámítottam a relatív tömegarányt.

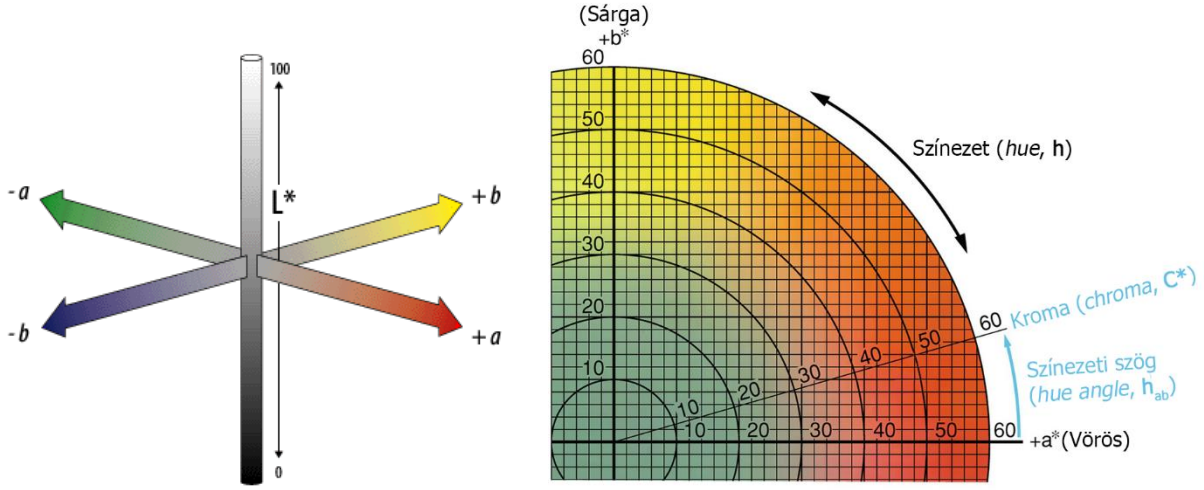
3.3.3. Műszeres színmérés

A színmérést egy kalibrált (fehér standard) mobil Sheen Micromatch Plus spektrofotométerrel (modell: 181/3; Sheen Instruments, Egyesült Királyság) végeztük, közvetlenül a szedést követően, a 30. napon. A hőmérsékletfüggetlen színmérés a 400-700 nm hullámhossz-tartományban lehetséges, 20 nm hullámhossz-intervallum mellett. A készülék, (megfigyelő: 2°; 10°; ΔE^*_{ab} hibája kisebb, mint 0,2; ismételhetőség 0,01 pontossággal) CIE 1976 $L^*a^*b^*$ színtérben megadott értékeivel dolgoztam tovább, kiegészítve a kroma (C^*) és színezet (h) értékekkel, melyhez az ISO/CIE 11664-4:2019 szabványt vettem alapul.

Minden színpont egyértelműen elhelyezhető a színtérben (12. ábra, balra) három koordinátával megadva. Ahol a^* tengelyen negatív irányban a zöldhöz (-100), pozitív irányban a vöröshöz (+100), míg b^* tengelyen negatív irányban a kékhez (-100), pozitív irányban a sárgához (+100) közelít a síninger. Ezt a két koordinátát egy harmadik egészít ki, mely megadja, hogy az L^* tengelyen a sötéttől (0) a világosig (100) hol helyezkedik el a színtérben az adott színpontot. (Schanda, 2007).

A színpont egyértelmű leírását még két jellemző segíti: a színtelítettség (kroma, *chroma*, C^*_{ab}), valamint a színezeti szög (*hue angle*, h_{ab}). A színtelítettségi érték az a^* és b^* síkban kerül értelmezésre ($\boldsymbol{C^*_{ab}} = (a^{*2}+b^{*2})^{½}$), amely a vektor abszolút értéke (egy derékszögű háromszög átfogója, melynek csúcsai: 0,0; a^*,b^*; a^*,0), vagyis a színpont L* tengelytől való távolságát mutatja meg. A kroma a fényesség-fénytelenség (tompa) közötti eltérést mutatja meg. A színezeti szög (színárnyalat) ($\mathbf{h_{ab}}$=arctg b^*/a^*) az átfogó és az a* tengelyen a 0° közötti szög (12. ábra, jobbra).

A h_{ab} szögét attól függően, hogy a^* és b^* pozitív vagy negatív, úgy 0-360° között lehet megadni. A színezeti szög a színvektor irányának az a^* tengely irányától a C^*_{ab} vektorig való elforgatását (0º-360º) jelzi a színtérben. A színezeti szög értékeinek megfelelő színek: vörös-lila 0º, sárga 90º, kékes-zöld 180º és kék 270º (Fekete et al., 2014; McGuire, 1992). Két szín közötti különbség (színeltérés) mértékét mutatja meg a $\mathbf{\Delta E^*_{Lab}}$, ($\Delta E^*_{Lab} = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*_{ab})^2 + (\Delta b^*_{ab})^2]^{1/2}$), ami az eltérés irányára nem utal, csupán két színpont között a térbeli geometriai távolságot (Euklideszi-távolság) adja meg. A színeltérés bizonyos értékhatár felett, szemmel látható a bíráló/megfigyelő számára. Kísérlettel és statisztikailag is bizonyított határértékek a következők: szemmel nem érzékelhető a különbség ($0<\Delta E<1$), csak tapasztalt szemlélő veszi észre a különbséget ($1<\Delta E<2$), tapasztalatlan szemlélő is látja a különbséget ($2<\Delta E<3,5$), egyértelműen látható a színek közötti különbség ($3,5<\Delta E<5$), a szemlélő határozottan elkülönít két színt ($5<\Delta E$) (Mokrzycki & Tatol, 2011).



12. ábra: CIELab színtér (Forrás: Adobe, 2000)(balra); az a*, b* kromatikus diagram egy része, melyen a kroma és a színezeti szög viszonya látható (készült: Wrolstad & Smith, 2017 nyomán)(jobbra)

3.3.4. Fogyasztói vizsgálatok

3.3.4.1. Fókuszcsoport és conjoint analízis

A fogyasztói fókuszcsoportos vizsgálataim célja volt, hogy betekintést nyerjek a salátát vásárló fiatal felnőttek gondolkodási formáival, attitűdjeivel kapcsolatban, valamint feltárjam azon választási kritériumokat, amelyek hatással vannak a döntéseikre. A feltáró vizsgálatok (fókuszcsoportos beszélgetések) során kifejezetten a conjoint módszer bemenő paramétereinek meghatározása volt a célom, vagyis a saláta vásárlás szempontjából fontos termékjellemzők és azok szintjeinek lehatárolása. A kutatás eredményességét ezek az információk alapvetően befolyásolják. A fókuszcsoportos vizsgálatokat és a conjoint analízist Thaiföldön végeztem, a Mae

Fah Luang University közreműködésével. A feltáró vizsgálatok elvégzéséhez a fókuszcsoportokra esett a választás, viszonylag egyszerű kivitelezhetősége és költséghatékonysága miatt.

A fókuszcsoportos interjúk 2018 tavaszán angol nyelven zajlottak az irányításommal, Krueger (2002) javaslatai alapján, valamint az Érzékszervi Laborban tanultak szerint (a félig strukturált interjúkhoz a kérdések vezérfonalai előre elkészültek, viszont a beszélgetések során új kérdések is felvetődhettek, amire kitértünk). A kutatás eredményességét szem előtt tartva, rendszeresen látogattam a piacokat, élelmiszerüzleteket és diszkontokat, annak érdekében, hogy teljes képet kapjak a salátapiac helyzetéről, a kérdéseket ezen tapasztalataim és a kinti konzulensem, dr. Piyaporn Chueamchaitrakun segítségével készítettem el. Amennyiben szükség volt egy adott kifejezés magyarázatára thaiul, úgy a csoportok résztvevői egymást segítették. A három 8-9 fős foglalkozáson fiatal thai felnőttek vettek részt, akik rendszeresen fogyasztanak salátát és a bevásárlásért is ők felelnek (átlagéletkor: 25,6 év, 18 nő, 8 férfi). Az egyenként nagyjából 1,5 órán át tartó kerekasztal beszélgetésre zavaró hatásoktól mentes, nyugodt körülmények között került sor a Mae Fah Luang University, Tea and Coffee Institute konferencia termének ovális asztalánál, amely során a résztvevők előzetes beleegyezésével a későbbi elemzés céljából hangfelvétel készült. A résztvevők a beszélgetés után kis értékű ajándékcsomagot kaptak.

A fókuszcsoportok segítségével meghatároztam a legfontosabb 5 termékjellemzőt és azok szintjeit (összesen 20). Mivel a teljes faktoriális terv (*full factorial design*) összesen 672 kombinációt jelent – ami hamar mentális kifáradáshoz vezetne az értékelés során –, ezért az SPSS 16.0 szoftver segítségével az érték alapú conjoint analízis (*rating-based conjoint*/*conjoint value analysis*) során az ortogonális tömbök módszerével redukáltam a conjoint kártyák számát 32 darabra, melynek ortogonális terve az M5. mellékletében (73. táblázat) olvasható. Ezt követően minden egyes kártyát létrehoztam a való életben is és fényképeket készítettem róluk. Ezek egy online Google kérdőív részét alkották, ahol a kártyák a sorrendi hatás kiküszöbölése érdekében véletlen sorrendben kerültek bemutatásra. Minden kártyához generáltam nem nullával kezdődő háromjegyű véletlen számokat. A kérdőív nyelve thai és angol volt és a kérdések véglegesítése előtt próbalekérdezést hajtottam végre kis elemszámú (15 fős) mintán. A kérdőív kitöltésének megkezdése előtt a bevezető részében olvasható volt, hogy ki, milyen célból, mivel kapcsolatban kéri a célcsoportot önkéntes adatszolgáltatásra. A válaszadók fő feladata az volt, hogy a termékkombinációkat értékelje 0-100 között, aszerint, hogy mennyire kedveli az adott termékkombinációt, ahol 0=rendkívüli módon nem kedveli, 100=rendkívül kedveli.

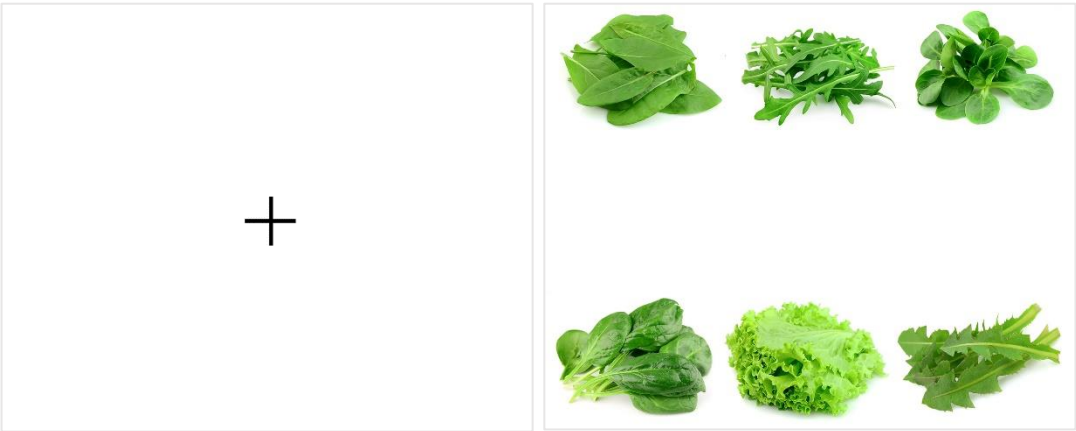
A megkérdezések során összesen 352 személy közül 346 személy adott értékelhető választ, amit a fiatal felnőttekre történő szűrést és a hiányos vagy megjegyzés alapján egyértelműen kiesők elhagyását követően 252 ember válaszát elemeztem. A conjoint elemzés fogyasztói válaszai

alapján három fogyasztói szegmenset határoztam meg (agglomeratív hierarchikus klaszterezés (*agglomerative hierarchical clustering*, **AHC**)), Euklideszi távolság, Ward módszer).

3.3.4.2. Szemkamerás vizsgálatok

Gere (2015) munkája alapján végeztem a szemkamerás vizsgálatokat a Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Karának Érzékszervi Minősítő Laboratóriumában. A résztvevők szemmozgásának rögzítésére egy csendes helyiségben, semleges fehér színű érzékszervi bírálati fülkében került sor. A kísérlet során a Tobii Pro X2-60 (60 Hz) típusú statikus szemkamerát, az adatok feldolgozásához pedig a Tobii Studio (version 3.0.5, Tobii Technology AB, Svédország) adatfeldolgozó szoftvert alkalmaztam. Az ingereket egy katódsugárcsöves (*cathode ray tube*, **CRT**) képernyőn (Samsung SyncMaster 757 MB, PU17HSAX907276V) (17″, 1280×1024 pixel, 75 Hz) mutattam be, a kalibrálás az X-rite Eye-One pro berendezéssel történt.

A résztvevők a Szent István Egyetem Budai Campusáról kerültek ki. A résztvevők a képernyőtől és a vele kapcsolatban álló szemkamerától 60-65 cm-re foglaltak helyet úgy, hogy az egéren tartották domináns kezüket és a vizsgálat során fejüket és testhelyzetüket nem változtatták. Az egyes vizsgálatokat megelőzően kalibrációt végeztem minden résztvevővel, majd ennek sikerességet követően egy szöveg jelent meg a képernyőn, melyben a kísérletre vonatkozó információk és utasítások voltak részletezve. A kísérletben megjelenítésre került képek között egy fekete fixációs kereszt volt látható 3 másodpercig, amely standardizálta az egyes képek megfigyelése előtt a figyelem kiindulópontját. Miután a résztvevőknek sikerült dönteniük, a bal egérgombra kattintva megjelent a képernyőn mindaddig elrejtett egérmutató, és rákattinthatott az általa preferált termékre. Ezt követően a résztvevőknek meg kellett mondaniuk, hogy miért választották az adott terméket, melyre az alábbiak közül egy válaszlehetőséget adhattak: ez a kedvencem, egészségesebbnek tűnik, finomabbnak tűnik, szebb termék, nem tudom. A vizsgálatban összesen 163 fő vett részt, ebből összesen 140 felvételezés eredménye volt tökéletesen alkalmas a 6 levélzöldséget tartalmazó kép adatelemzéséhez (13. ábra).



13. ábra: A szemkamerás kísérlet stimulusai: Fixációs kereszt (balra), Salátakeverékekben leggyakrabban felhasznált leveles-zölségek (jobbra)

A szemkamera mérési eredményeinek kiértékelése során Gere et al. (2016) által javasolt szemmozgás paramétereket és definíciókat alkalmaztam:

- Első fixációig eltelt idő (*time to first fixation*, **TFF**): az az időtartam, amely a kép megjelenítése és a résztvevő tekintetének egy adott érdeklődési területre (*area of interest*, **AoI**) történő első fixálása között eltelik.
- Első fixáció hossza (*first fixation duration*, **FFD**): az az időtartam, amíg a résztvevő tekintete az első fixációs ponton elidőzik.
- Fixáció hossza (*fixation duration*, **FD**): az egy érdeklődési területre eső fixációk átlagos időtartama.
- Fixációk száma (*total fixation count*, **TFC**): az egy termékre eső összes fixáció száma, amely megmutatja, hogy a résztvevő hányszor nézte meg az adott terméket.
- Látogatások hossza (*dwell duration*, **DD**): két fixáció között eltelt idő alatt lezajló tekintetvándorlás során az egyes termékek képeire eső pillantások átlagos időtartama, amikor információ felvétel nem történik.
- Látogatások száma (*dwell count*, **DC**): egy adott érdeklődési területre (AoI) eső összes látogatások száma.

Az egyes vizsgálatokat megelőzően a résztvevőket a Windhorst skála (Windhorst, 1985) fogalmainak (értékjellemzők) értékelésére kértük, hogy kiderüljön, hogy számukra az egyes értékek milyen mértékben fontosak (1=egyáltalán nem fontos, 2=kicsit fontos, 3=közepesen fontos, 4=fontos, 5=nagyon fontos). Kutatásomban a homogén csoportok lehatárolását, jellemzését végeztem a klaszteranalízis módszerével, melynek eredménye, hogy a klaszter tagjai relatíve homogének lesznek. A klaszterek lehatárolását a Windhorst kérdőívre adott válaszok alapján végeztem el. A klaszteranalízis módszerének egyik fő előnye az, hogy a kutató gondolkodási sémái nem befolyásolják az egyes szegmensek lehatárolását. A módszer ugyanis az adatpontok közötti távolságmátrixok alapján alakítja ki a klasztereket. A klaszterelemzés során a hierarchikus, összevonó, variancia (Ward-féle) módszert választottam. Hierarchikussága miatt az „egyedek és csoportjaik” rendezett struktúráját mutatja. Az összevonó eljárások előnye, hogy közel egyenlő nagyságú klasztereket próbál létrehozni és dendrogram segítségével jól szemléltethető az egyes lépések sorrendje, összevonási értékei, a klaszterek felépítése. Az analízist Ward eljárással (csoportokon belüli eltérés-négyzetösszeg minimális) és Euklideszi távolság alkalmazásával hajtottam végre (Malhotra & Satyabhusan, 2016).

3.3.4.3. A salátatípusok fitonutriens értékeinek komplex értékelése SRD-módszerrel

A futtatások a Visual Basic-ben megírt SRD programmal végezhetők. A Microsoft Excel VBA-n alapuló makró bemeneti formátumként megköveteli az esetek sorokba, míg az összehasonlítani kívánt változók oszlopokba történő rendezését. Szükség van egy referencia oszlopra is, mely az adatoktól és a vizsgálat céljától függően tartalmazhat konkrét értékeket vagy lehet a sor átlag-, maximum- vagy minimum értéke. A módszer azon alapul, hogy a rangsor minél

közelebb van a referencia/sztenderd SRD-értékhez, annál inkább hasonlít a vizsgált változóhoz. A SRD-módszer validálását 3.000.000 szimulált véletlen számokkal származtatott SRD eloszlással való összehasonlítás (*compare ranks with random numbers*, **CRRN**), permutációtesztekkel végezték.

Kevés számú mintaelem vizsgálatakor, egy az elméleti eloszláson alapuló rekurzív algoritmust számol ki, amellyel az eloszlásfüggvény konvergálható. Nagyobb mintaelemszám esetén (n>8) a normál eloszlás jó közelítésként használható az elméleti (véletlenszerű) SRD eloszlásfüggvény leírásához. Az SRD értékek elméleti eloszlásának normál közelítését Héberger és Kollár-Hunek (2011) vezették be, valamint a javított verziót, amely az adatkészletben lévő kötéseket is képes kezelni. A mintaelemszám növekedésével a normál eloszlás közelítése pontosabb eredményeket ad (Kollár-Hunek & Héberger, 2013). Az eredmények rangsorrendűek (SRD értékek). Az eredmények megjelenítésekor a normál közelítési értékek a jobb abszcisszán olvashatók, míg az SRD% értékek a bal abszcisszán és az ordinátán láthatók. Ezek az SRD-értékek általában normalizálásra kerülnek, amivel lehetővé válik a különböző SRD-számítások összehasonlítása.

Az egy elem kihagyásos (*leave-one-out*, **LOO**) keresztellenőrzési eljárás lehetővé teszi az SRD-értékek variabilitásának vizsgálatát, ekkor az adatkészletből egy-egy sor mindig eltávolításra kerül és külön-külön mindegyik esetben lefut az SRD. A nemparametrikus páros Wilcoxon-féle próba a keresztellenőrzés során kapott SRD értékek páronkénti összehasonlítása alkalmas.

Célom volt meghatározni, hogy a nemzetközi szakirodalomban megtalálható salátatípusokra vonatkoztatott fitonutriens értékek – Kim et al. (2016) (vas, folsav, C- és E-vitamin, β-karotin, lutein, összes polifenol tartalom, fenolsavak, flavonoidok) és Liu et al. (2007) (DPPH szabadgyökfogó kapacitás) – alapján, minden tényezőt figyelembe véve melyik a legegészségesebb. A módszer segítségével a salátatípusok fitonutriens értékeik alapján sorba rendezhetőek. A vizsgálatot a következőkben összefoglalom. Rendezzük az adattáblát (objektumok (sorok) = fitonutriensek; összehasonlítandó elemek (oszlopok) = salátatípusok (9. táblázat). Az utolsó referencia oszlopba – amiből referencia rangsor adódik – beírjuk a szakirodalmi publikációkban megjelent (Kim et al., 2016) salátatípusok legjobb értékeit, ez az úgynevezett „ideális salátatípus” (Max). A bemenő táblázatban 3 tizedesjegy figyelembevételével történik a számítás, amelyhez az SRDrepV6T4_CrossVal_V8D.xlsm szoftvert alkalmaztam (letölthető: http://www.ttk.hu/rolunk/adatbazisok-programok).

9. táblázat A salátatípusok fitonutriens értékeinek komplex értékelésének bemenő táblázat az SRD értékeléshez. (A salátatípusok fitonutriens értékei (Kim et al., 2016; Liu et al., 2007)) Az utolsó oszlop az összes salátatípus alapján létrehozott elméleti legjobb fitonutriensekkel rendelkező salátatípus (maximum (szürke) értékekből jött létre).

	Jégsaláta	Vajfej saláta	Római saláta (zöld)	Tépősaláta (zöld)	Tépősaláta (piros)	Max
Vas	0,004	0,010	0,006	0,009	0,012	0,012
Folsav	0,317	0,726	0,685	0,481	0,736	0,736
C-vitamin	42,505	49,897	72,998	164,476	75,770	164,476
β-karotin	7,099	21,805	25,355	29,919	20,284	29,918
Összes fenol	0,411	0,979	0,758	1,295	2,589	2,589
DPPH szabadgyökfogó-kapacitás	69,1	51,7	70	74,4	81,2	81,2
E-vitamin	2	2,05	1,3	2,3	1,95	2,3
Lutein	14,450	13,625	22,162	21,975	19,433	22,162
Flavonoidok	0,01	0,13	0,1	0,2	1,013	1,013
Fenolsavak	0,355	0,596	0,193	0,62	1,248	1,248

A különböző skálátákon mért adatokat a futtatás előtt transzformálni szükséges. Az adatok transzformációjához tulajdonságonként (soronként) a Box-Cox transzformációt alkalmaztam. A szoftver első lépésben nagyság szerint rangsort számít minden egyes fitonutriens értékre. Majd kiszámítja a referencia rangsor („ideális" salátatípus fitonutriens értékeinek rangsora) és az adott salátatípus rangszámkülönbségeit. Ezeket a rangszámkülönbségeket összegezi. A referencia salátatípus adja az SRD zérus pontját, mivel önmagától nem különbözik. Adott salátatípus rangszámkülönbség összege (SRD értékek) minél kisebb, annál inkább hasonló a referencia salátatípushoz. A módszer segítségével rangsor állítható fel a salátatípusok között. Az SRD értékének szignifikanciáját két úton számítjuk. Az egyik esetében soronként (fitonutriensenként) egy elemű kihagyásos validációt végzünk (LOO), a szignifikanciát ezután Sign-teszttel vizsgáljuk. A másik esetben a szignifikanciát 3.000.000 véletlen szám eloszlás sűrűségfüggvényének összehasonlításával vizsgáljuk a szoftver segítségével.

3.4. A vizsgálati eredmények statisztikai értékelése

A kísérlet során kapott mérési eredményeket a Microsoft Office Professional Plus 2016, Excel programjával dolgoztam fel.

A LED-es fénykörnyezetek batávia saláta fitonutrienseire gyakorolt hatásainak statisztikai kiértékeléshez az XLStat 2016 (Addinsoft, New York, NY, USA) szoftver Excelbe beépülő (*add-in*) modulját alkalmaztam. Az adatok kiértékeléséhez 95 %-os megbízhatósági szintet választottam ($p \leq 0,05$). Feltételvizsgálatkor az adatok normalitását és szóráshomogenitását is vizsgáltam. A szóráshomogenitás vizsgálathoz a Levene-tesztet, míg a normalitás vizsgálathoz a Shapiro-Wilk-tesztet használtam. Az eredmények összevetése során – a normalitás és a szóráshomogenitás vizsgálatot követően – egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam. A kezelések

páronkénti összehasonlításához Tukey-féle HSD post hoc-tesztet futtattam, szórásinhomogenitás esetén pedig Welch- és a Brown-Forsythe-próbákat használtam. Az ábrákon az eltérő betűk szignifikánsan eltérő mintákat jelöli.

A salátatípusokban mért nitrát-tartalomra vonatkozó adatok előkezelés nélkül és kétféle előkezelési módszerrel is értékeltük (SNV, MSC). A kiértékeléséhez többváltozós nem felügyelt (főkomponens analízis, *principal component analysis*, **PCA**) és felügyelt (lineáris diszkriminancia analízis, *linear discriminant analysis*, **LDA**) statisztikai módszerek kerültek alkalmazásra. A mennyiségi előrejelzéshez a részleges legkisebb négyzetek módszere (*partial least squares regression*, **PLSR**) statisztikai módszert alkalmaztam. A statisztikai kiértékelések a Statistica 12.0 (Statsoft Inc., Tulsa, OK, USA), XLStat 2016 szoftverrel és OPUS 7.2 szoftverrel történtek.

266 salátafej (vajfej, batávia, lollo, tölgylevelű salátatípusok) került feldolgozásra. Minden mintáról öt-öt párhuzamos NIR spektrumfelvétel készült, a későbbiek során ezen párhuzamosok átlagával dolgoztam.

A spektrum-kiértékelések első lépéseként PCA elemzést végeztem a spektrális kiesők detektálása céljából. Ezt követően LDA statisztikai módszert alkalmaztam a különböző minta-csoportok elkülönítésére. Ezen kemometriai módszerek elvégzéséhez a Statistica 12.0 szoftvert használtam. A változók kiválasztásának módozatai közül a lépésenkénti változó hozzáadást választottam, validálását a random csoportosításos ellenőrzéssel végeztem el. A mennyiségi meghatározás alapját képező becslési függvényt PLS regressziót alkalmazva állítottam fel OPUS 7.2 szoftver segítségével.

A fajták és salátatípusok nitrát mennyiségeire vonatkozó statisztikai értékelése során az XLStat 2016 szoftver nemparametrikus tesztjei közül a Kruskall-Wallis tesztet alkalmaztam, 95%-os szignifikancia szint mellett, amelyet a Dunn-féle páronkénti post-hoc teszttel értékeltem Bonferroni korrekcióval.

Conjoint analízis vizsgálatának előkészítéséhez és vizsgálatához az SPSS 16.0 program ortogonális tömbök módszerét használtam. A conjoint kártyák kiértékelésekor az ehhez szükséges syntax-ot írtam meg és futtattam le, ezen eredmények alapján végeztem a homogén csoportok lehatárolását.

A conjoint és a szemkamerás eredmények alapján a homogén csoportok lehatárolását ugyanúgy végeztem el. A hierarchikus klaszterelemzése során az összevonó (*agglomerative*) eljáráson belül pedig – tekintve adataim metrikus jellegét – a Ward-féle varianciamódszert választottam (ekkor a csoportokon belüli eltérés-négyzetösszeg minimális), aminek végrehajtása során az Euklideszi távolságot is alkalmaztam. Az elemzéseket az XLStat 2016 szoftverrel végeztem el.

A szemkamerás mérésekből, a döntéshozási idő alapján a létrejött klasztereket a Kaplan-Meier-féle túléléselemzés módszerével jellemeztem, a különbségek statisztikai elemzését pedig a Gehan-féle általánosított Wilcoxon-próbával végeztem el a Statistica 12.0 programcsomag (Statsoft Inc. Tulsa, OH, USA) segítségével.

A salátatípusok fitonutriens értékeinek több szempontot egyszerre figyelembe vevő komplex statisztikai kiértékeléséhez az SRD szoftvert (letölthető innen: http://aki.ttk.mta.hu/srd/), az SRD értékek páronkénti összehasonlításához a párosított mintás Wilcoxon–próbát alkalmaztam a Statistica 12.0 programban. Az SRD-értékek az összevonó, hierarchikus klaszteranalízis során a Ward-féle varianciamódszerrel vizsgáltam, az Euklideszi-távolság figyelembevételével. A klaszterelemzéshez az XLStat 2016 szoftvert alkalmaztam.

4. EREDMÉNYEK

4.1. LED alapú világítórendszerek jellemzése növénytermesztési szempontból

4.1.1. A növénytermesztésben alkalmazható LED alapú világítórendszerek fénytani jellemzése

A gyártók az alábbi paraméterek közül adnak meg néhányat világítórendszereik jellemzésére (aláhúzással jelöltem, amelyek mindegyik vizsgált lámpa esetében szerepeltek a leírásban): gyártó neve, modell típusa, súlya, mérete (szélesség, hosszúság, magasság), ház anyaga, üzemi hőmérséklet (°C), élettartam (óra), érintésvédelmi és energia tanúsítvány, ajánlott rögzítési magasság a növények felett és/vagy az így bevilágított terület, a modell névleges teljesítménye és tényleges teljesítménye (W), névleges feszültsége (V), bemeneti áramerőssége (mA), frekvenciája (Hz), fényárama (lm), hatékonyság (µmol/J), PPF (µmol/s); LED típusa, LED-ek száma és névleges teljesítményük, lefedett fényspektrum tartományok vagy a LED-eket jellemző hullámhossz értékek, ajánlott általános megvilágítási idő (óra) és intenzitás (%).

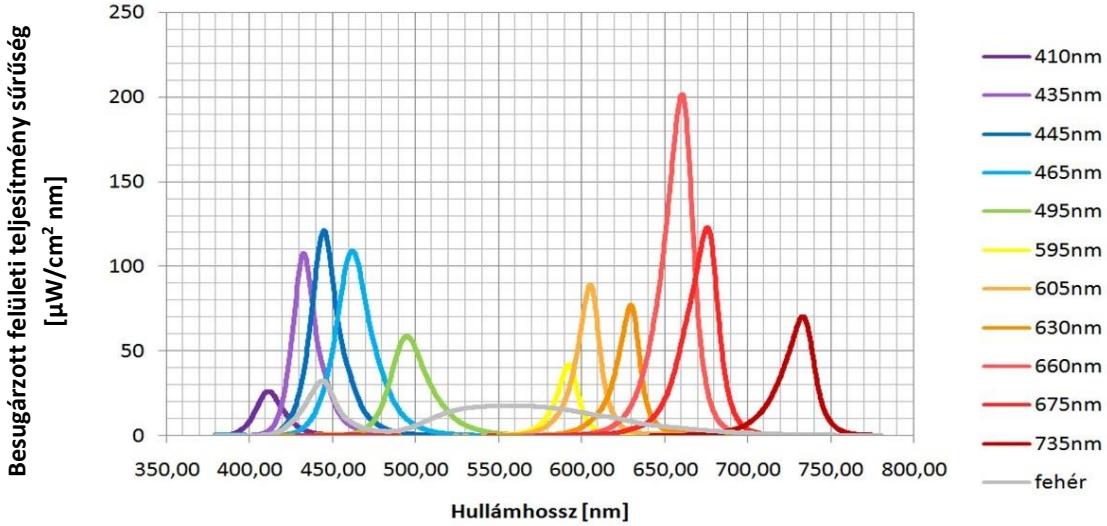
Ezen felsorolás egyértelműen mutatja, hogy a gyártók minden esetben jellemezték fénytechnikai szempontból lámpáikat a megszokott világítástechnikai paraméterek szerint, ezzel szemben a növények által hasznosítható LED jellemzőkről minimális információ állt rendelkezésemre. Legkevesebb információval rendelkezett a 420 LED Grow Circle Series 4 LED lámpa, ahol a LED-ek típusa, névleges teljesítménye és spektrumai nem, csak a használt chipek márkanevét tüntettem fel. A növényélettani szempontok fókuszba helyezése a KindLED lámpák esetében volt a leginkább tapasztalható, ott a LED panel hatékonyságán túl a PPF és a lefedett spektrumtartományt is megadtuk. A KindLED és a COB LED esetében – ahol a LED-ek száma a hullámhossz értékekkel együtt adtam meg – az ajánlott rögzítési magasság mellett, a megvilágítás idejére (csírázási-, vegetációs- és virágzási időszakban) vonatkozó ajánlás is szerepelt.

4.1.2. Kind LED K5 XL750 világítórendszer

A **spektrális összetétel**re vonatkozó mérések eredményeként megismertük, hogy a KindLED K5 XL750 fényforrásban található LED-ek legnagyobb arányban a PAR tartományban sugároznak, a LED-ek spektrális jellemzésére immár tudjuk használni a spektrális sűrűséggörbe csúcsának hullámhosszait, ami 410-735 nm között alakult (14. ábra).

A **LED-ek feltérképezése**kor meghatározásra került, hogy a 208 db LED pontosan hol helyezkedik el a panelben (x és y koordináták a panel hosszú és rövid oldala szerint), jellemezve a hullámhossz csúccsal (15. ábra), valamint, hogy azok a három külön állítható csatorna melyikében és milyen eloszlásban szerepelnek (10. táblázat). A spektrumok alapján egyértelműen látszik, hogy az A csatornában a vörös fénytartományban sugárzó LED-ekből (675 nm, 630 nm,

660 nm) összesen 136 db (46+40+50) található. A B csatornába kerültek a kék fénytartományban sugárzó LED-ek (435 nm, 445 nm, 465 nm, 495 nm), mindösszesen 41 db (8+13+16+4). A C csatornában pedig az egyéb a növény növekedésére szintén hatással levő, de kisebb mértékben fontos spektrumtartományokban sugárzó LED-ek (410 nm, 595 nm, 605 nm, 735 nm, fehér) kerültek, vegyesen (3+5+7+4+12). A „fehér” jelzővel ellátott LED-ek összetett fényt sugároztak, ami a mindennapjainkban megszokott fehér fényű világítótestekre jellemző.



14. ábra: KindLED K5 XL750 panel hullámhosszonként mért besugárzott felületi teljesítmény sűrűsége, 50%-os csatorna fényintenzitás esetén (a „fehér” összetett spektrumú)

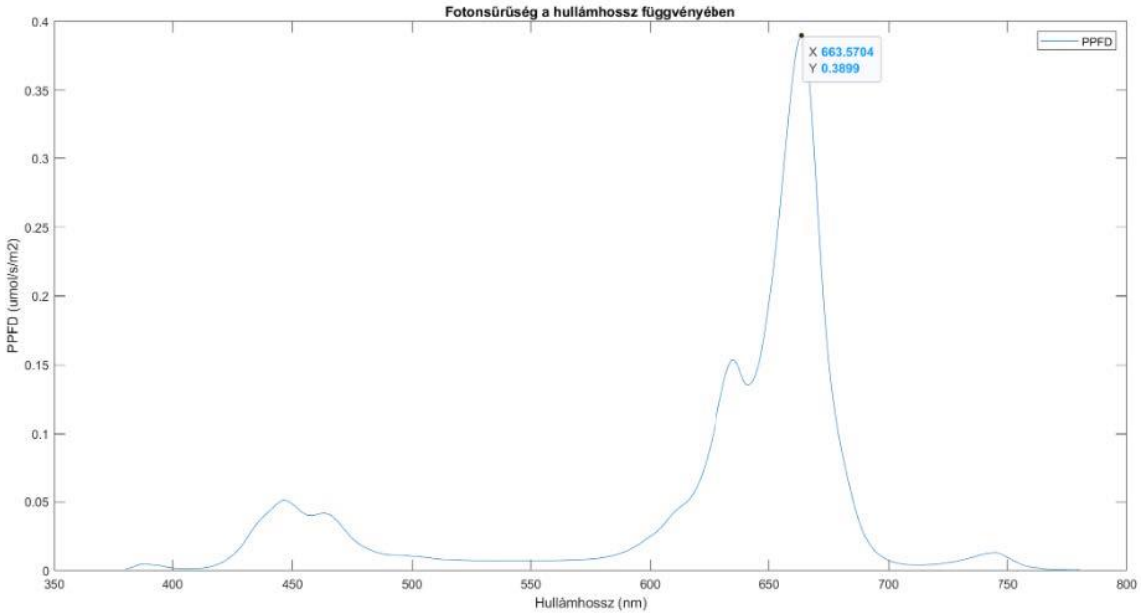
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10	x11	x12	x13	x14	x15	x16
y1	675	605	675	630	660	605	660	630	675	595	675	630	675	605	675	630
y2	630	660	465	660	630	675	465	660	630	675	465	660	630	660	465	660
y3	445	660	630	410	445	660	630	fehér	445	660	630	410	445	660	630	fehér
y4	675	630	660	435	630	675	660	465	675	630	675	435	630	675	660	465
y5	660	495	fehér	675	660	465	735	675	660	495	fehér	675	660	465	735	675
y6	595	660	675	445	fehér	630	660	435	595	660	675	445	fehér	630	660	435
y7	675	630	660	660	660	675	660	630	675	630	660	660	675	675	660	630
y8	445	675	630	675	445	630	660	675	445	675	630	675	445	630	660	675
y9	675	735	660	465	675	fehér	660	465	675	735	660	465	675	fehér	660	465
y10	660	435	660	410	660	495	675	605	660	435	660	410	660	495	675	605
y11	630	675	660	630	660	630	660	675	630	675	660	630	660	630	660	675
y12	595	660	445	675	605	675	435	630	595	660	445	675	605	675	435	630
y13	465	630	fehér	630	465	630	fehér	675	465	630	fehér	630	465	630	fehér	675

15. ábra: LED-ek kiosztása a KindLED K5 XL750 panel hosszú (x) és rövid oldalának koordinátarendszerében ábrázolva (a feliratok a spektrumot jelölik)

10. táblázat: KindLED K5 XL750 panelben a LED-ek megoszlása hullámhossz és csatornák szerint

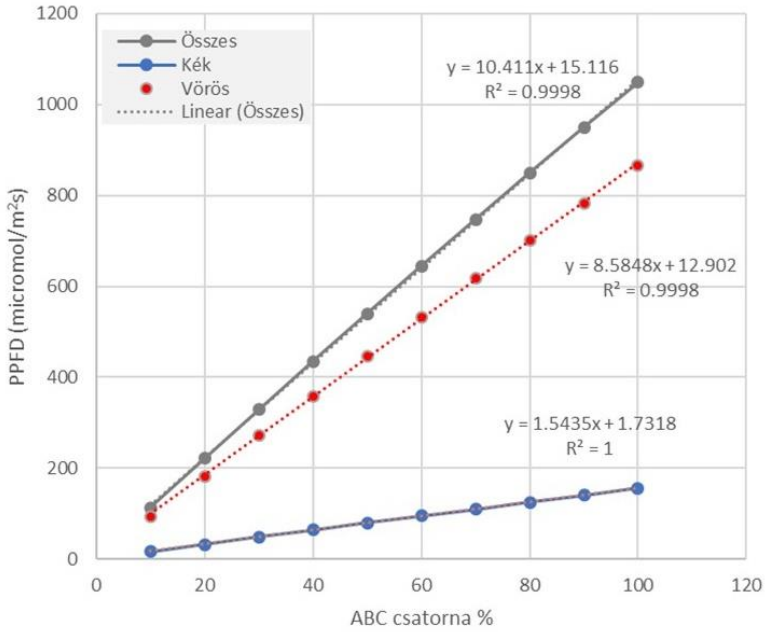
Hullámhossz [nm]	410	435	445	465	495	595	605	630	660	675	735	fehér	*Összesen*
LED [db]	4	8	12	16	4	5	7	40	50	46	4	12	*208*
%	2	4	6	8	2	2	3	19	24	22	2	6	*100*
Csatorna	C	B	B	B	B	C	C	A	A	A	C	C	

A **fotonáramsűrűség**et vizsgálva megállapítható, hogy a vörös hullámhossz-tartományban sugárzó diódák magas fotonszám értékkel rendelkeznek. A legmagasabb fotonszám értéket ($3{,}899 \cdot 10^{-1}$ µmol/m^2/s) a 663,57 nm csúcsnál mértük, és a görbe alatti területből látható, hogy a vörös tartomány (600-700 nm) mekkora mértékben járul hozzá az összes fotonszámhoz. Megemlítendő, hogy nem elhanyagolható mennyiségű foton volt mérhető a 400-500 nm közötti tartományban is, ám jóval alacsonyabb mértékben. Ezek alapján megállapítható, hogy a KindLED K5 XL750 panel esetében a fotonáramsűrűség legnagyobb hányadáért felelnek a vörös tartományban sugárzó LED-ek, ezt követően pedig a kék tartományban sugárzó LED-ek járulnak hozzá a PPFD érték alakulásához. Ugyan 744 nm hullámhossznál egy kisebb csúcs volt megfigyelhető, ám a fotonszám tekintetében nem bizonyult jelentősnek (16. ábra).



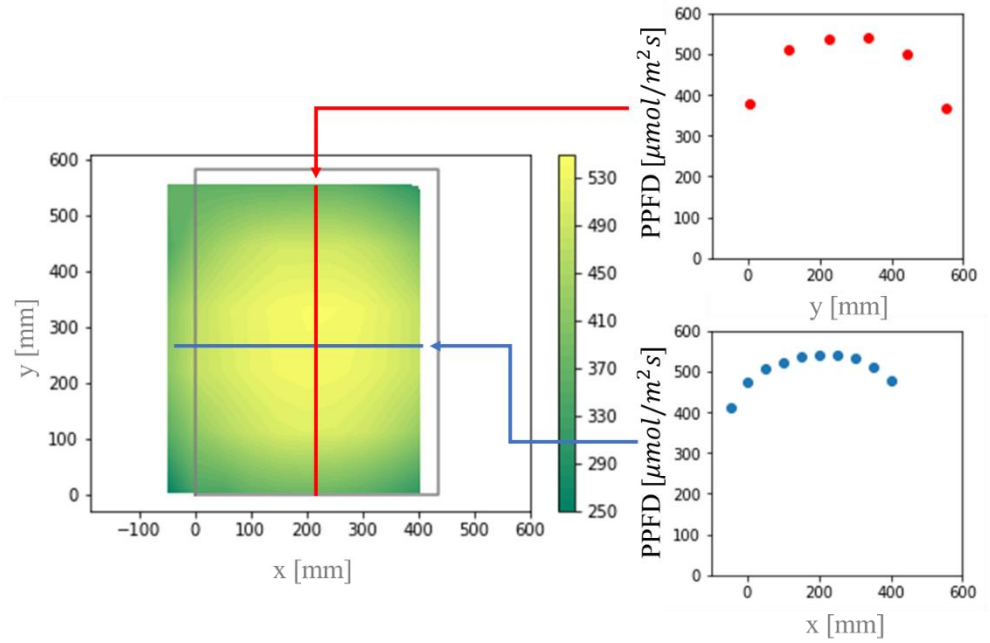
16. ábra: Fotoszintetikus fotonáram sűrűség (PPFD) alakulása a hullámhossz függvényében a KindLED K5 XL750 panel esetében

A mérések alátámasztották a PPFD értékekre vonatkozó számításokat. Továbbá rámutatott arra, hogy amennyiben a csatornák teljesítményét egyszerre és azonos mértékben változtatjuk, úgy a PPFD érték lineárisan változik (R^2=0,99) a panel középpontjától mért 60 cm-es távolságban vizsgálva (17. ábra).

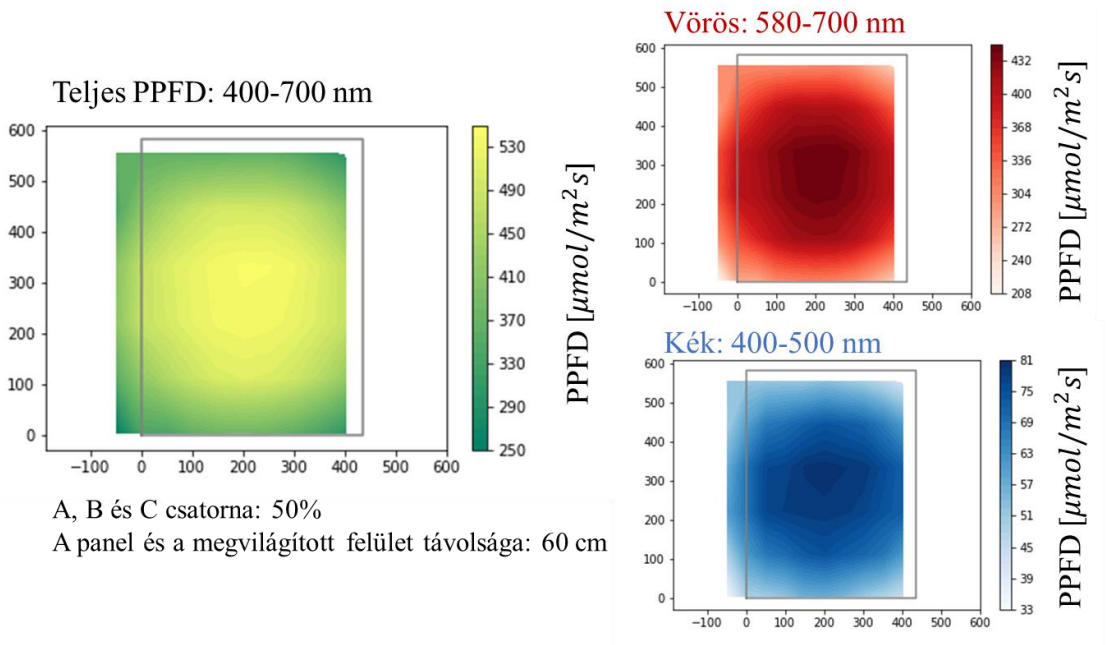


17. ábra: Fotonáramsűrűség (PPFD) változása az A, B, C csatorna intenzitásának (%) változtatásakor a KindLED K5 XL750 panel középpontjától (mérőháló 380 mm, 462 mm pontjában) 60 cm távolságban mérve

A panel alatti területre eső **PPFD eloszlás** lemérését követően azt tapasztaltuk, hogy a teljes panel alatt a legnagyobb csökkenés a sarkokban adódott. A PPFD értékben a panel közepétől számítva a rövid és a hosszú középvonal mentén a szélekig mérve 13% illetve 31%-os eltérés is mutatkozott (18. ábra). Az is megfigyelhető volt, hogy a vörös és kék LED-ek elhelyezkedéséből adódóan milyen mértékű a PPFD-eloszlás a panel alatti területen. Ahol minden esetben az mutatkozott, hogy a panel közepe alatti területre (~200 mm^2) jóval magasabb PPFD jut, mint az azon kívül eső területre, illetve ezen a területen a kék fény eloszlása is gyengébb volt (19. ábra).



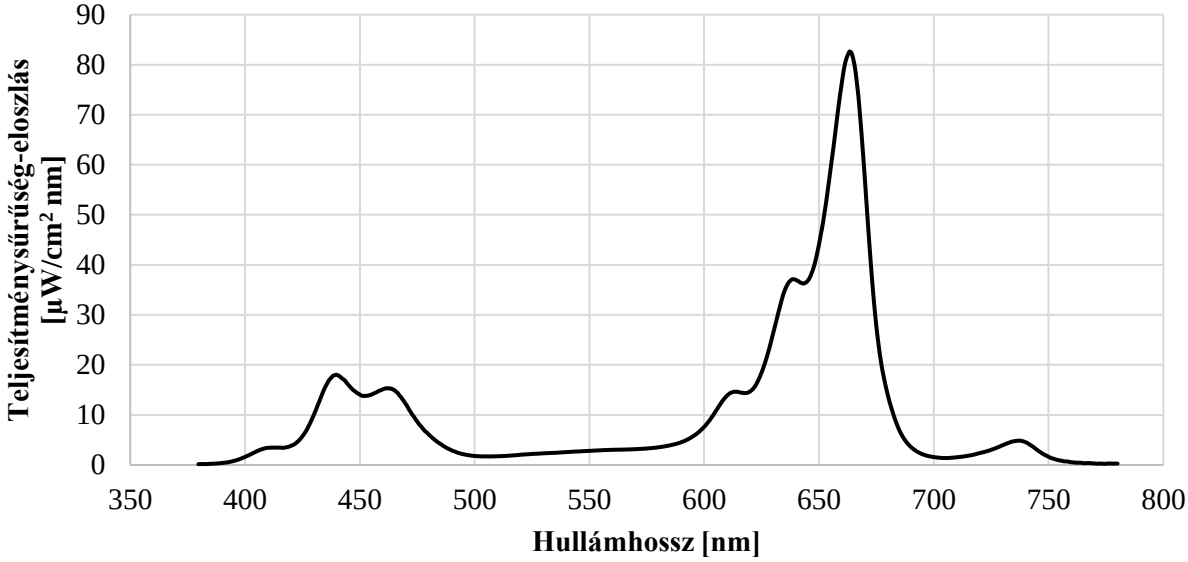
18. ábra: Fotonáramsűrűség-eloszlás a KindLED K5 XL750 panel alatti területen 60 cm távolságból (bevilágított terület), PPFD mértéke a hosszú (y) és rövid (x) oldala mentén



19. ábra: KindLED K5 XL750 panel A, B, C csatorna 50%-os intenzitás mellett mért fotonáramsűrűség-eloszlása ajánlott (60 cm) távolság esetén (panel (szürke téglalap körvonal); A+B+C csatorna (zöld), A csatorna (vörös), B csatorna (kék)

4.1.3. 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszer

A **spektrális összetétel**re vonatkozó mérések eredményeként megismertük, hogy a 420 LED Grow Circle Series 4 LED fényforrásban található LED-ek a PAR tartományban sugároznak, a LED-ek spektrális sűrűséggörbe csúcsai 410-736 nm között alakultak (20. ábra). A teljesítménysűrűség eloszlásból jól látható, hogy a 400-500 nm, illetve a 600-700 nm közötti hullámhossz tartományokban sugároz a panel a leginkább, ami a teljes eloszlás 20 és 69 %-át jelenti.



20. ábra: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os fényintenzitás esetén

Az egy panelben, illetve a teljes termesztőterület felett található összes LED darabszáma és megoszlása a 11. táblázatban található.

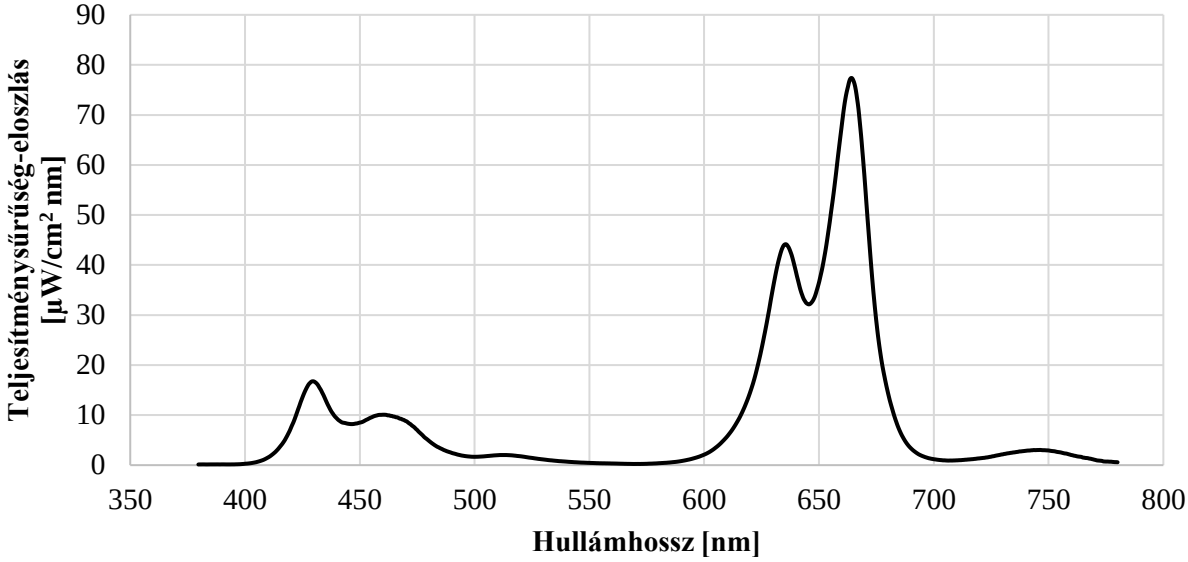
11. táblázat: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszerben, valamint a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint

Hullámhossz [nm]	**410**	**445**	**461**	**500-600**	**610**	**635**	**660**	**736**	***Összesen***
1 panel: db LED	2	4	6	8	4	8	26	2	*60 db*
össz. db LED	4	8	12	16	8	16	52	4	*120 db*
%	3	7	10	13	7	13	43	3	*100%*

A **fotonáramsűrűség**et vizsgálva megállapítható, hogy a PPFD érték a PAR tartományra vonatkozóan a panel közepére merőleges mérési pontban volt a legmagasabb (206 µmol/m^2/s), attól a 10 cm távolságban mérve, 187-164 µmol/m^2/s között adódott a fotonáramsűrűség. A fotonáramsűrűség eloszlás hullámhossz-tartományonként nézve egyenletesnek mutatkozott. A teljes eloszlást tekintve a PAR tartományban a fotonáramsűrűség legnagyobb hányadát (75-83%) a 600-700 nm között – a vörös hullámhossz-tartományban – sugárzó diódák adták. A legmagasabb fotonszám értéket (2,605·10^{-1} µmol/m^2/s) 663,78 nm csúcsnál, a panel középpontjára merőlegesen mértük. A 400-500 nm között sugárzó LED-ek 14-17%-át adták a teljes PPFD értéknek. Az 500-600 nm közötti tartomány, mindösszesen 2-8%-kal járul hozzá a PPFD értékhez. A PAR tartományon kívül szemlélve a PPFD 0-10 µmol/m^2/s között adódott, mivel elhanyagolható össz-fotonszámot mértünk (kisebb csúcs volt megfigyelhető a távoli vörös tartományban (737 nm)).

4.1.4. Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszer

A **spektrális összetétel**t tekintve, a Roleadro HYG05 1*200W-W COB LED fényforrásban a diódák spektrális sűrűséggörbe csúcsai 440-730 nm között alakultak (21. ábra). A teljesítménysűrűség eloszlás (380-780 nm között vizsgálva) úgy adódott, hogy 400-500 nm, illetve a 600-700 nm közötti hullámhossz tartományokban volt a leginkább jelentős, ez a teljes eloszlás 19 és 75 %-át adta. A COB diódáinak megoszlása a 12. táblázatban látható.



21. ábra: A Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os fényintenzitás esetén

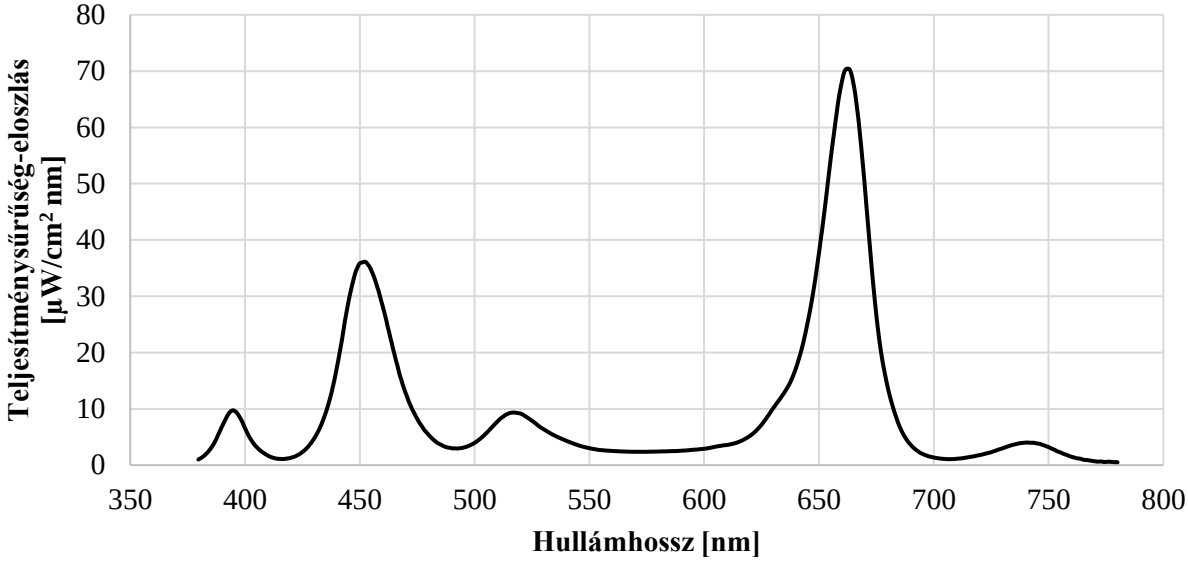
12. táblázat: A Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszerben, illetve a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint

Hullámhossz [nm]	440	460	470	525	640	660	730	*Összesen*
1 panel: db LED	8	4	4	2	16	28	2	*64*
össz. db LED	32	16	16	8	64	112	8	*256*
%	13	6	6	3	25	44	3	*100*

A PAR tartományra vonatkozó **fotonáramsűrűség eloszlás** vizsgálatakor a termesztő-területen, úgy adódott, hogy a panel középpontjától féloldalasan eltolva mértük a legmagasabb PPFD értéket (198 µmol/m^2/s). A panel középpontjától 10 cm távolságban mérve, 0,5-5,7% eltérés adódott a fotonáramsűrűség eloszlásban. Hullámhossz-tartományonként nézve a fotonáram-sűrűség eloszlás nagyon egyenletes volt. A teljes eloszlást tekintve a PAR tartományban a fotonáramsűrűség legnagyobb részét (83%) a 600-700 nm között a vörös hullámhossz-tartományban sugárzó LED-ek adták. A legmagasabb fotonszám értéket (2,657·10^{-1} µmol/m^2/s) 664,34 nm hullámhossznál mértük. A 400-500 nm között sugárzó LED-ek 14-15%-át adták a teljes PPFD értéknek. Az 500-600 nm közötti tartomány mindösszesen 2%-kal járul hozzá a PPFD értékhez. A PAR-on kívül a távoli vörös tartományban egy kisebb csúcs volt megfigyelhető 746 nm hullámhossznál, alacsony fotonszámmal, ami átlagosan 9 µmol/m^2/s fotonáramot nyújtott.

4.1.5. Lágymányosi féle LED világítórendszer

A **spektrális összetétel**re vonatkozó mérések eredményeként megismertük, hogy a Lágymányosi féle LED fényforrásban található LED-ek a PAR tartományban és azon túl is sugároznak, a LED-ek spektrális sűrűséggörbe csúcsai 365-940 nm között alakultak (22. ábra) a kialakított rendszerben a beépített LED-ek megoszlása a 13. táblázatban található.



22. ábra: A Lágymányosi féle LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os csatorna fényintenzitás esetén (390-780 nm között)

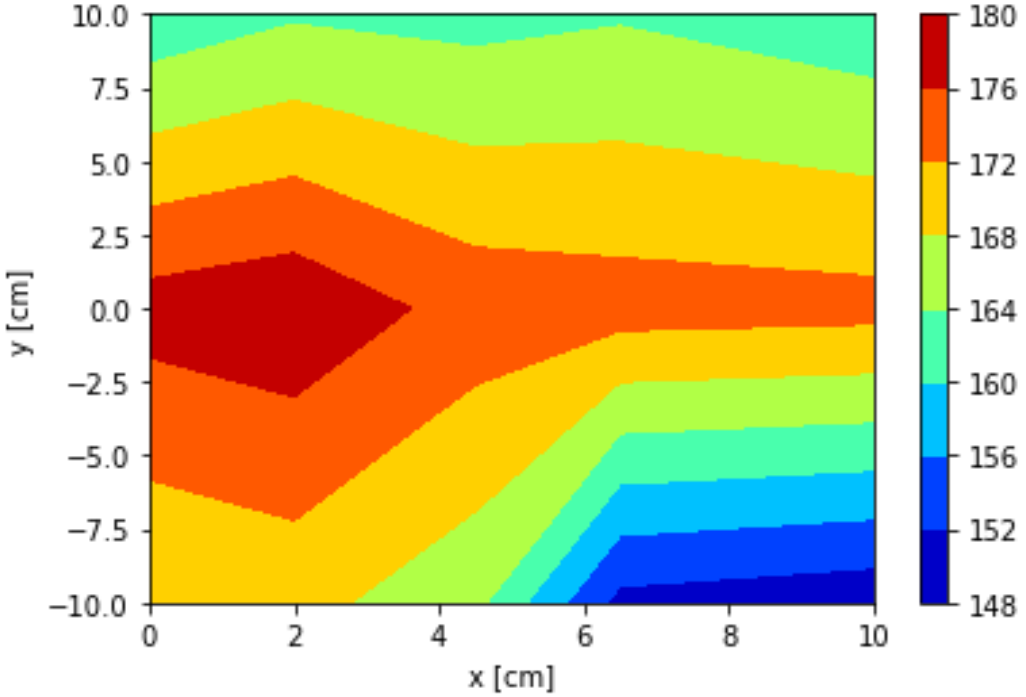
13. táblázat: A Lágymányosi féle LED világítórendszerben, valamint a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint

Hullámhossz [nm]	365	395	440	460	530	590	610	630	660	735	850	940	*Összesen*
össz. db LED	4	8	18	14	18	14	12	16	39	6	4	4	*157*
%	3	5	11	9	11	9	8	10	25	4	3	3	*100*

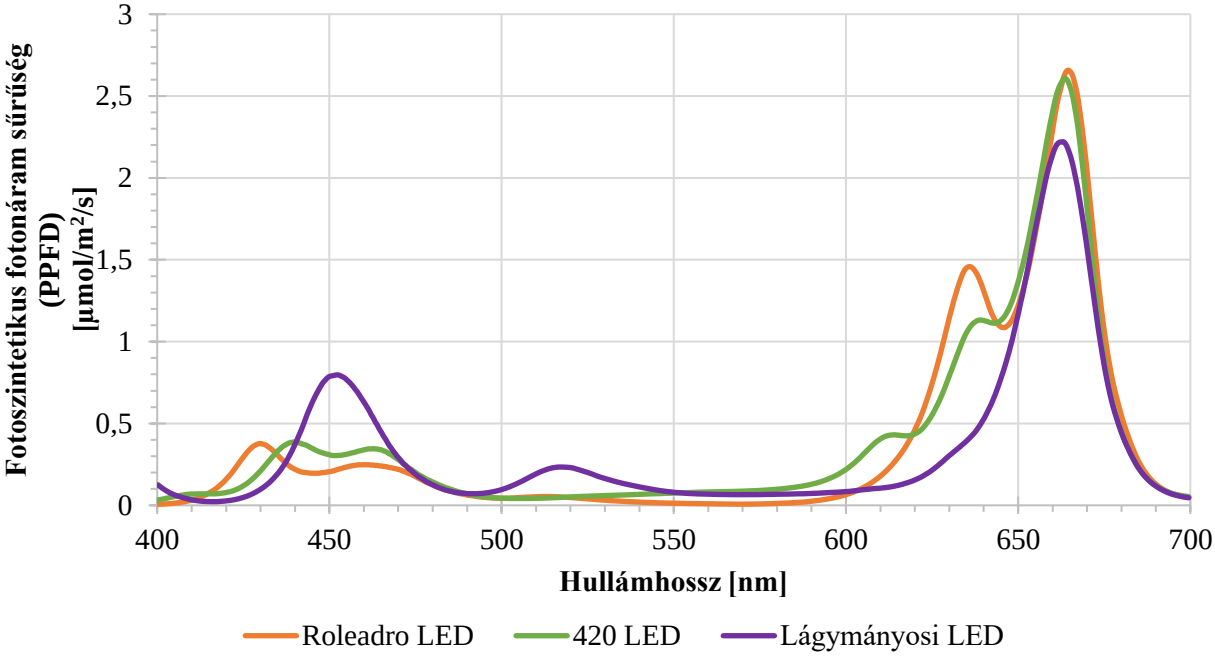
A PAR tartományra vonatkozó **fotonáramsűrűség** vizsgálatakor a termesztőterületen úgy adódott, hogy a panel középvonalán és a szélein végig egyenletes fotonáramsűrűséget mértünk. A panel középvonalában 173-179 µmol/m^2/s, attól 10 cm-re a vályú széle felé 149-169 µmol/m^2/s, illetve 161-164 µmol/m^2/s PPFD-t mértünk a PAR tartományban. Ezt egészítette ki a 380-400 nm hullámhossz-tartományban 4-5 µmol/m^2/s, a 700-780 nm tartományban pedig 4-11 µmol/m^2/s PPFD. Hullámhossz-tartományonként nézve a fotonáramsűrűség-eloszlás nagyon egyenletes volt. A teljes eloszlást tekintve a PAR tartományban a fotonáramsűrűség legnagyobb részét (61-65%) a 600-700 nm között sugárzó LED-ek adták. A 400-500 nm között sugárzó LED-ek (23-27%) is jelentős mértékben az 500-600 nm között pedig a korábbinál alacsonyabb (11-12%) mértékben járul hozzá a PPFD értékhez (23. ábra). A legmagasabb fotonszám értéket (2,220·10^{-1} µmol/m^2/s) 663,21 nm hullámhossznál mértük.

A **fényforrásokat összevetve** elmondható, hogy a vörös hullámhossz tartományban 660 nm körül alakultak a teljesítménysűrűség eloszlás csúcsai mindhárom LED világítótest esetében, ugyanakkor a kék hullámhossz tartományban 450 nm körül helyezkedtek el a csúcsok. Viszont a vásárolt LED-ek két alacsonyabb csúccsal rendelkeztek, miközben az épített LED egy határozott csúccsal bírt. A PAR tartományban vizsgálva a PPFD értéket, valamint a vörös:kék (R:B) és a vörös:távoli vörös (R:FR) arányokat, eltérések figyelhetők meg. A vásárolt LED

panelek hasonló (420 Grow Light: PPFD: 205 µmol/m^2/s, R:B=4,8 és R:FR=16,5; Roleadro: PPFD: 198 µmol/m^2/s R:B=5,7 és R:FR=16,8), míg az épített LED esetében jobban elkülönülő értékek (Lágymányosi: PPFD: 179 µmol/m^2/s, R:B=2,6 és R:FR=11,5) figyelhetők meg (24. ábra).



23. ábra: A Lágymányosi féle LED világítórendszer fotonáramsűrűség-eloszlása (µmol/m^2/s) 100%-os intenzitás mellett, a rá jellemző LED-kiosztás (ismétlődő LED elhelyezés) alatt mérve, 30 cm távolság esetén



24. ábra: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED, a Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED és a Lágymányosi féle LED világítórendszerre jellemző besugárzott fotonáramsűrűség, 100%-os csatorna fényintenzitás esetén (400-700 nm hullámhossz-tartományban)

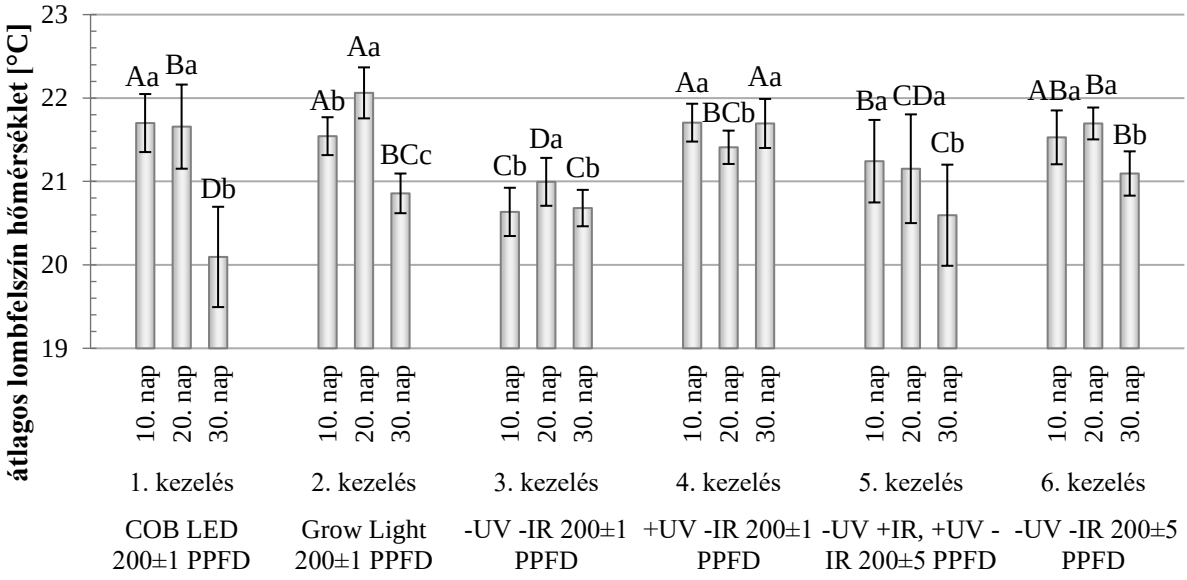
4.2. LED-es fénykörnyezet hatásai a batávia saláta vegetatív jellemzőire és fitonutrienseire

4.2.1. Vegetatív fejlődés eredményei

A vegetatív fejlődésre vonatkozó vizsgálatokra azonos módon, 10 naponta, összesen 4 mérési napon (levélhossz növényenként egyszeri mérés, lombfelszín-hőmérséklet, maximális kvantumhatékonyság, relatív klorofilltartalom növényenként három ismétlésben mérve). Az eredmények értékelését két oldalról közelítettem meg. Egyrészről a kezelések hatásait, másrészről a dekádok közötti változások eredményeit elemeztem. A hat különböző kezelés beállításait az anyag és módszerben (3. táblázat) ismertettem, a következőkben már csak 1-6. kezelésként hivatkozom rájuk. A megértés megkönnyítése miatt minden egyes ábrában, minden kezelés információit feltüntetem.

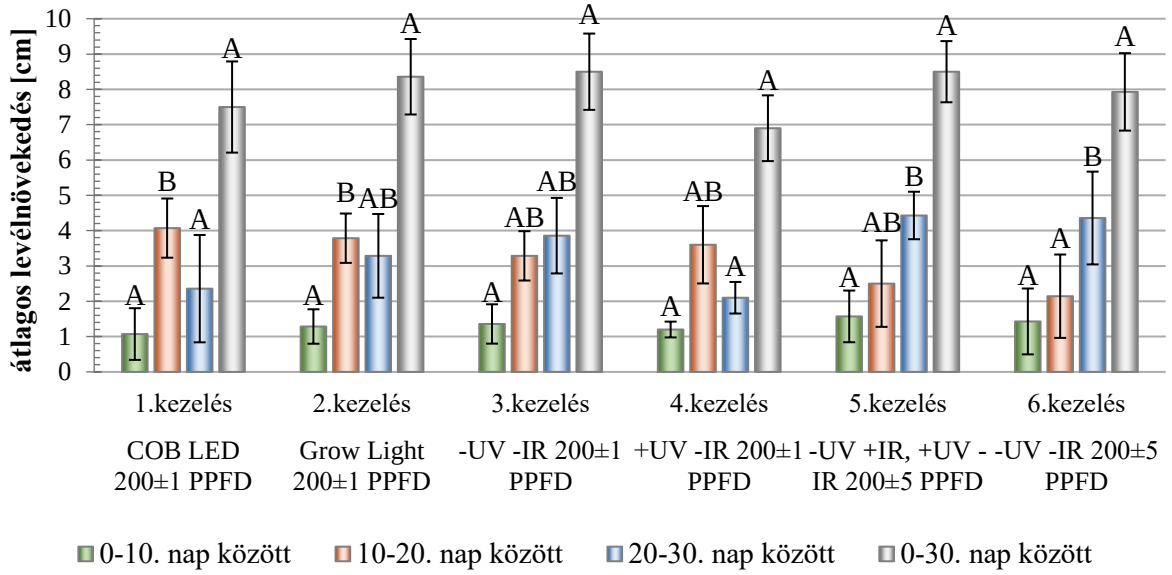
A termesztőlétesítmény hőmérséklete a napi ciklusokban, mindig 21-24°C között alakult. Az **átlagos lombfelszín-hőmérsékletet** külön nem vizsgáltuk a 0. napon elemezve. Az első releváns mérési napon, a 10. napon az átlagos lombfelszín-hőmérséklet 20,6-21,7°C között alakult, ahol a legmagasabb hőmérsékletet a 4. és az 1. kezelés növényeinek felületén, míg a legalacsonyabbat a 3. kezelés salátáin mértem. Szignifikáns különbség nem adódott a 1., 2., 4. és 6. kezelés salátái esetében, viszont 5. kezelés növényeivel (21,2 °C) együtt szignifikánsan magasabb átlagos lombfelszín-hőmérséklettel rendelkeztek, mint a 3. kezelés növényei. Az 5. kezelés salátáinak átlagos lombfelszín-hőmérséklete statisztikai szempontból nem különbözött a 6. kezelés növényeitől, de szignifikánsan különbözött az 1., 2., és 4. kezelés salátáitól. A 20. napon az átlagos lombfelszín-hőmérséklet 21,0-22,0°C között alakult, nem adódott különbség az 1., 4. és 6. kezelés salátái között, viszont szignifikáns mértékben különböztek a 2. és a 3. kezelés növényeitől. Az 5. kezelés növényeinek átlagos lombfelszín-hőmérséklete sem a 3. sem a 4. kezelések salátáinak lombfelszín-hőmérsékletétől nem különbözött szignifikánsan. A 2. kezelés növényei szignifikánsan különbözött valamennyi kezelés átlagától. A 30. napon a 4. kezelés növényei (21,7°C) bírtak a legmagasabb átlagos lombfelszín-hőmérséklettel, mely szignifikánsan különbözött valamennyi kezeléstől. A 6. kezelés növényeitől a 2. kezelés növényei – melyek a 3. és 5. kezelés növényeitől sem – szignifikánsan nem különböztek, ám a 3., 5. és az 1. kezelések növényei (20,7; 20,6; 20,1°C) szignifikánsan alacsonyabb átlagos lombfelszín-hőmérséklettel rendelkeztek.

Kezelésenként vizsgálva az eredményeket az mutatkozott, hogy a 10. és 20. nap között csak a 2., 3. és 4. kezelések esetében adódott különbség, azonban a 20. és a 30. nap között egy – a 4. kezelés salátái – eset kivételével minden kezelés salátái esetében szignifikánsan alacsonyabb volt az átlagos lombfelszín-hőmérséklet. A részletes statisztikai értékeléseket a M5. mellékletben (21. táblázat) mutatom be.



25. ábra: LED megvilágítások hatása a saláta átlagos lombfelszín-hőmérsékletére kezelésenként és dekádonként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napon a kezelések közötti; míg a kisbetűk, a kezelésen belül, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=21)

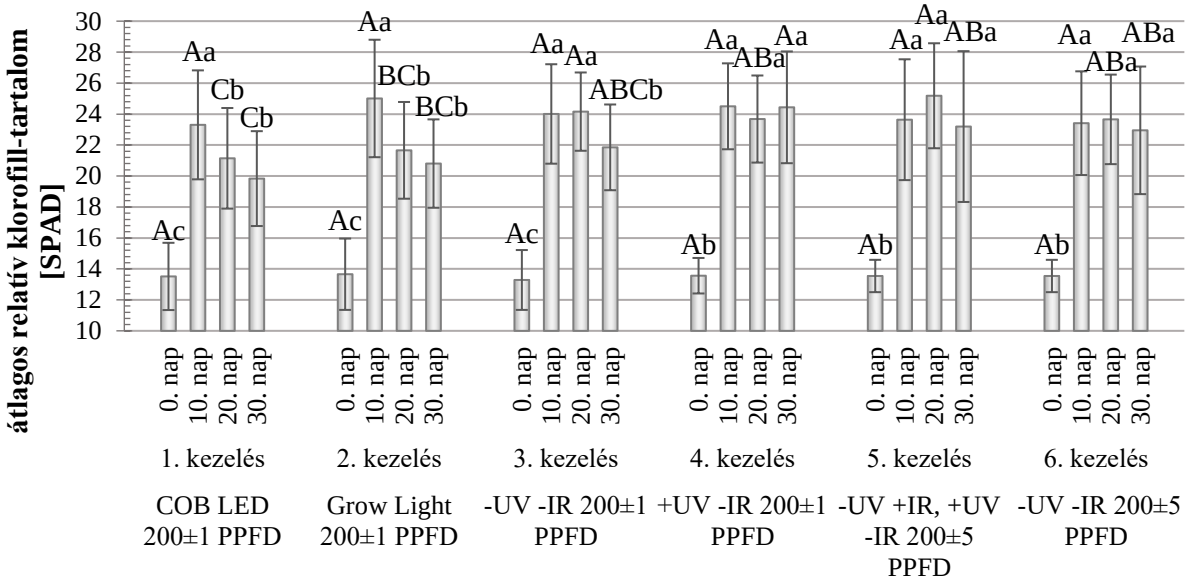
A növekedés ütemének megfigyelésére a mérési napok között eltelt idő alatt bekövetkezett **átlagos levélnövekedés** szolgál. A kezeléseket összevetve elmondható, hogy nem adódott szignifikáns különbség a kezelések között a 0-10. nap közötti átlagos levélnövekedés esetében. A 10-20. nap között az 1. és 2. kezelés növényei fejlődtek jobban, viszont a 20-30. nap között az 1. és a 4. kezelés növényei – nem mutattak hasonlóságot a korábbi növekedési időszakhoz képest – elmaradtak az 5. és 6. kezelés növényeinél tapasztalt átlagos levélnövekedés intenzitásától (26. ábra). A 0-30. nap között eltelt időszakban, a mért növekedés nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között. A részletes statisztikai értékeléseket a M5. mellékletben (29. táblázat) mutatom be.



26. ábra: Átlagos levélnövekedés változása kezelésenként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik a kezelések szerint; p≤0,05; n=21)

Az **átlagos relatív klorofilltartalom mennyiségét** elemezve a 0. napon természetesen nem adódott különbség a kezelések között (12,96-13,86 SPAD érték). A 10. napon összehasonlítva továbbra sem mutatkozott szignifikáns különbség a kezelések között (22,78-25,01 SPAD érték). A 20. napon adódott különbség, amikor a legnagyobb SPAD értékekkel az 5. kezelés növényei rendelkeztek (25,18 SPAD érték), ettől a kezeléstől nem tért el szignifikáns mértékben a 3.,4., és 6. kezeléseknél mért saláták relatív klorofill-tartalma (23,66-24,16 SPAD érték). Az 5. kezelés növényeitől szignifikánsan különböztek – ám egymástól nem – a 2. (21,66 SPAD érték) és az 1. (21,14 SPAD érték) kezeléseknél mért relatív klorofill-tartalmak. Ezen túl az 1. kezelés növényei szignifikánsan alacsonyabb relatív klorofill-tartalommal rendelkeztek a 3., 4. és 6. kezelések növényeihez képest. A 30. napon mérve a 4. kezelés növényeiben volt a legmagasabb relatív klorofill-tartalom (24,44 SPAD érték), amitől szignifikánsan az alacsony értékekkel rendelkező 1. és 2. kezelés (19,83, 20,80 SPAD érték) növényei tértek, melyek közül az 1. kezelés tért még el szignifikáns mértékben a 3., 6. és 5. kezelések salátáitól (21,85-23,19 SPAD érték).

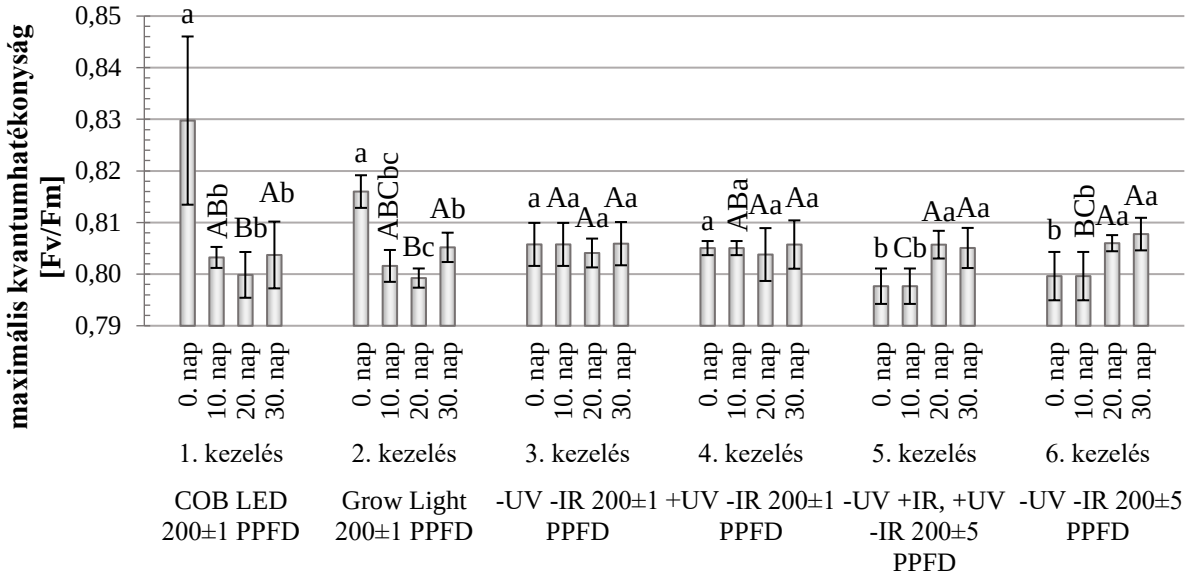
Kezelésenként is megvizsgáltam az eredményeket. Mindegyik kezelés esetében szignifikáns volt a különbség a 0. és 10. nap, illetve a 0. és a 30. nap eredményei között. Megfigyelhető volt, hogy a kezdeti fejlődési szakaszban emelkedett a relatív klorofilltartalom a növényekben, ám a 10. napot követően a 20. és 30. napon mérve csökkenő tendencia volt megfigyelhető az 1., 2. kezelések esetében, ahol szignifikáns volt a különbség a 10. és 20. nap között. Ugyan a 3., 5. és 6. kezelésű növényekben a 10. és 20. nap között emelkedett a relatív klorofilltartalom a 30. napig szintén csökkenés mutatkozott, de csak a 3. kezelés esetben volt szignifikáns a különbség (27. ábra, M5. melléklet: 30. táblázat).



27. ábra: Átlagos relatív klorofilltartalom mennyisége kezelésenként és dekádonként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napon a kezelések közötti; míg a kisbetűk, a kezelé sen belül, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=28)

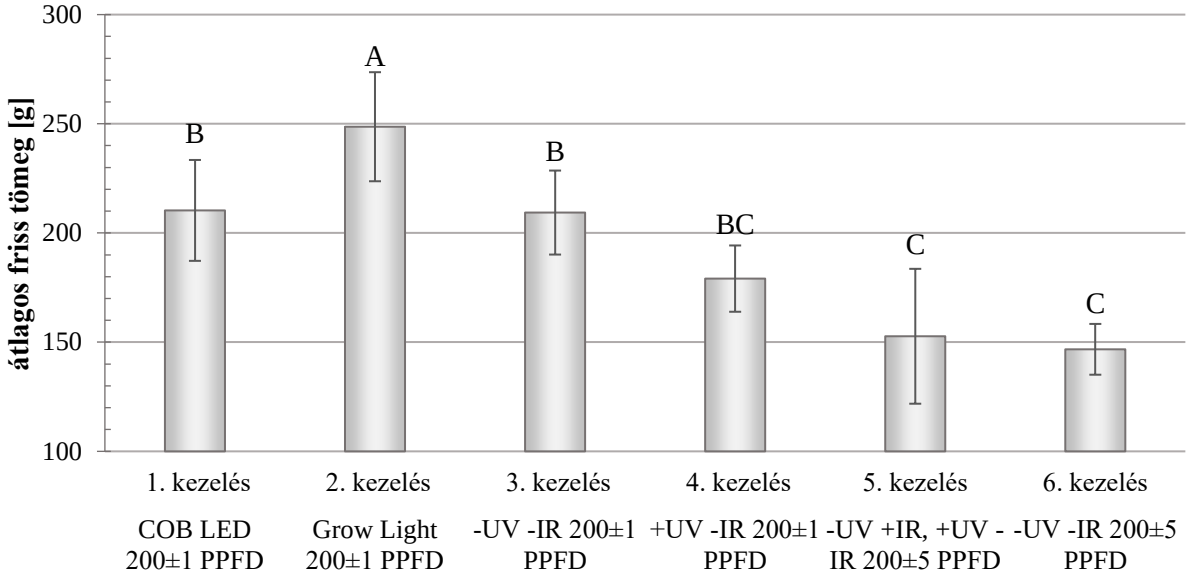
Az **átlagos maximális kvantumhatékonyság** esetében az F_v/F_m sötétadaptált értékek a 0.napon a normális tartományon belül – egy palánta kivételével (0,854), ami a későbbiek során helyreállt – 0,797-0,824 között változtak. A 10. nap átlagértékei (0,798-0,806) alapján elmondható, hogy az 1-4. kezelések salátái között nem adódott különbség, viszont a 3. kezelés salátáin mért F_v/F_m értékek szignifikánsan különböztek az 5. és a 6. kezelés salátáitól. Az 5. kezelés salátái szignifikánsan eltértek az 1., 3. és a 4. kezelésű salátáktól. Az 1-4., 5-6. kezelések között nem adódott különbség. A 20. napon 0,799-0,806 közötti átlag értékeket kaptam, ekkor szignifikáns különbség az 1-2. (egymástól nem különböztek) és 5-6. (egymástól nem különböztek) kezelések növényei között volt kimutatható. A 30. napon a kezelések salátái között nem mutatkozott szignifikáns különbség (0,804-0,808). Az egyéni mérések alkalmával a legalacsonyabb és legmagasabb értékeket minden alkalommal más-más növény adta.

A kezeléseken belüli vizsgálatok során az mutatkozott, hogy az 1-4. kezelések növényei esetében a 10. napot követően valamelyest csökkent az átlagos maximális kvantumhatékonyság, de a 30. napig ismét emelkedett, ennek mértéke egyik esetben sem volt statisztikailag kimutatható. Ez a tendencia nem volt megfigyelhető az 5-6. kezelések növényei esetében, ahol minden esetben szignifikáns volt a növekedés a 10. és 20. nap között (28. ábra, M5. melléklet: 33. táblázat).



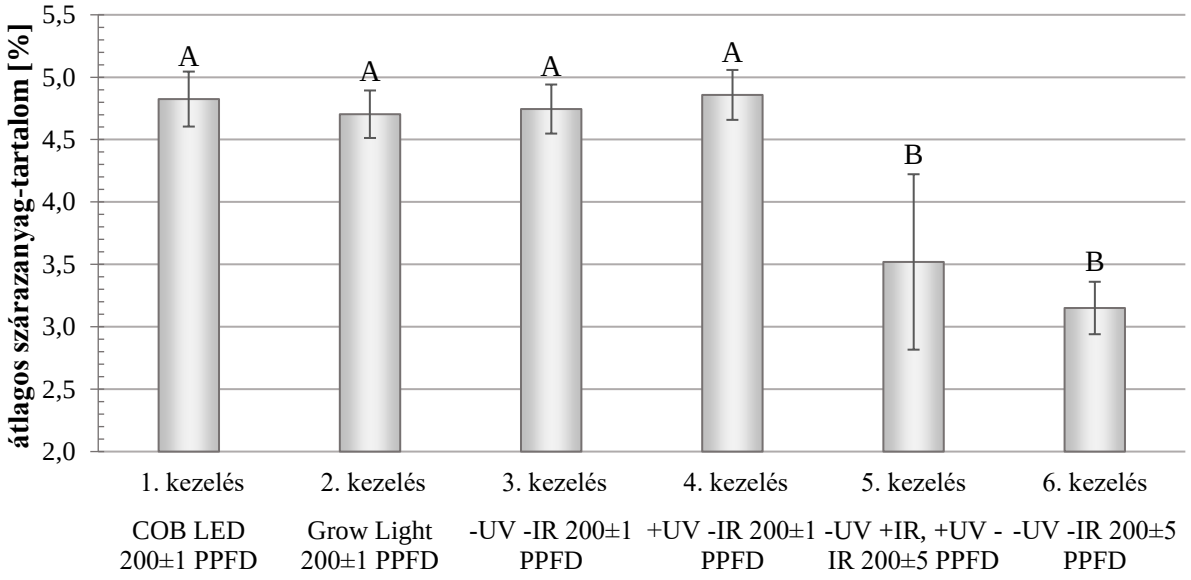
28. ábra: Átlagos maximális kvantumhatékonyság mértéke dekádonként, kezelésenként (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=21)

A legmagasabb **átlagos friss tömeg**gel a 2. kezelésű saláták bírtak (249 g), melytől szignifikáns mértékben különbözött a többi kezelés salátáinak átlagos friss tömege. Az 1. és a 3. kezelésű saláták (210, 209 g) egymástól és a 4. kezelés salátaitól nem különböztek, viszont szignifikánsan magasabb átlagos friss tömeggel rendelkeztek, mint az 5. és a 6. kezelés növényei (153, 147 g), melyek egymástól nem különböztek jelentős mértékben és a legalacsonyabb átlagos friss tömeget adták (29. ábra, M5. melléklet: 39. táblázat).



29. ábra: A kezelések hatása az átlagos friss tömeg alakulására (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=7)

A legmagasabb **átlagos szárazanyag-tartalom**mal a 4., 1., 3., és 2. kezelésben nevelt növények esetében tapasztaltam (4,86-4,70 %). Ezen kezelések salátáinak átlagos szárazanyag-tartalma szignifikánsan különbözött a legalacsonyabb átlagos szárazanyag-tartalommal rendelkező 6. és 5. kezelésű salátáktól (3,15; 3,52 %) (30. ábra, M5. melléklet: 42. táblázat).

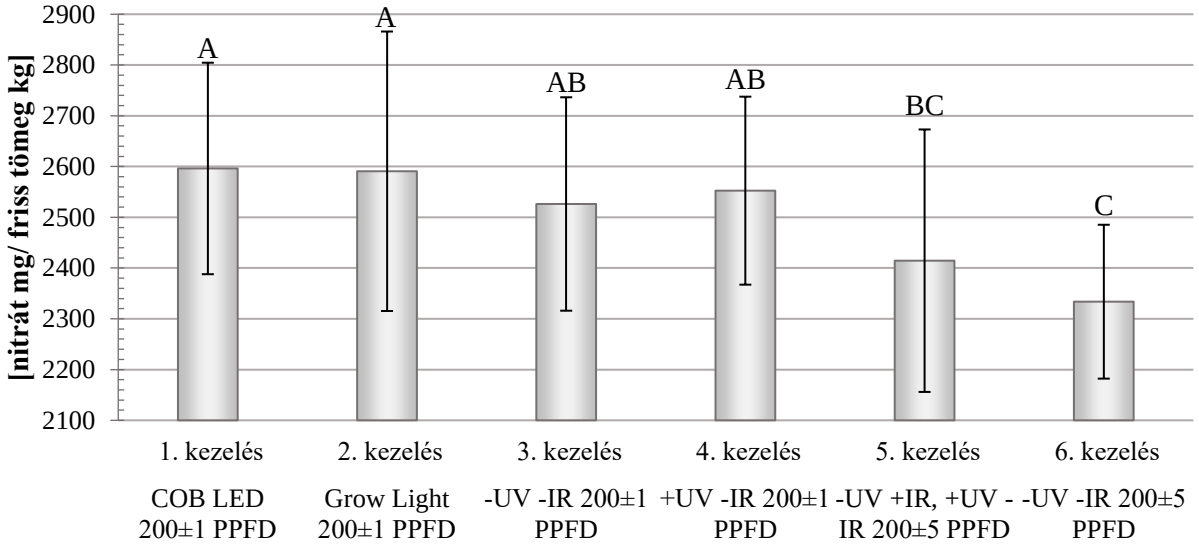


30. ábra: A kezelések hatása az átlagos szárazanyag mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=7)

4.2.2. Fitonutriensek mennyisége

A legmagasabb **átlagos nitrát-mennyiség** az 1. és a 2. kezelésben nevelt saláták esetében volt (2596, 2591 mg/kg). A legalacsonyabb átlagos nitrát-tartalommal a 6. kezelés (2334 mg/kg) salátái bírtak, amelyek az 5. kezelés (2414 mg/kg) salátáinak kivételével, minden más kezeléstől

szignifikánsan különböztek (31. ábra, M5. melléklet: 45. táblázat). Egyik kezelés esetében sem lépte túl egyetlen saláta sem a megengedett Uniós (1258/2011/EU) (melegházi termesztés, április 1. és szeptember 30. között szedett: 4000 mg NO_3/friss tömeg kg) határértéket.



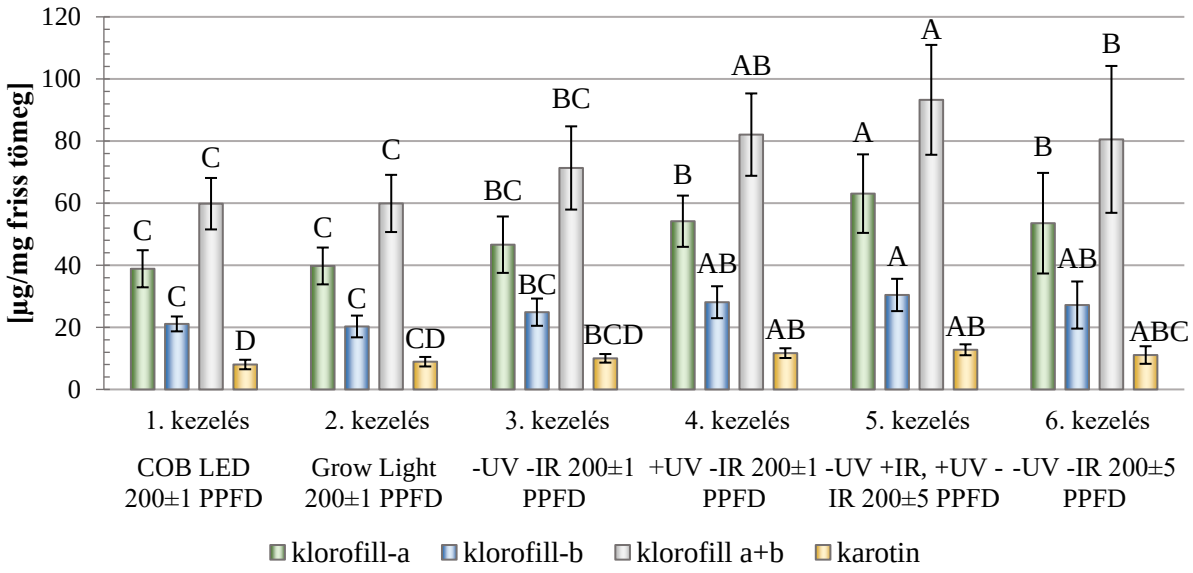
31. ábra: A kezelések hatása az átlagos nitrát-mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=35)

A saláták **átlagos klorofill-a mennyiség**ét vizsgálva az mutatkozott, hogy a legmagasabb az 5. kezelésben nevelt növényekben volt (63,07 µg/mg), melyhez képest szignifikánsan alacsonyabb szinttel rendelkeztek a többi kezelés növényei. A legalacsonyabb átlagos klorofill-a mennyiséggel az 1. és a 2. kezelések salátái bírtak (38,87; 39,77 µg/mg), melyek szignifikánsan eltértek a 4. és a 6. kezelések salátáitól (54,18; 53,54 µg/mg), melyek egymástól nem tértek el.

Szintén az 5. kezelés növényeiben volt a legmagasabb **klorofill-b tartalom** (30,43 µg/mg), ettől csupán – az egymástól nem különböző – 3., 1., és 2. kezelésű saláták (24,88; 21,1; 20,28 µg/mg) tértek el szignifikáns mértékben. Az 1. és a 2. kezelés növényeiből mért átlagos klorofill-b mennyiség volt a legalacsonyabb, melyektől a 4. és a 6. kezelésű saláták (28,09; 27,18 µg/mg) is szignifikánsan különböztek.

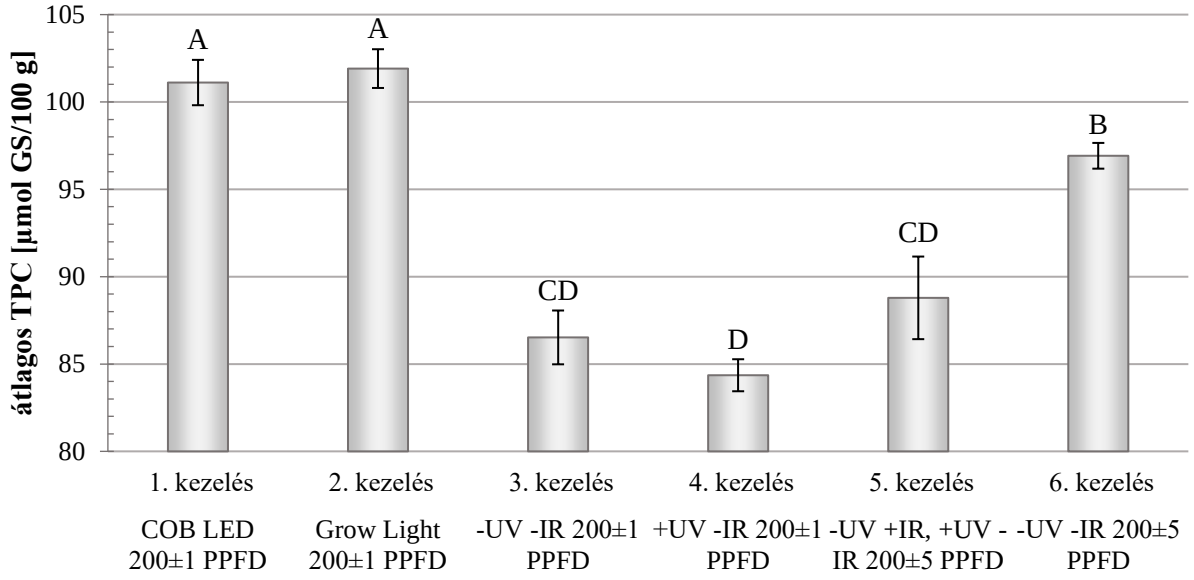
A klorofill-a és-b mennyiségét együttesen, átlagosan vizsgálva (továbbiakban **átlagos összes klorofillmennyiség**) – a Tukey féle HSD post-hoc módszer, 95%-os valószínűségi szint mellett – a korábbiakhoz hasonló eredmény adódott. A vártnak megfelelően ebben az esetben is a legmagasabb értékkel az 5. kezelés növényei rendelkeztek – mely a 4. kezelésben nevelt növények kivételével – minden kezeléstől szignifikánsan eltért. A legalacsonyabb átlagos összes klorofillmennyiséggel az 1. és a 2. kezelések növényei bírtak, melyek sem egymástól, sem a 3. kezelés salátáitól nem különböztek – az utóbbi kezelésű növények a 4. és a 6. kezelések növényeitől sem tértek el – jelentősen.

Az **átlagos karotin mennyiségét** nézve elmondható, hogy nem adódtak nagy különbségek. A legmagasabb átlagos karotin-tartalom az 5. kezelésben nevelt növényekben volt (12,77 µg/mg), melyekhez képest szignifikánsan alacsonyabb szint volt mérhető a 3., 2. és az 1. kezelések salátái esetében (10,02; 8,93; 8,03 µg/mg). A kezelések hatását az átlagos klorofill-a, klorofill-b, összes klorofill és karotin mennyiségre a 32. ábra és az M5. mellékletben (48. táblázat-59. táblázat) mutatom be.



32. ábra: A kezelések hatása az átlagos klorofill-a, -b, -a+b (összes) és átlagos karotin mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=14)

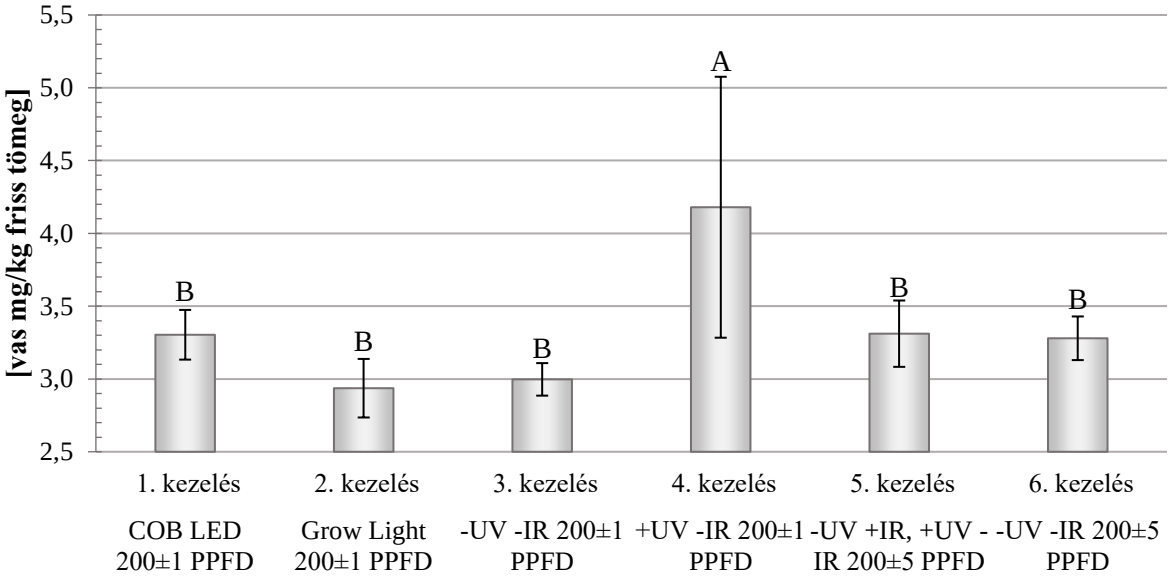
Az átlagos **összes polifenol tartalom** tekintetében, úgy adódott, hogy a legmagasabb átlagos polifenol tartalommal a 2. és az 1. kezelés növényei rendelkeztek (101,9; 101,1 µmol GS/100 g), melyek nem különböztek egymástól, de a többi kezelés növényeitől szignifikánsan különböztek. A legalacsonyabb átlagos összes polifenol mennyiség a 4., 3. és az 5. kezelésben nevelt növények esetében (84,4; 86,5, 88,8 µmol GS/100 g) adódott, melyek között nem volt jelentős különbség, de a 6. kezelés növényei szignifikánsan magasabb értékkel (96,9 µmol GS/100 g) rendelkeztek (33. ábra, M5. melléklet: 60. táblázat).



33. ábra: A kezelések hatása az átlagos összes polifenol tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=5)

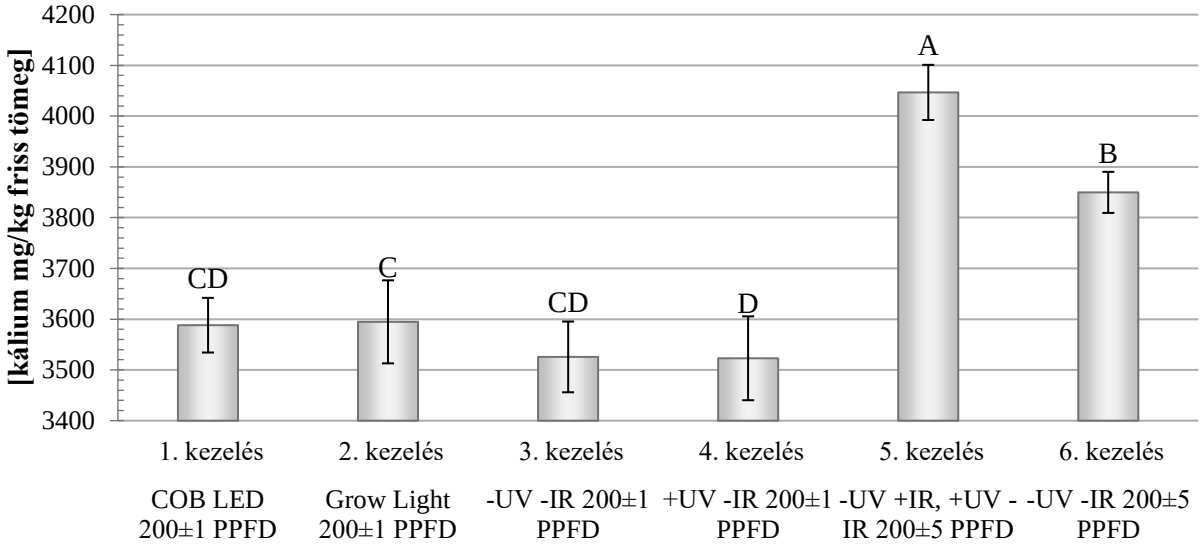
4.2.3. Elemtartalom meghatározás eredményei

A legnagyobb **átlagos vas-tartalom**mal a 4. kezelés növényei bírtak (4,18 mg/kg friss tömeg), amely szignifikánsan különbözött a többi kezelés salátáitól. A legalacsonyabb volt az átlagos vas-tartalma a 2. kezelés növényeinek (2,94 mg/kg friss tömeg) (34. ábra).



34. ábra: A kezelések hatása az átlagos vas-tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15)

Az **átlagos kálium-tartalom** az 5. kezelésben nevelt növények esetében volt a legmagasabb (4047 mg/kg friss tömeg), ezt a 6. kezelésű saláták kálium-tartalma követte (3849 mg/kg friss tömeg) amelyek mind egymástól, mind a többi kezelés növényeitől szignifikánsan különböztek. A legalacsonyabb átlagos kálium-tartalommal a 4. kezelés növényei bírtak (3523 mg/kg friss tömeg), amelytől az 5. és 6. kezelés növényein túl a 2. kezelés salátái (3595 mg/kg friss tömeg) különböztek szignifikánsan (35. ábra).

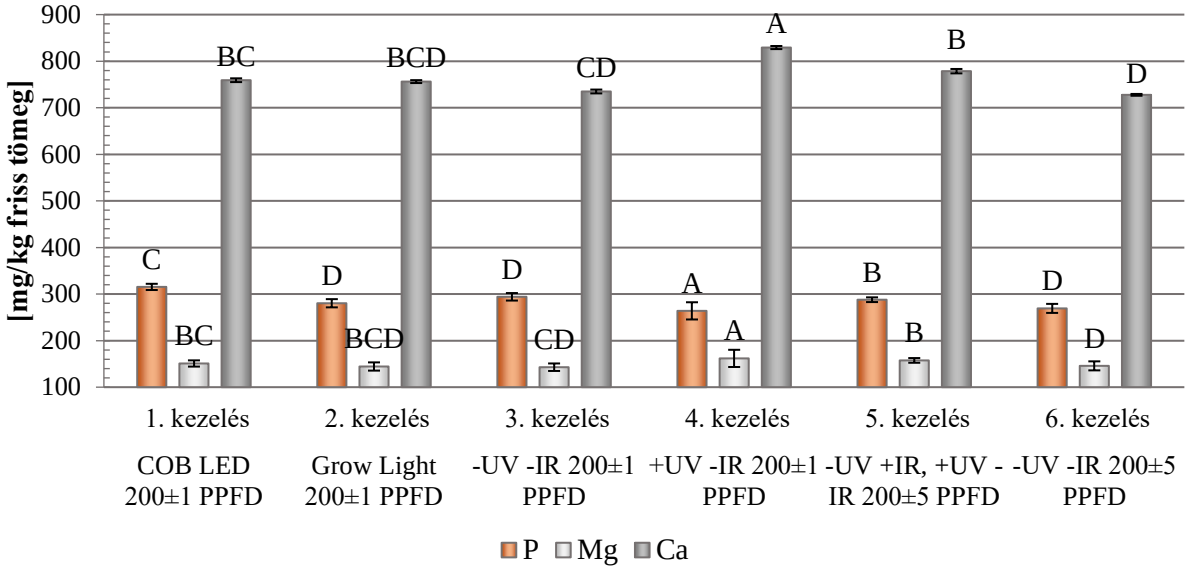


35. ábra: A kezelések hatása az átlagos kálium-tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15)

Az **átlagos foszfor-tartalom** az 1. kezelésben nevelt növények esetében volt a legmagasabb (315,3 mg/kg friss tömeg), amely a többi kezelés salátáitól szignifikánsan különbözött. A legalacsonyabb volt a foszfor-tartalom a 4. kezelés növényei esetében (263,9 mg/kg friss tömeg), amelytől – a 6. kezelés kivételével – a többi kezelés növényei szignifikánsan magasabb foszfor mennyiséggel rendelkezett. Továbbá a 3. a 4. kezelés salátáitól, valamint az 5. a 6. kezelés növényeitől szignifikánsan különbözött (36. ábra).

Az **átlagos magnézium-tartalom** a 4. kezelésben nevelt saláták esetében volt a legmagasabb (161,8 mg/kg friss tömeg), amelytől szignifikánsan alacsonyabb volt a magnézium mennyisége a többi kezelés esetében. A legalacsonyabb volt az átlagos magnézium-tartalom a 3. kezelés növényeiben (142,9 mg/kg friss tömeg), amelyhez képest szignifikánsan magasabb átlagos magnézium mennyiséggel bírtak a 4. és az 5. kezelésben nevelt saláták (36. ábra).

Az **átlagos kalcium-tartalom** az 4. kezelésben nevelt növények esetében volt a legmagasabb (829,3 mg/kg friss tömeg), amely szignifikánsan különbözött az összes többi kezelés salátáitól. A 6. kezelés növényei esetében volt a legalacsonyabb (727,7 mg/kg friss tömeg) az átlagos kalcium-tartalom, amely kezelés salátái az 5. és az 1. kezelés salátáitól is szignifikánsan különböztek (36. ábra (foszfor (P), magnézium (Mg), kalcium (Ca) tartalmak statisztikai értékelését kémiai elemenként kell értelmezni)).

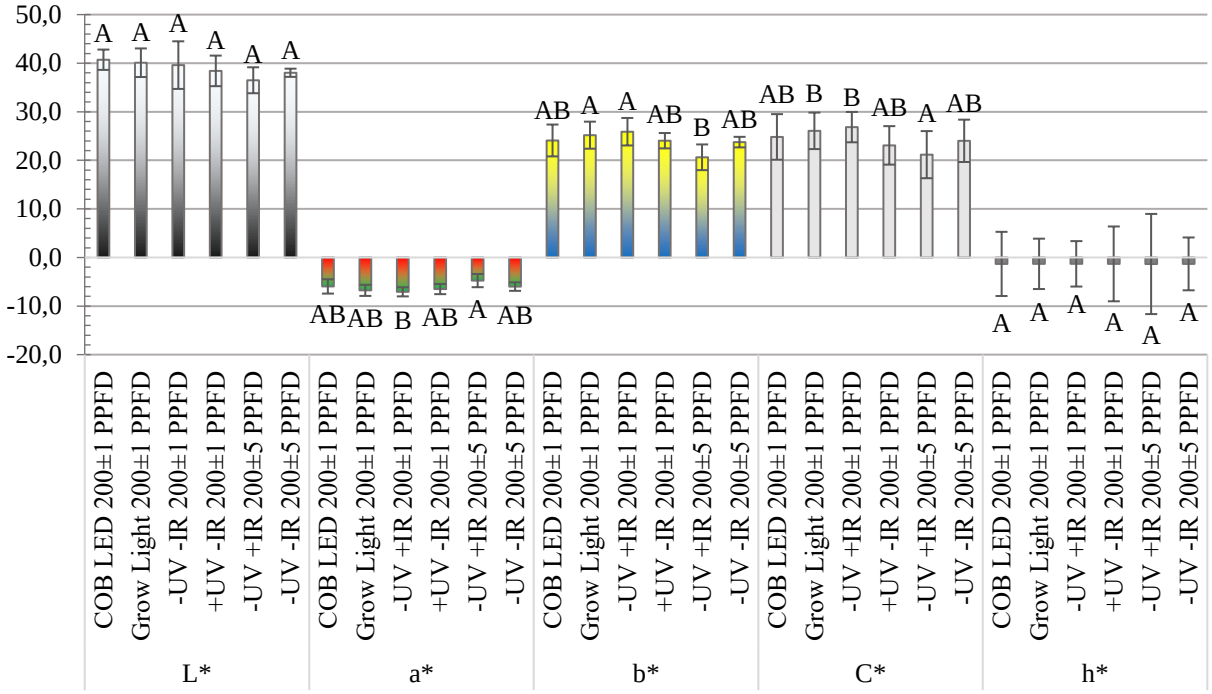


36. ábra: A kezelések hatása az átlagos foszfor-, magnézium-, kalcium-tartalomra (foszfor (P), magnézium (Mg), kalcium (Ca) tartalmak statisztikai értékelését kémiai elemenként kell értelmezni) (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15)

4.2.4. Színparaméterek és koordináták elemzése

A CIE Lab értékek alapján egyértelműen elmondható, hogy nem adódott különbség az átlagos **L*** értékek (36,5-40,7) – ami a sötét és világos közötti átmenet – között, viszont az átlagos **a*** és **b*** értékek esetében szignifikáns különbség volt megfigyelhető. Az átlagos **a*** értékek – ami a zöld és piros szín közötti átmenet – esetében az mutatkozott, hogy az 5. kezelés növényei (-4,6) szignifikánsan pirosabbak voltak, mint a 3. kezelés növényei (-7,1). Az átlagos **b*** értékek – ami a kék és sárga színek közötti átmenet – esetében az 5. kezelés növényeihez (20,6) képest szignifikánsan sárgábbak voltak a 2. és a 3. kezelés salátái (25,2; 25,9) (37. ábra, M5. melléklet: 63. táblázat).

Az $L^*a^*b^*$ koordinátákból származtatott értékek (C^*, h^*) alapján kiszámítottam a kezelések közötti különbségeket (ΔE^*_{ab}, ΔL^*_{ab}, ΔC^*_{ab}, Δh^*_{ab}), melyet a 14. táblázat foglal össze. Minél nagyobb a különbség, annál nagyobb a színeltérés mértéke. A ΔE^*_{ab} esetében a Mokrzycki & Tatol (2011) által leírt értékhatárok alapján meghatározható, hogy egy bíráló/megfigyelő látja-e és ha igen, akkor milyen mértékben érzékeli két szín között a különbséget. A vizsgált saláta kezelések között az mutatkozott, hogy a szemlélő határozottan el tudja különíteni ($5<\Delta E$) a két átlagos színt, az 5. kezelés növényeinek átlagos színét az 1., 2. és 3. kezelések salátáinak átlagos színétől. Egyértelműen látható az átlagos színek közötti különbség ($3,5<\Delta E<5$) a 4. kezelés és az 1., 2., 3. kezelések között. Tapasztalatlan szemlélő is látja a különbséget ($2<\Delta E<3,5$) a 3. és az 1. kezelések, az 5. és a 4. kezelések, valamint a 6. és a 2., 3., 5. kezelések között. A 2. és az 1. kezelések, illetve a 6. és a 4. kezelések esetében a különbséget csak tapasztalt szemlélő venné észre ($1<\Delta E<2$). A többi esetben a különbség annyira kicsi, hogy az már szemmel nem érzékelhető ($0<\Delta E<1$).



37. ábra: A kezelések hatása az átlagos szín koordinátákra és származtatott értékeikre (az L*,a*,b* értékek oszlopdiagramjain a színválasztás a tengelyek végpontjai színérzeteit szimbolizálja (ahol L* (0 - 100), a* és b* (-100 - +100) tartomány) (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=21)

14. táblázat: A kezelések közötti ΔE^*_{ab}, ΔL^*_{ab}, ΔC^*_{ab}, Δh^*_{ab} alapján kialakult különbségek

		1.	2.	3.	4.	5.	6.
1.	ΔE^*_{ab}	-	*1,49*	**2,39**	***3,70***	***5,59***	**2,76**
	ΔL^*_{ab}		0,61	1,10	0,61	4,23	2,68
	ΔC^*_{ab}		1,26	2,02	1,74	3,64	0,80
	Δh^*_{ab}		0,020	0,024	0,011	0,016	0,010
2.	ΔE^*_{ab}		-	0,91	***4,00***	***6,15***	**2,89**
	ΔL^*_{ab}			0,49	1,68	2,07	2,07
	ΔC^*_{ab}			0,76	3,00	4,90	2,06
	Δh^*_{ab}			0,004	0,009	0,036	0,010
3.	ΔE^*_{ab}			-	***4,34***	***6,54***	**3,22**
	ΔL^*_{ab}				1,19	3,12	1,58
	ΔC^*_{ab}				3,76	5,67	2,82
	Δh^*_{ab}				0,013	0,040	0,014
4.	ΔE^*_{ab}				-	**2,22**	*1,13*
	ΔL^*_{ab}					1,93	0,39
	ΔC^*_{ab}					1,91	0,94
	Δh^*_{ab}					0,027	0,001
5.	ΔE^*_{ab}					-	**3,32**
	ΔL^*_{ab}						1,55
	ΔC^*_{ab}						2,85
	Δh^*_{ab}						0,026

Szemmel nem érzékelhető a különbség (0<ΔE<1), *Csak tapasztalt szemlélő veszi észre a különbséget* (1<ΔE<2), **Tapasztalatlan szemlélő is látja a különbséget** (2<ΔE<3,5), ***egyértelműen látható a színek közötti különbség*** (3,5<ΔE<5), ***határozottan elkülönül a két színt*** (5<ΔE)

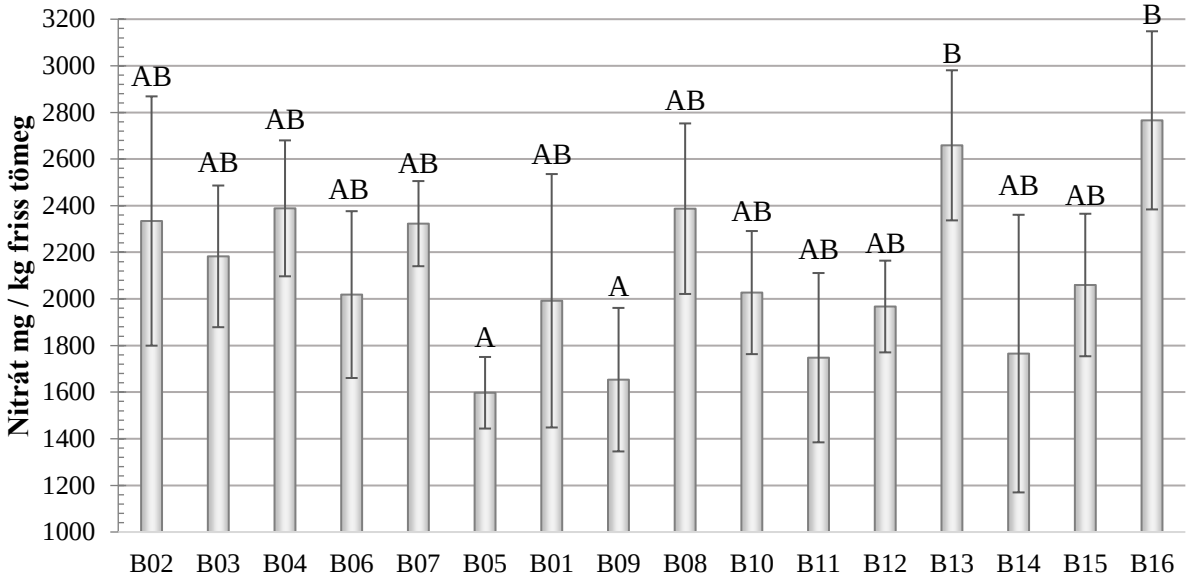
4.3. Módszerfejlesztés a nitrát-tartalom meghatározására FT-NIR technikával

4.3.1. A nitrát mennyiség UV-Vis mérési eredményei

Az FT-NIR mérési módszer kalibrációs függvényének kialakításához szükséges referencia adatokat UV-Vis spektrofotometriás eljárással állapítottam meg.

4.3.1.1. Batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása

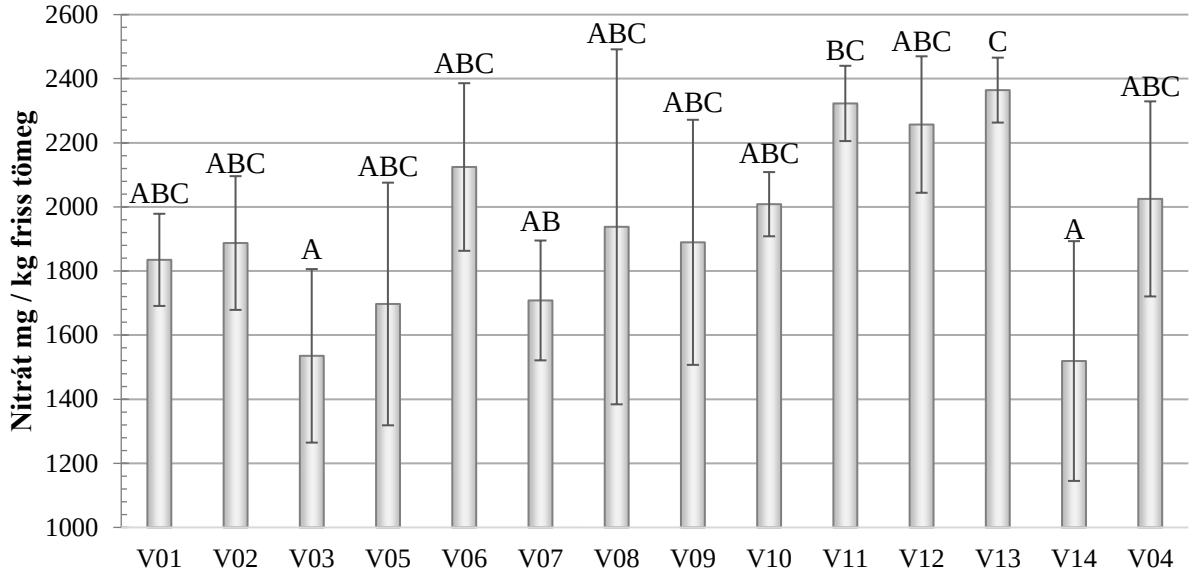
A tavaszi szedésű batávia típusú salátafajták közül B05 és B09 fajták esetében mutatkozott szignifikáns különbség a B13 és B16 fajtáktól. Az összes többi fajta nem különbözött szignifikánsan egyik csoporttól sem a nitrát-tartalmat tekintve (38. ábra, M5. melléklet: 69. táblázat). Az Uniós rendeletben foglalt (1258/2011/EU) megengedett maximális nitrát mennyiségre vonatkozó határértéket (melegházi termesztés, április 1. és szeptember 30. között szedett: 4000 mg NO_3/kg), nem haladta meg egyik saláta sem.



38. ábra: Batávia salátafajták nitrát-tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6)

4.3.1.2. Vajfej salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása

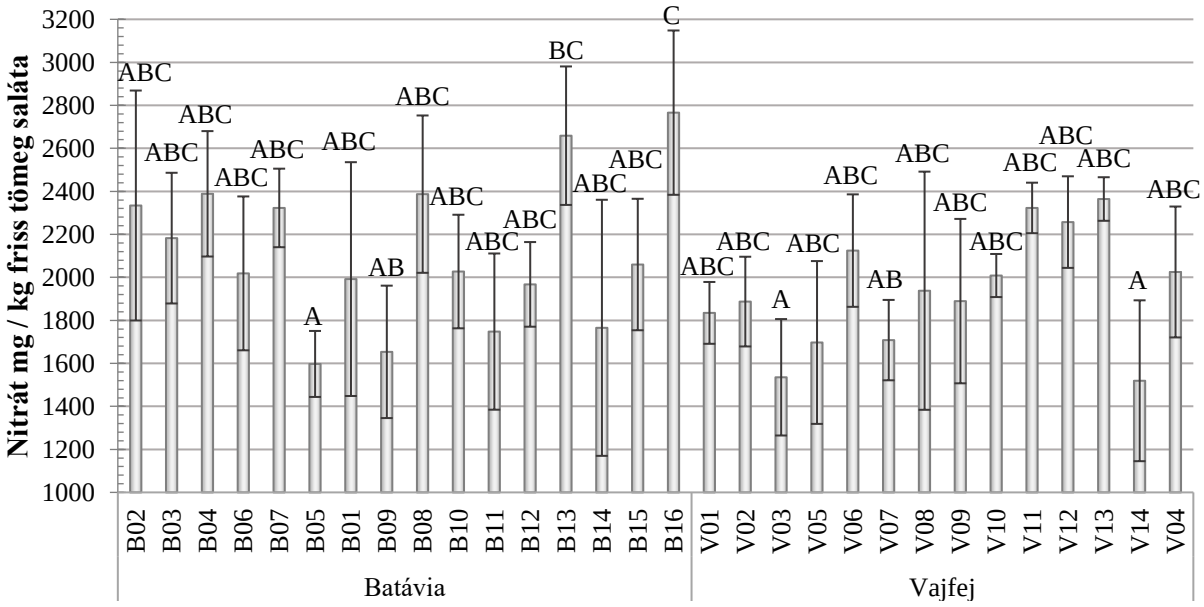
A tavaszi szedésű vajfej saláták közül a legkevesebb nitrát-tartalommal a V05 és a V14 rendelkezett, a legmagasabbal pedig a V13 fajta. A V01, V02, V04, V05, V06, V08, V09, V10, V12 fajták nem különböztek egymástól szignifikánsan. A V13 fajta szignifikánsan magasabb nitrát-tartalommal rendelkezett a V03, V07 és V04 fajtákhoz képest, míg a V11 fajta a V03 és V14 fajtáktól különbözött szignifikánsan (39. ábra, M5. melléklet: 70. táblázat). Az Uniós rendeletben foglalt (1258/2011/EU) megengedett maximális nitrát mennyiségre vonatkozó határértéket (melegházi termesztés, április 1. és szeptember 30. között szedett: 4000 mg NO_3/kg), nem haladta meg egyik saláta sem.



39. ábra: Vajfej salátafajták nitrát tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6)

4.3.1.3. A vajfej és batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlítása

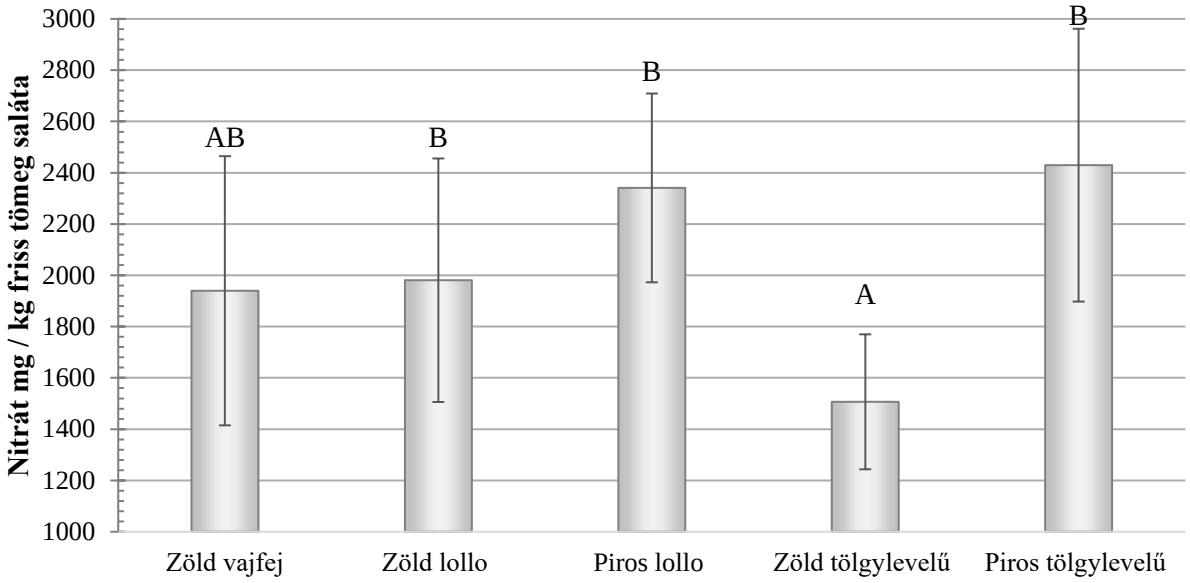
A vajfej salátafajták és batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlításakor a Kruskal-Wallis teszt kevés esetben mutatott szignifikáns különbséget. Az Uniós rendeletben foglalt (1258/2011/EU) megengedett maximális nitrát mennyiségre vonatkozó határértéket (melegházi termesztés, április 1. és szeptember 30. között szedett: 4000 mg NO_3/kg), nem haladta meg egyik saláta sem. Ugyanakkor B16 szignifikánsan magasabb nitrát-tartalommal rendelkezett a V03, B05, V14, V07, B09 fajtákhoz képest. V03 B05 V14 fajták szignifikánsan alacsonyabbak voltak még B13 fajtától. Az összes többi esetben nem mutatkozott jelentős különbség (40. ábra, M5. melléklet: 71. táblázat).



40. ábra: A vizsgált salátafajták (batávia és vajfej salátatípus) nitrát mennyisége (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6)

4.3.1.4. Salátatípusok nitrát tartalmának összehasonlítása

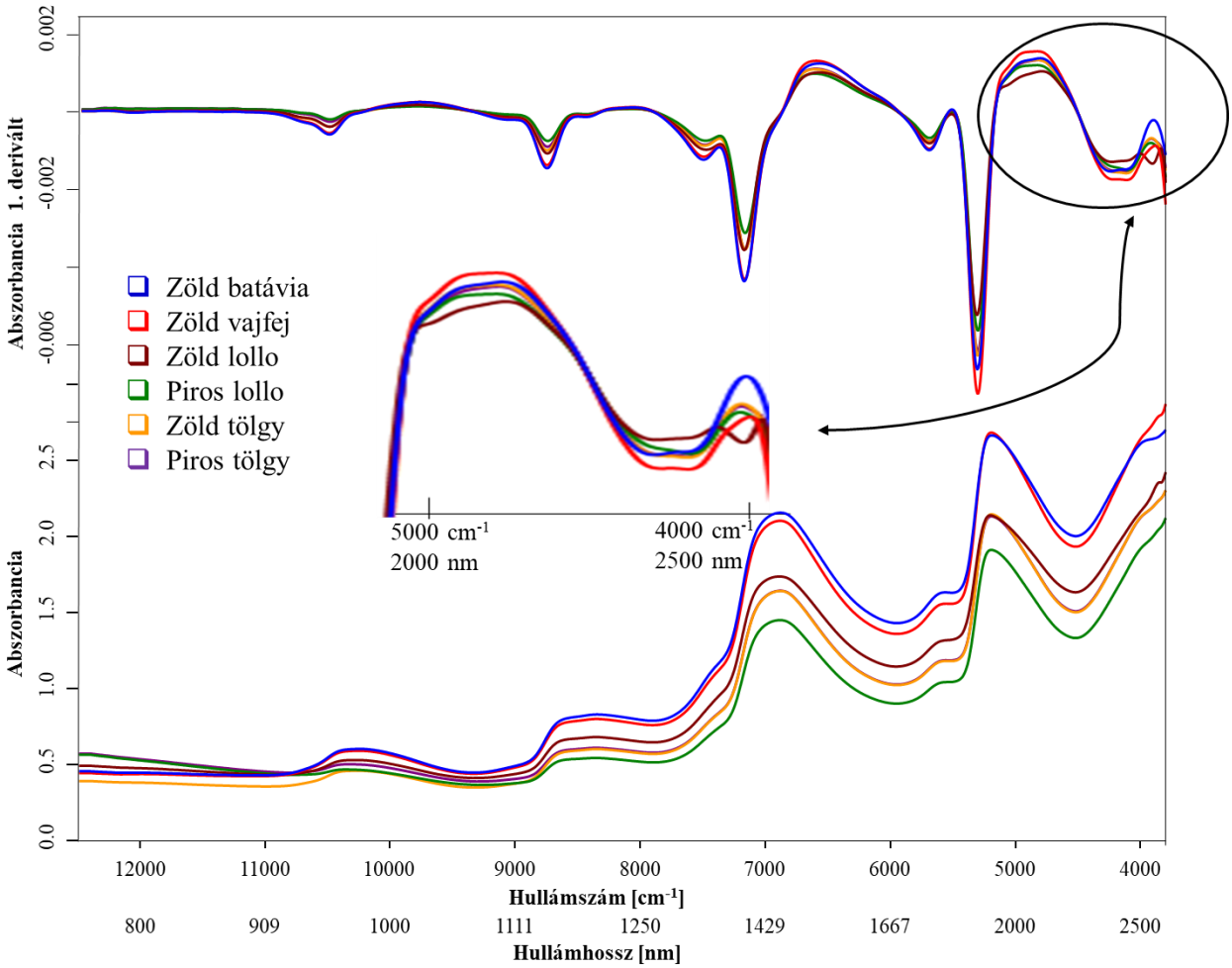
Az őszi szedésű salátafajtákat tekintve a zöld tölgylevelű salátatípus nitrát-tartalma szignifikánsan alacsonyabb volt a piros tölgylevelű, a zöld lollo és a piros lollo salátatípusokénál. A zöld vajfej salátatípus nem különbözött a többi salátatípustól (41. ábra, M5. melléklet: 72. táblázat). Az Uniós megengedett maximális határértéket (szabadföldi termesztés, október 1. és március 31. között szedett: 4000 mg NO_3/kg) nem haladta meg egyik saláta sem.



41. ábra: Különböző őszi szedésű salátatípusok nitrát-tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15)

4.3.2. FT-NIR módszer spektrumkép elemzésének eredményei

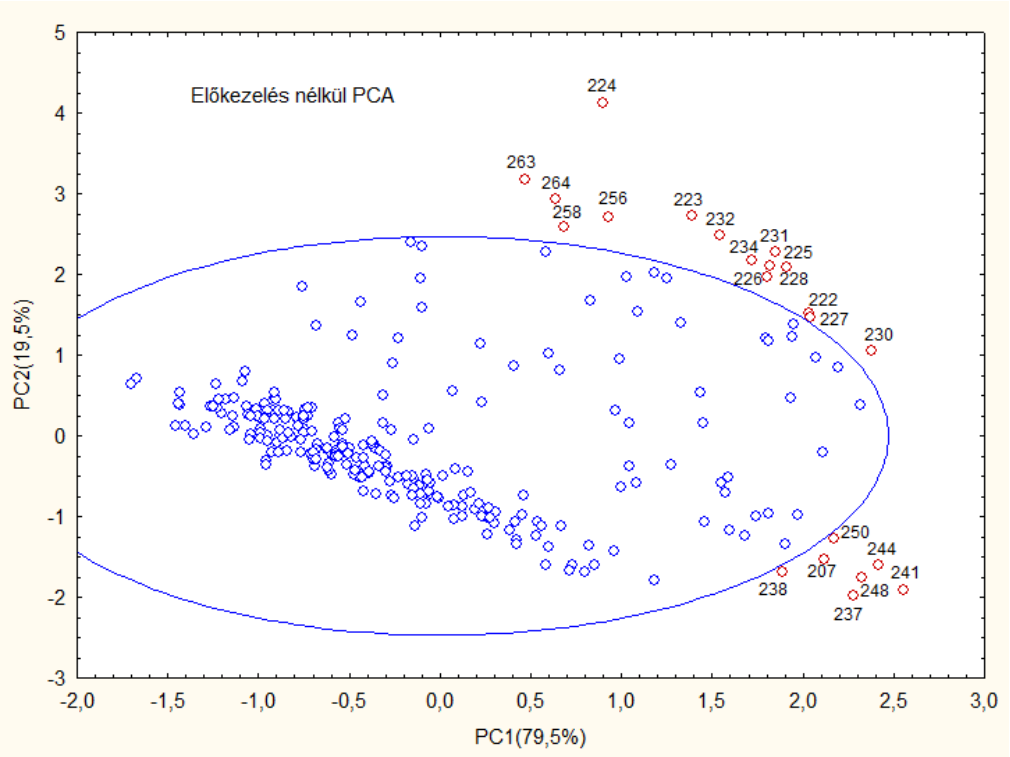
A különböző típusú minták közeli infravörös spektrumának összehasonlítása során az eredeti spektrumképben lényeges (karakterisztikus) eltérés nem látható. A finomabb eltérések feltárása érdekében a spektrumok első derivált függvény-transzformációit vizsgáltam. Ennek hatására a csúcsok, átfedések jobban elkülönülnek. Az átlag spektrumok első derivált görbéjének (42. ábra) vizsgálatát követően látható, hogy az 5000-3900 cm^{-1} hullámszám (2000-2564 nm) közötti régióban (kiemelt terület) mutatkoztak karakterisztikus különbségek, ahol a rostok/cellulóz, a fehérjék, szénhidrátok jellegzetes elnyelése jelentkezik, amely NIR szempontból a legösszetettebb. Az 5200-5000, 6900-6800 cm^{-1}-nél (1923-2000, 1449-1471 nm) látható csúcsok a legérzékenyebb kombinációs és első felhang jelei a víznek. Miután a minta víztartalma igen jelentős, ezek a csúcsok sok információt lefednek. A 10500-10200 cm^{-1}-nél (952-980 nm) jelentkező kisebb mértékű csúcs is a víz jele, az O-H kötés vegyértékrezgésének második felhangja. A salátatípusok eltérései a spektrumképekből is kirajzolódnak, ugyanakkor az is látható, hogy a tölgylevelű fajták egymástól láthatóan nem különülnek el.



42. ábra: Az egyes salátatípusok, illetve azok eltérő színű fajtáinak FT-NIR spektroszkóppal mért átlagos abszorbanciáinak spektrumai (a kiemelt terület 5000-3900 cm^{-1} = 2000-2564 nm).

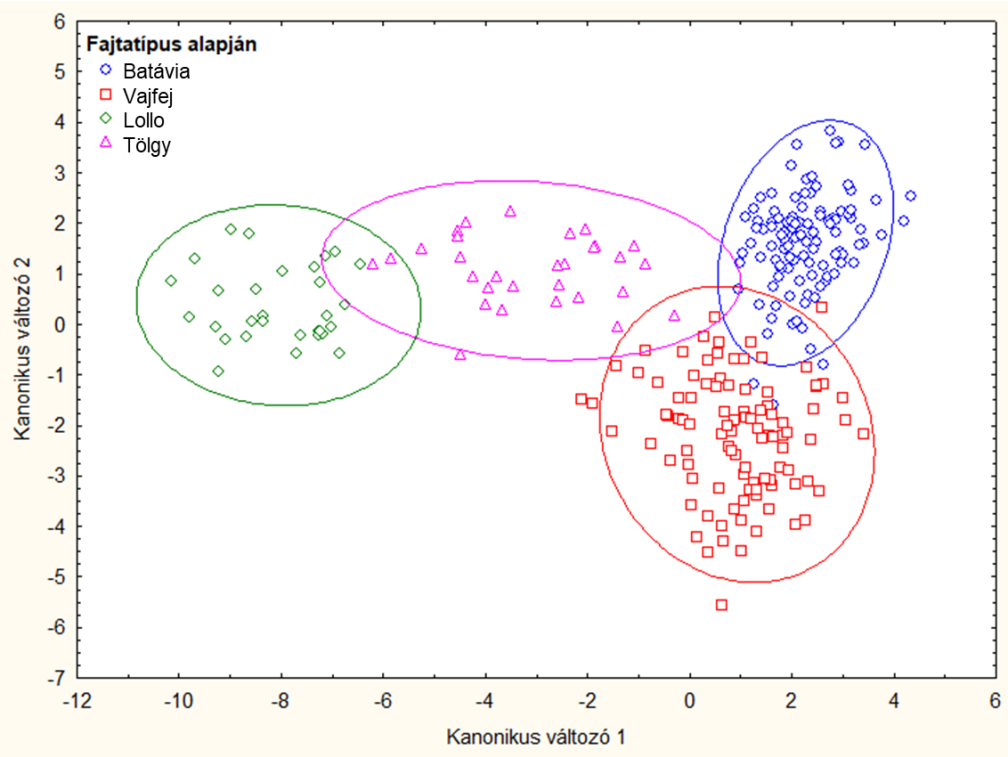
4.3.2.1. Saláta fajták FT-NIR spektrumának kemometriai elemzése

Az előkezelés nélküli főkomponens elemzés (PCA) azt mutatta, hogy a vizsgált átlagspektrumok (266 db) közül 22 spektrum tekinthető kiesőnek (43. ábra), míg a standard normál változó (SNV) illetve a többszörös szóródási korrekció (MSC) előkezelések alkalmazását követően 16 spektrum volt kiesőnek tekinthető, melyek közül 15 spektrum mindkét előkezelés során kieső volt. A spektrális kieső saláta minták (piros levelű lollo és tölgylevelű) spektrumai nem illeszkednek a vizsgált mintahalmazba, ezeket a modellfejlesztés során nem szabad figyelembe venni. A „nem illeszkedésnek” lehet kémiai (minőségileg eltérő minta) vagy egyszerű fizikai oka (jelentős felületi eltérés).

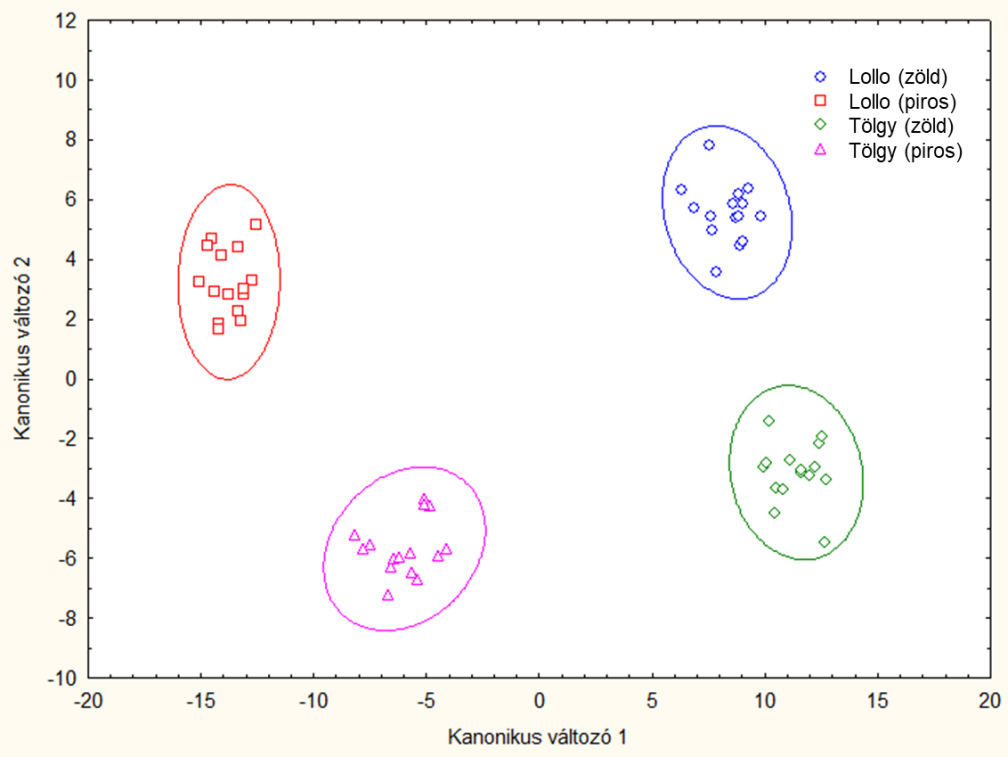


43. ábra: Spektrális kieső minták (kiugró értékek) keresése előkezelés nélküli főkomponens-elemzéssel (PC1=79,5%, PC2=19,5%)(n=266). A kék vonal a 95%-os konfidencia intervallumot jelzi. A kieső mintákat piros körök jelzik.

A spektrális kiesőket kihagyva lineáris diszkriminancia analízissel (LDA), mintázatfelismerést végeztem, ami alapján megállapítható, hogy a vizsgálatban résztvevő négy különböző salátatípus elkülönül egymástól, ahol a fodros levelű salátatípus a batávia és vajfej salátatípusoktól egyértelműen elválik (44. ábra). Az elkülönülést a random csoportosításos ellenőrzés bizonyította, így belátható, hogy az LDA módszerrel elkülönített csoportjaink elkülönülését nem a véletlen, hanem a mért értékekben levő különbségek okozzák (M5. melléklet: 52. ábra). Az LDA arra is rámutatott, hogy a salátatípusokon belül a fodros- és a tölgylevelű salátatípusok vörös, illetve zöld levelű fajtái is egyértelműen elkülönülnek egymástól (45. ábra), amelyet a random csoportosításos ellenőrzés ebben az esetben is igazolt (M5. melléklet: 52. ábra).



44. ábra: Batávia, vajfej, lollo és tölgylevelű salátatípusok mintázatfelismerési/osztályozási modellje, előkezelés nélküli LDA 30 főkomponens faktor felhasználásával. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében történt.



45. ábra: Fodros- és tölgylevelű salátatípusok piros és zöld levelű fajtáinak mintázatfelismerési/osztályozási modellje, előkezelés nélküli LDA 30 főkomponens faktor felhasználásával. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében.

4.3.2.2. Mennyiségi becslési függvény jellemzése

A PLS becslési függvény felállítása a spektrális kiesők elhagyása után 191 minta spektrális és referencia adatának felhasználásával történt (M5. melléklet: 53. ábra). Adatelőkezelésként a többszörös szórás korrekció (MSC) adatelőkezelést alkalmaztam. A modell megalkotásához 9 PLS komponensre volt szükség, a kiértékelésnél figyelembe vett spektrumtartományok a következők voltak: 9558-8100 cm^{-1} 7383-5917 cm^{-1} 5199-4467 cm^{-1}. Az összefüggést 3 szegmenses random keresztellenőrzéssel validáltam. A 99,4 mg/kg friss termék átlagos hiba egyenletes eloszlást mutatott, nem találtam kiugró mintát (M5. melléklet: 54. ábra).

A sikeres összefüggés statisztikai jellemzőit a 15. táblázatban foglaltam össze.

15. táblázat: PLS függvény statisztikai jellemzői

Kalibráció		Validáció					
R^2	**RMSEE**	**Q^2**	**RMSECV**	**RPD**	**Rank**	**Tartomány**	
	mg/kg friss termék		mg/kg friss termék			cm^{-1}	nm
0,9478	74,4	0,9025	99,4	3,2	9	9558 - 8100 7383 - 5917 5199 - 4467	1046-1235 1354-1690 1923-2239

Jelmagyarázat: R^2: Determinációs koefficiens négyzete; **RMSEE**: Kalibráció átlagos hibája; **Q^2**: Keresztellenőrzést követően a determinációs koefficiens négyzete; **RMSECV**: Keresztellenőrzés átlagos hibája; **RPD**: Korrigált tapasztalati szórás; **Rank**: PLS főkomponensek; **Tartomány**: Vizsgált spektrum tartomány (hullámszám és hullámhossz)

Összefoglalóan megállapítható, hogy a kidolgozott új analitikai gyorsmódszer segítségével a mennyiségi becslő függvény megfelelően becsüli a vizsgált salátatípusok nitrát-tartalmát.

4.4. Conjoint analízis eredményei

A conjoint analízis során 252 fő (fiatal felnőttek) válaszait elemeztem. A **fontossági tényezők** meghatározzák, hogy a fogyasztói döntéshozásban az egyes tényezők milyen súllyal szerepelnek. A relatív fontossági tényezők összege 100 %. Az összes fogyasztói választ együttesen elemezve a jellemzők relatív fontosságát tekintve az alábbi sorrend adódott: saláta típus (38,0 %), megjelenés (20,5 %), csomagolás (19,1 %), termesztésmód (15,1 %), címke (7,4 %) (46. ábra).

A **hasznosságok**at elemezve, a döntési tényezők alapján az alábbi jellegzetességeket foglalhatjuk össze. A termékbírálati szempontokat elemezve a legnagyobb hasznossági szintekkel az alábbi értékek rendelkeztek (csökkenő sorrendben). A salátatípusok esetében: piros levelű tépősaláta (4,9), zöld tölgylevelű saláta (3,9), zöld jégsaláta (2,2). A megjelenés esetében: levelek (2,1), darabolt levelek (1,8). A csomagolás esetében: nyitott műanyag tasak (1,9), műanyag fólia (1,4). A címke esetében: címke nélküli (1,4). A termesztésmód esetében: nem ökológiai talajos termesztés (1,9).

Együtt elemezve a fogyasztói válaszokat az ideális **termékkombináció**: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés. Az

együttes elemzés során a legkevésbé hasznos termékkombinációnak adódott: piros tölgylevelű saláta, egész fej gyökérrel, zárt műanyag tasak, címkézett, vízkultúrás termesztés (16. táblázat).

A szocio-demográfiai tényezőkre vonatkozó vizsgálatok rámutattak (M5. melléklet: 74. táblázat), hogy a *nemek* megoszlását tekintve a kitöltők (N=252) 76,6 %-a nő, 23,4 %-a férfi volt. *Életkor*ukat tekintve 67,5 %-uk 20 és 30 közötti, míg 32,5 %-uk 20 évesnél fiatalabb felnőtt. *Képzettségük* szintjét tekintve, legtöbbjük már alapképzésben diplomát szerzett (71 %), többen még csak a középiskolát (23 %) tudhatják maguk mögött, viszonylag kevesen (5,6 %) szereztek már mesterképzésben diplomát és csupán 0,4 % végezte el a doktori képzést. A legtöbb (65,9 %) résztvevő háztartásának *nettó havi jövedelme* nem éri el a 10 000 THB-t (thai bath, 2018 nyarán 1 THB = 8,5 HUF), 21,8%-ának 10 001 és 20 000 THB közötti a keresete, 5,6%-a 20 001 és 30 000 között, 2,4 % 30 001 és 40 000 között keres, 3,6 % pedig igen jól, 50 000 THB felett keres. A *származás*ukat tekintve 55,6 % az északi-, 19 % a középső-, 13,5 % a déli-, 6,3 % a keleti-, 4,4 % az északkeleti-és 1,2 % a nyugati országrészből származik.

A kitöltők *salátatípusokra vonatkozó ismerete* az alábbiak szerint alakult: a zöld jégsalátáról 70,2 %, a zöld vajfej salátáról 51,6 %, a zöld levelű tépősalátáról 98,8 %, a piros levelű tépősalátáról 92,9 %, a zöld tölgylevelű salátáról 90,9 %, a piros tölgylevelű salátáról 83,7 %, a zöld római salátáról 65,9 % vallotta, hogy egyértelműen ismeri.

A *salátafogyasztási szokások*at tekintve a válaszadók 6,7 %-a heti 5+ alkalommal fogyasztanak salátát, 9,5 %-a heti 3-4 alkalommal, 29,8 %-a heti 1-2 alkalommal, míg havi 1-2 alkalommal 33,7 %, annál ritkábban pedig 20,2 %. A salátát a legtöbben (95,6 %) frissen fogyasztják, ám párolva (11,9 %) és pirítva (15,5 %) is többen fogyasztják.

A *vásárlásra vonatkozóan* elmondható, hogy a kitöltők leggyakrabban szupermarketben (86,1 %), piacon (64,3 %), hipermarketben (38,9 %) vásárolnak salátát. A salátatípusokra vonatkozóan a vásárlók 63,5 %-a zöld tölgylevelű salátát, 61,1 %-a zöld levelű tépősalátát, 36,5 %-a piros tölgylevelű salátát, 26,2 %-a piros levelű tépősalátát, 25,8 %-a római salátát, 17,1 %-a zöld jégsalátát, 15,5 %-a zöld vajfej salátát vallotta, hogy meg szokta vásárolni.

A vásárlásuk során, a saláta megvásárlásra irányuló döntés meghozásához számukra igen fontos a frissesség (67,9%), a tisztaság (60,7%), a látható hibák (38,5%) és a tápérték információk (32,9%), fontos számukra az íz (34,5%), az ár (32,1%) és a termék ökológiai termesztésből származik-e (30,6%), ugyanakkor közepesen fontos a csomagolás, a termesztésmód (34,1%) és a címkén olvasható információk (27,8%).

A továbbiakban a fogyasztók válaszai alapján létrejött homogén csoportok (klaszterek) eredményeit mutatom be. A conjoint elemzés fogyasztói válaszai alapján három fogyasztói szegmenst határoztam meg (agglomeratív hierarchikus klaszterezés, Euklideszi távolság, Ward módszer).

Az **első klaszter**ben (N=82) a termékjellemzők ***relatív fontossági tényező***inek tekintetében az alábbi sorrend adódott: saláta típus (34,0 %), megjelenés (23,6 %), csomagolás (19,3 %), termesztésmód (15,3 %), címke (7,8 %). A termékbírálati szempontokat elemezve a legnagyobb ***hasznossági szint***ekkel az alábbi értékek rendelkeztek (csökkenő sorrendben). A salátatípusok esetében: piros levelű tépősaláta (7,4), zöld jégsaláta (1,9), zöld tölgylevelű saláta (1,7). A megjelenés esetében: levelek (4,8), darabolt levelek (2,8). A csomagolás esetében: nyitott műanyag tasak (3,1), műanyag fólia (2,3). A címke esetében: címke nélküli (1,5). A termesztésmód esetében: nem ökológiai talajos termesztés (1,4). Az ***ideális termékkombináció*** az egyes klaszter esetében: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés.

A *nemek* megoszlását tekintve a kitöltők 74,4 %-a nő, 25,6 %-a férfi volt. *Életkor*ukat tekintve 68,3 %-uk 20 és 30 közötti, míg 31,7 %-uk 20 évesnél fiatalabb felnőtt. *Képzettségük* szintjét tekintve, legtöbbjük már alapképzésben diplomát szerzett (82,9 %), többen még csak a középiskolát (13,4 %) tudhatják maguk mögött, viszonylag kevesen (2,4 %) szereztek már mesterképzésben diplomát és 1,2 % végezte el a doktori képzést. A legtöbb (72,0 %) résztvevő háztartásának *nettó havi jövedelme* nem éri el a 10 000 THB-ot, 19,5 %-ának 10 001 és 20 000 THB közötti a keresete. A *származás*ukat tekintve 64,6 % az északi-, 12,2 % a déli országrészből származik.

A kitöltők *salátatípusokra vonatkozó ismerete* az alábbiak szerint alakult: a zöld levelű tépősalátáról 98,8 %, a piros levelű tépősalátáról 93,9 %, a zöld tölgylevelű salátáról 90,2 % vallotta, hogy egyértelműen ismeri. A *salátafogyasztási szokások*at tekintve a válaszadók legtöbbje, 37,8 %-a havi 1-2 alkalommal, annál ritkábban pedig 30,5 %-a fogyaszt salátát.

A *vásárlásra vonatkozóan* elmondható, hogy a kitöltők leggyakrabban szupermarketben (91,5 %), piacon (72 %), hipermarketben (32,9 %) vásárolnak salátát. A salátatípusokra vonatkozóan a vásárlók 67,1 %-a a zöld tölgylevelű salátát, 50 %-a a zöld jégsalátát, 43,9 %-a a piros levelű tépősalátát szokta megvásárolni. A *vásárlás* során az alábbi *faktorok* nagyon fontosak számukra: tisztaság és frissesség azonos arányban, íz és ár azonos arányban. A *címkén* többségük szeretné látni: ár, eltarthatóság dátuma, tápértékre vonatkozó információkat.

A **második klaszter**ben (N=30) a termékjellemzők ***relatív fontossági tényező***inek tekintetében az alábbi sorrend adódott: saláta típus (39,5 %), megjelenés (18,9 %), csomagolás (18,7 %), termesztésmód (14,7 %), címke (8,2 %). A termékbírálati szempontokat elemezve a legnagyobb ***hasznossági szint***ekkel az alábbi értékek rendelkeztek (csökkenő sorrendben). A salátatípusok esetében: zöld tölgylevelű saláta (8,3), piros levelű tépősaláta (2,5), zöld jégsaláta (1,7), zöld római saláta (1,6). A megjelenés esetében: darabolt levelek (1,5), levelek (1,0). A csomagolás esetében: nyitott műanyag tasak (3,1). A címke esetében: címke nélküli (2,7). A

termesztésmód esetében: nem ökológiai talajos termesztés (2,9). Az ***ideális termékkombináció*** a kettes klaszter esetében: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés.

A *nemek* megoszlását tekintve a kitöltők 86,7 %-a nő, 13,3 %-a férfi volt. *Életkor*ukat tekintve 70 %-uk 20 és 30 közötti, míg 30 %-uk 20 évesnél fiatalabb felnőtt. *Képzettségük* szintjét tekintve, legtöbbjük már alapképzésben diplomát szerzett (53,3 %), többen még csak a középiskolát (43,3 %) tudhatják maguk mögött, viszonylag kevesen (3,3 %) szereztek már mesterképzésben diplomát. A legtöbb (50 %) résztvevő háztartásának *nettó havi jövedelme* nem éri el a 10 000 THB-ot, 30 %-ának 10 001 és 20 000 THB közötti a keresete. A *származás*ukat tekintve 53,3 % az északi-, 20 % a déli országrészből származik.

A kitöltők *salátatípusokra vonatkozó ismerete* az alábbiak szerint alakult: a zöld levelű tépősalátáról 96,7 %, a zöld tölgylevelű salátáról 93,3 %, a piros levelű tépősalátáról 90 % vallotta, hogy egyértelműen ismeri.

A *salátafogyasztási szokások*at tekintve a válaszadók legtöbbje (33,3 %) heti 1-2 alkalommal fogyaszt salátát, 20 %-uk fogyaszt ritkábban salátát, mint havi 1-2 alkalom. A *vásárlás alkalmával* leggyakrabban a zöld tölgylevelű salátát, illetve a zöld levelű tépősalátát (46,7-46,7 %) szokták vásárolni. A *vásárlás* során az alábbi *faktorok* nagyon fontosak számukra: frissesség, tisztaság, látható hibák. A *címkén* többségük szeretné látni: ár, eltarthatóság dátuma, GAP tanúsítvány meglétére vonatkozó információkat.

A **harmadik klaszter**ben (N=140) a termékjellemzők ***relatív fontossági tényező***inek tekintetében az alábbi sorrend adódott: saláta típus (40,0 %), csomagolás (19,0 %), megjelenés (19,0 %), termesztésmód (15,1 %), címke (7,0 %). A termékbírálati szempontokat elemezve a legnagyobb ***hasznossági szint***ekkel az alábbi értékek rendelkeztek (csökkenő sorrendben). A salátatípusok esetében: zöld tölgylevelű saláta (4,2), piros levelű tépősaláta (4,0), zöld jégsaláta (2,5). A megjelenés esetében: darabolt levelek (1,3). A csomagolás esetében: műanyag fólia (1,1), nyitott műanyag tasak (1,0). A címke esetében: címke nélküli (1,1). A termesztésmód esetében: nem ökológiai talajos termesztés (2,9). Az ***ideális termékkombináció*** az hármas klaszter esetében: zöld tölgylevelű saláta, darabolt levelek, műanyag fólia, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés.

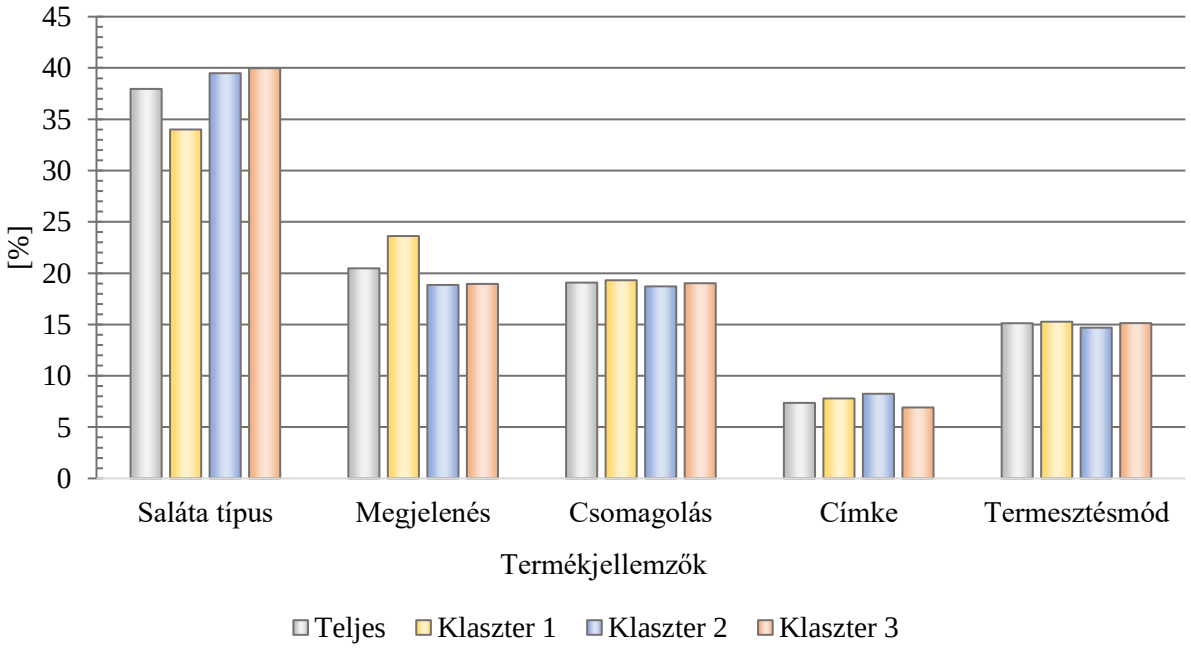
A *nemek* megoszlását tekintve a kitöltők 75,7 %-a nő, 24,3 %-a férfi volt. *Életkor*ukat tekintve 66,4 %-uk 20 és 30 közötti, míg 33,6 %-uk 20 évesnél fiatalabb felnőtt. *Képzettségük* szintjét tekintve, legtöbbjük már alapképzésben diplomát szerzett (71 %), többen még csak a középiskolát (24,3 %) végezték el, míg 7,9 %-uk szerzett mesterképzésben diplomát. A legtöbb (65,7 %) résztvevő háztartásának *nettó havi jövedelme* nem éri el a 10 000 THB-ot, 21,4 %-ának

10 001 és 20 000 THB közötti a keresete. A *származás*ukat tekintve 50,7 % az északi-, 25,7 % a középső országrészből származik.

A kitöltők *salátatípusokra vonatkozó ismerete* az alábbiak szerint alakult: a zöld levelű tépősalátáról 96,7 %, a piros levelű tépősalátáról 92,9 %, a zöld tölgylevelű salátáról 90,7 %, vallotta, hogy egyértelműen ismeri.

A *salátafogyasztási szokások*at tekintve a válaszadók legtöbbje (36,4 %) heti 1-2 alkalommal fogyaszt salátát, 32,1 % havi 1-2 alkalommal, annál ritkábban csupán 14,3 %-uk fogyaszt salátát. A *vásárlás alkalmával* leggyakrabban a zöld levelű tépősalátát (70,7 %) és a zöld tölgylevelű salátát (65 %) szokták vásárolni. A *vásárlás* során az alábbi *faktorok* nagyon fontosak számukra: frissesség és tisztaság. A *címkén* többségük elsősorban az alábbi információkat szeretné látni: ár, eltarthatóság dátuma, tömeg.

A legkevésbé hasznos termékkombinációnak adódott mindhárom klaszter esetében: piros tölgylevelű saláta, egész fej gyökérrel, zárt műanyag tasak, címkézett, vízkultúrás termesztés.



46. ábra: Conjoint analízis termékjellemzőinek relatív fontossága összesen és a három klaszterre vonatkozóan

16. táblázat: Conjoint analízis termék szintjeinek hasznossági értékei a három klaszterre vonatkozóan

Termék bírálati szempontok		Teljes		Klaszter 1		Klaszter 2		Klaszter 3	
		átlag	*szórás*	*átlag*	*szórás*	*átlag*	*szórás*	*átlag*	*szórás*
Saláta típus	zöld jégsaláta	2,193	3,24	1,882	5,039	1,748	3,851	2,474	2,468
	zöld vajfej saláta	0,024	4,261	-0,136	6,626	-0,507	5,064	0,234	3,246
	zöld levelű tépősaláta	-2,853	4,261	-0,861	6,626	-3,848	5,064	-3,82	3,246
	piros levelű tépősaláta	4,908	4,261	7,382	6,626	2,527	5,064	3,955	3,246
	zöld tölgylevelű saláta	3,894	4,261	1,684	6,626	8,327	5,064	4,244	3,246
	piros tölgylevelű saláta	-8,906	4,261	-10,432	6,626	-9,807	5,064	-7,804	3,246
	zöld római saláta	0,74	4,261	0,48	6,626	1,56	5,064	0,716	3,246
Megjelenés	egész fej gyökér nélkül	-0,868	2,835	-2,763	4,409	-0,588	3,369	0,197	2,16
	egész fej gyökérrel	-3,073	2,835	-4,778	4,409	-1,975	3,369	-2,298	2,16
	levelek	2,114	2,835	4,786	4,409	1,046	3,369	0,758	2,16
	darabolt levelek	1,828	2,835	2,755	4,409	1,517	3,369	1,344	2,16
Csomagolá	nyitott műanyag tasak	1,937	2,835	3,053	4,409	3,075	3,369	1,028	2,16
	zárt műanyag tasak	-2,275	2,835	-3,013	4,409	-1,971	3,369	-1,904	2,16
	műanyag doboz	-1,022	2,835	-2,332	4,409	-0,642	3,369	-0,327	2,16
	műanyag fólia	1,361	2,835	2,292	4,409	-0,462	3,369	1,203	2,16
Cím	címkézett	-1,428	1,637	-1,526	2,546	-2,777	1,945	-1,077	1,247
	címke nélküli	1,428	1,637	1,526	2,546	2,777	1,945	1,077	1,247
Termesztésm	ökológiai talajos termesztés	0,353	2,183	0,137	3,394	1,531	2,594	0,226	1,663
	nem ökológiai talajos termesztés	1,946	2,559	1,364	3,98	2,912	3,041	2,081	1,95
	vízkultúrás termesztés	-2,299	2,559	-1,502	3,98	-4,442	3,041	-2,307	1,95

4.5. Szemkamerás vizsgálatok eredményei

Az értékstruktúra alapján létrejött homogén csoportok (klaszterek) eredményeit a klaszterek számára fontos értékek, jellemző szemmozgás paraméterei, illetve döntésük meghozásához szükséges időbeli jellemzőik alapján mutatom be.

Az **értékjellemzők alapján** egy kivétellel (élvezetes élet) az összes érték jellemző, a szemmozgás paraméterek mindegyike szignifikánsnak (α=0,05) adódott a Kruskal-Wallis teszt alapján. Az értékek alapján 4 klasztert határoztunk meg (Ward módszer, Euklideszi távolság). Az egyes klasztereket az értékjellemzőik átlagértékével és szórásával jellemeztük, valamint a Dunn-féle páronkénti összehasonlítás Bonferroni korrekció alapján betűjelzésekkel homogén és heterogén csoportokat határoztunk meg. Ezzel lehetőség van arra, hogy azt is megvizsgáljuk, hogy melyik klaszter melyik értékjellemzőben tér el szignifikánsan. Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek jellemzése (17. táblázat) és a hozzájuk tartozó szemmozgás paraméterek (47. ábra) és az M5. mellékletben (75. táblázat) találhatóak.

Az *első klaszter*be kerültek a „konzervatív önmegvalósítók”, mivel a konzervatív családközpontú emberek tradicionális értékeket vallanak, ugyanakkor a család mellett a barátság, az önmegvalósítás, az anyagi biztonság és a magas szintű képzettség a legfontosabb értékek

számukra. A legjelentéktelenebb jellemző az alternatív nem hagyományos életmód. A szemmozgás paramétereik alapján a legalaposabbak voltak, mivel a leghosszabb ideig figyelték meg a képeket, a látogatások hossza is a legnagyobb volt, a fixációk száma és a látogatások száma egyaránt a legtöbbnek adódott.

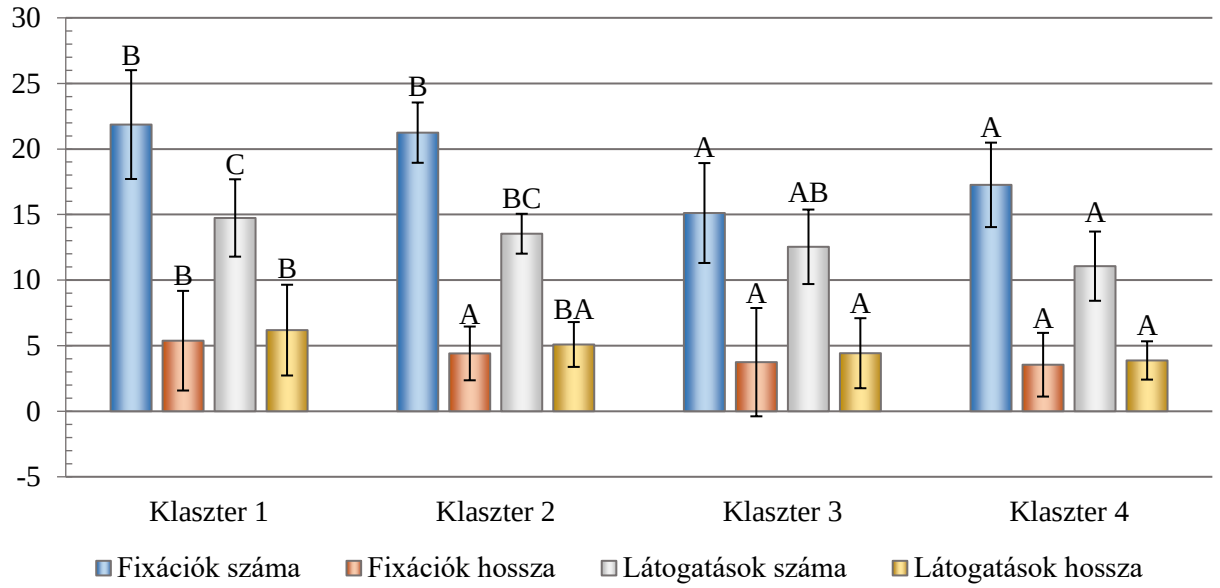
A *második klaszter*be kerültek a „független életélvezők", legfontosabb értékeik a barátság, anyagi biztonság, élvezetes élet, függetlenség, ugyanakkor legkevésbé fontos értékeik a hagyomány és tradíció. A szemmozgás paraméterek alapján elmondható, hogy többször rövid ideig figyelték meg a képeket.

A *harmadik klaszter* „anyagi-társasági-képzett" csoportja, a legfontosabb a személyes és anyagi biztonság, igaz barátság, magas szintű képzettség. Érdekes megfigyelni ugyanakkor, hogy minden érték a közepesnél fontosabb számukra. Szemmozgás értékek alapján a látogatások száma a többi klaszterhez képest közepesnek mondható, ugyanakkor a fixációk hossza és száma, valamint a látogatások hossza igen alacsonynak adódott, hasonlóan a negyedik klaszterhez.

A *negyedik klaszter*be kerültek a „szűk környezetű közömbösek", akiknek ténylegesen csak a családi élet és az igazbarátság és élvezetes élet a fontos, minden más tényező közepesen jelentős. A szemmozgás paramétereik alapján minden jellemzőjük a legrövidebb/legkevesebb volt. Ez alátámasztja, hogy a legfelszínesebben nézték meg a képeket.

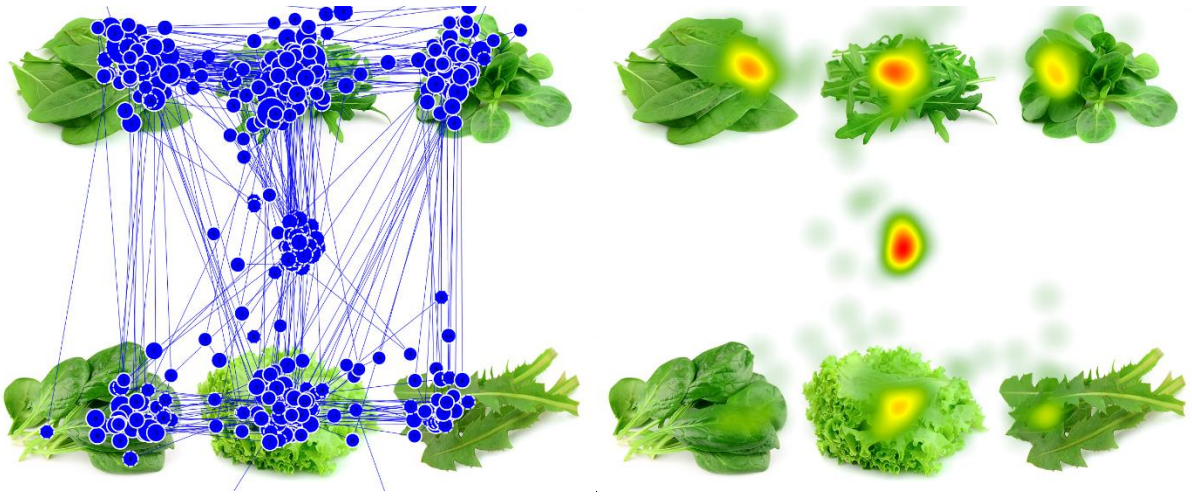
17. táblázat: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek jellemzése (klaszterenként az első 5 legnagyobb érték színárnyalat alapján sorba rendezve (legsötétebb árnylatú a legfontosabb)

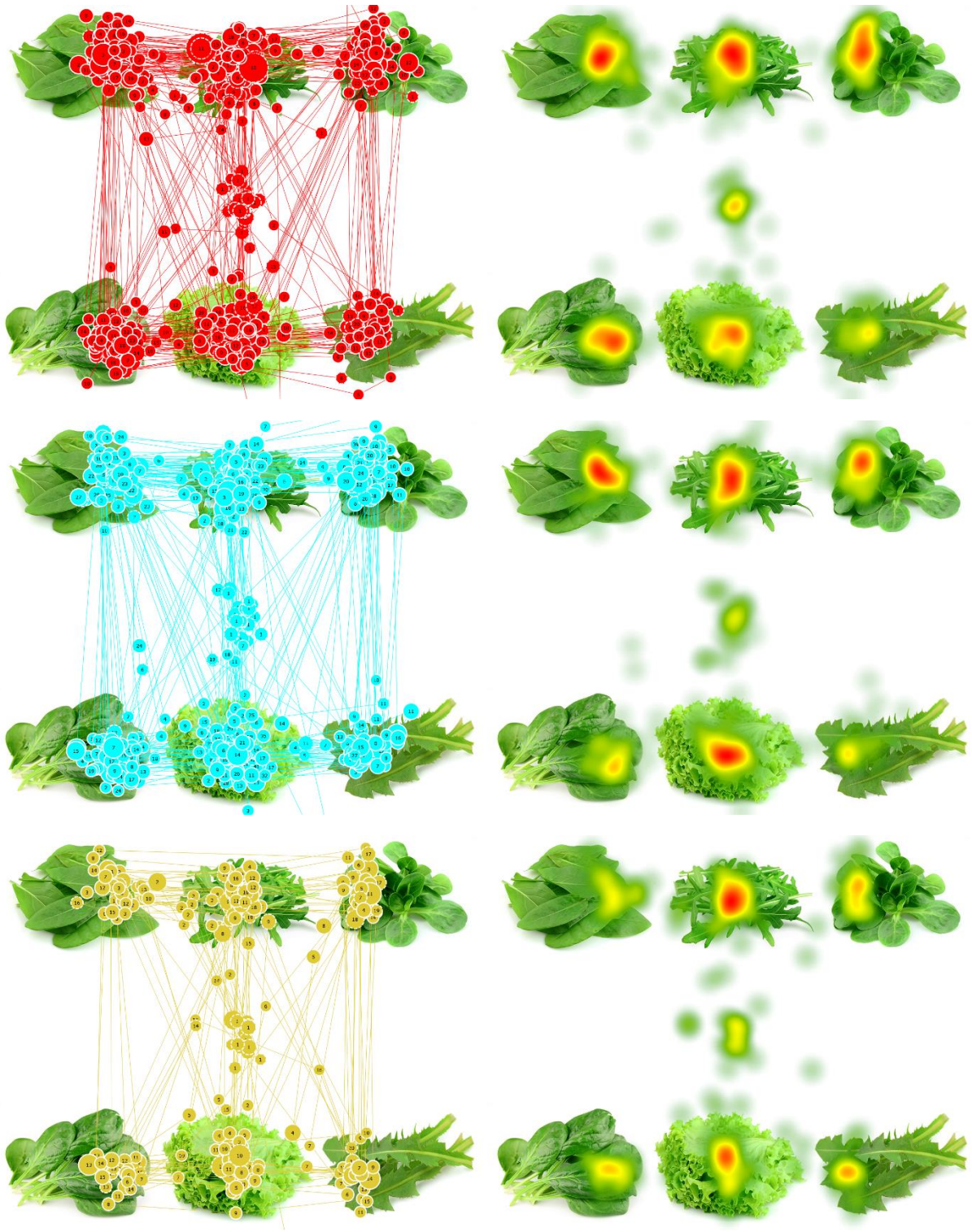
Értékjellemzők	Klaszter 1	Klaszter 2	Klaszter 3	Klaszter 4	Kruskal-Wallis
igaz barátság	4.77±0.42b	4.78±0.52b	4.80±0.40b	4.18±0.65a	**0.0003**
családi élet	4.70±0.53b	4.36±0.62a	4.69±0.61b	4.56±0.51ab	**0.0136**
személyes és anyagi biztonság	4.40±0.62b	4.51±0.55b	4.80±0.40c	3.68±0.94a	**< 0.0001**
élvezetes élet	4.29±0.73ab	4.39±0.62ab	4.50±0.64b	4.06±0.68a	0.1969
önmegvalósítás	4.66±0.57c	4.34±0.61b	4.57±0.64bc	3.62±0.61a	**< 0.0001**
tartozni valahová	4.45±0.62bc	4.12±0.84ab	4.65±0.56c	3.75±1.23a	**0.0059**
személyesszabadság, függetlenség	3.98±0.81a	4.39±0.58b	4.69±0.54b	3.50±1.09a	**< 0.0001**
magasszintű képzettség	4.12±0.73b	4.29±0.71b	4.73±0.45c	3.31±0.70a	**< 0.0001**
kényelmes élet	3.61±0.70a	4.21±0.65b	4.42±0.70b	3.56±1.03a	**< 0.0001**
sok szabadidő	3.43±0.68a	4.07±0.81bc	4.30±0.73c	3.81±0.75b	**< 0.0001**
egészségtudatosság	4.01±0.61b	3.87±0.67b	4.46±0.58c	3.25±0.57a	**< 0.0001**
jó megjelenés	3.75±0.73b	3.92±0.68b	4.38±0.63c	3.25±0.77a	**< 0.0001**
takarékosan élni	3.31±0.80a	3.75±0.88b	4.26±0.72c	3.37±1.08ab	**0.0001**
környezet és energiatudatos élet	3.77±0.65b	3.70±0.87b	4.38±0.57c	2.81±0.65a	**< 0.0001**
magas életszínvonal	3.40±0.77b	3.92±0.84c	4.15±0.78c	2.75±0.68a	**< 0.0001**
érdeklődni a kultúra és a művészetek iránt	3.77±0.73b	3.02±0.79a	4.38±0.63c	2.93±0.68a	**< 0.0001**
társadalmi elismertség	3.49±0.86b	3.17±0.86ab	4.19±0.84c	2.56±1.03a	**< 0.0001**
közösségért dolgozni	3.56±0.65b	3.14±0.85a	3.92±0.74b	2.75±0.85a	**< 0.0001**
hagyomány, tradíció	3.38±0.79b	2.36±0.62a	4.11±0.90c	3.25±0.68b	**< 0.0001**
alternatív nem hagyományos módon élni	3.03±1.08b	2.51±1.02a	3.15±1.28b	2.18±0.83a	**0.0028**



47. ábra Az értékekjellemzők alapján létrehozott klaszterek szemmozgás paraméterei

Az értékszegmentáció alapján létrehozott **klaszterek szemmozgás paraméterei** összehasonlíthatók. A Kruskal-Wallis teszt alapján szignifikáns különbség adódott az alábbi szemmozgás paraméterekben: fixációk száma, fixációk hossza, látogatások hossza, látogatások száma. A fixációk száma alapján az egyes és a kettes klaszter tagjai szignifikánsan többet fixáltak, mint a hármas és négyes klaszter tagjai. A klaszterek közötti fixálás számát, és a belőlük alkotott hőtérképeket mutatják be a 48. ábrák. (A fixációk darabszáma alapján a gyakorisági térképen (hőtérképen) a melegebb színek a több fixációt jelölik. Minél pirosabb a szín, annál több fixáció érkezett az adott területre.)





48. ábra: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek fixációs gyakoriság ábrái és hőtérképei (fentről-lefelé: klaszter 1, klaszter 2, klaszter 3, klaszter 4)

A fixációk száma minden klaszter esetében jóval több volt a látogatások számánál, ami azt jelenti, hogy egy látogatás alkalmával az egyes levélzöldségek képeinek több pontjára is fixáltak a résztvevők. A fixációk hossza alapján (ms) a leghosszabban az egyes klaszter tagjai fixáltak az egyes levélzöldségek képeire. Az előre meghatározott érdeklődési területekre (AoI = a levélzöldségek képi felülete) eső összes látogatások száma alapján a legtöbbet az egyes klaszter, a

legkevesebbet pedig a négyes klaszter tagjai látogattak az AoI-ra. Az AoI-ra eső összes látogatások hossza alapján a legtöbbet az egyes klaszter tagjai, míg a legkevesebbet a hármas és négyes klaszter tagjai látogattak az AoI-ra. A kettes klaszter tagjai a két csoport között helyezkedtek el.

Miután a résztvevők megnézték a levélzöldségek képeit, utána az általuk preferált képre kattintottak. Amennyiben az értékszegmentáció alapján létrejött **klaszterek döntési idejét** összehasonlítjuk, akkor megállapítható, hogy az egyes klaszterek lefutási görbéje hasonlónak adódott.

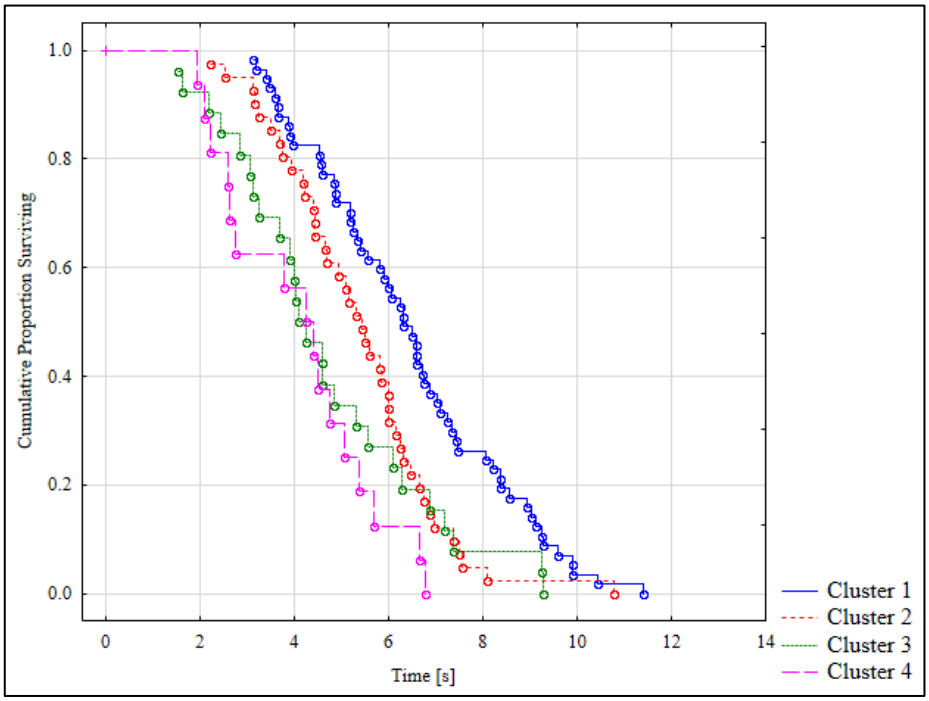
Az *első klaszter*, azaz a „konzervatív önmegvalósítók" tagjainak volt szüksége a leghosszabb időre a döntés meghozásához, minden más klasztertől szignifikánsan különböztek.

A *második klaszter*, a „független életélvezők" szignifikánsan gyorsabban hozták meg döntéseiket, mint az első, „konzervatív önmegvalósítók", viszont szignifikánsan lassabban, mint a negyedik klaszter, a „szűk környezetű közömbösek" tagjai.

A *harmadik*, az „anyagi-társasági-képzett" valamint a *negyedik*, a „szűk környezetű közömbösek" klaszterek tagjai döntöttek a leggyorsabban. Ez a két csoport egymástól szignifikánsan (α=0,05) nem különbözött (18. táblázat, 49. ábra).

18. táblázat Az értékszegmentáció alapján létrejött klaszterek döntési idejének összehasonlítása (Tesztstatisztika jobb felső félmátrix, a *p* értékek bal alsó félmátrix)

	Klaszter 1	Klaszter 2	Klaszter 3	Klaszter 4
Klaszter 1	–	**2,4595**	**3,3137**	**3,7271**
Klaszter 2	**0,0139**	–	1,7564	**2,3709**
Klaszter 3	**0,0009**	0,0790	–	0,6605
Klaszter 4	**0,0002**	**0,0177**	0,5090	–



49. ábra: Az értékszegmentálás alapján létrehozott négy klaszter Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés ábrája, ahol az egyes résztvevőket körök jelölik és a „túlélést" a döntés meghozatala jellemzi. az x tengelyen az idő, az y tengelyen a kumulatív túlélési arány látható

4.6. A salátatípusok produkcióbiológiai jellemzőinek komplex értékelése

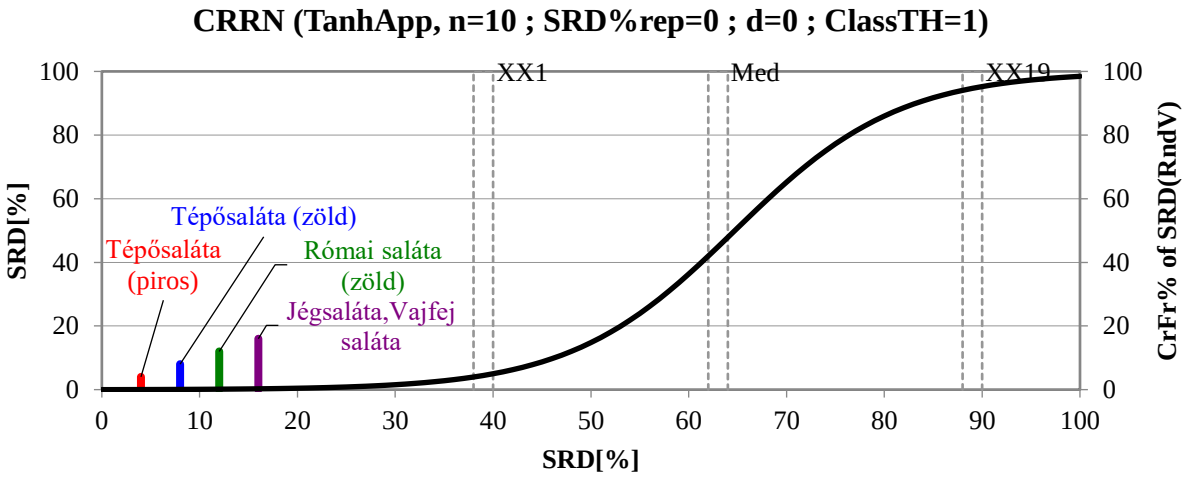
A salátatípusok fitonutriens értékei alapján az SRD módszer segítségével rangsort állítottunk fel. Az SRD rangsor azt adja meg, hogy az egyes salátatípusok mennyire vannak közel a referenciának tekintett salátatípustól (zérus pont). A salátatípusok minden fitonutriens együttes figyelembevétele alapján a legjobbnak a Tépősaláta (piros) adódott, utána következett a Tépősaláta (zöld), Római saláta (zöld), majd a leggyengébbnek a Jégsaláta és a Vajfej salátatípusok adódtak. Az SRD számítás részletes eredményei a 19. táblázatban látható és grafikus megjelenítését a 50. ábra: A módszerek skálázott SRD értékei a módszerek konszenzusán alapulnak, a rangsorbeli különbségek összegével meghatározva. A sor maximumát (Max) referenciaként (benchmark) használtuk. A skálázott SRD értékeket az x tengelyen és a bal y tengelyen ábrázolja, a jobb oldali y tengely pedig a relatív frekvenciákat mutatja (fekete görbe). A valószínűségi szint 5% (XX1), Medián (Med) és 95% (XX19) szintén megadásra került. mutatja be.

A 19. táblázat SRD oszlopa tartalmazza az egyes salátatípusokra vonatkozó szummázott tulajdonságonkénti abszolút ragszámkülönbségeket (SRD értékeket). A táblázat soraiban szereplő XX1 az 5%-os, a Q1 az 25%-os, a Med az 50%-os, a Q3 a 75%-os, míg az XX19 a 95%-os percentilist jelöli. Minden salátatípushoz számított SRDnorm érték kisebb, mint a véletlen értékelés eloszlásához tartozó 5 %-os percentilishez (XX1) tartozó elméleti valószínűségi sáv, így a véletlen eloszlástól szignifikánsan eltérőnek tekintjük a salátatípusokat 5%-os szignifikancia szinten. (A p% oszlop két valószínűségi értéket tartalmaz, az eloszlás diszkrét jellege miatt, az egyik biztosan az 5%-os érték alatt a másik biztosan felette van.)

19. táblázat: A salátatípusok rangsorolása és a véletlen rangsorolás valószínűsége

Rangsorolás eredménye Elnevezés	SRD	p% x <SRD>	p% =x	MaxSRD=50 normSRD
Tépősaláta (piros)	**2**	**2.39E-04**	**6.75E-04**	**4**
Tépősaláta (zöld)	**4**	**1.45E-03**	**2.82E-03**	**8**
Római saláta (zöld)	**6**	**5.18E-03**	**9.17E-03**	**12**
Jégsaláta	**8**	**1.58E-02**	**2.66E-02**	**16**
Vajfej saláta	**8**	**1.58E-02**	**2.66E-02**	**16**
XX1	21	4.52	5.98	
Q1	38	73.25	77.53	
Med	28	22.96	27.28	
Q3	33	47.61	53.03	
XX19	21	4.52	5.98	

A félkövérrel jelölt sorok esetében a szignifikancia szint p=0,05 volt. A szürkével jelölt sorok a véletlenszerű rangsorolás esetére 5 % (XX1), 25% (Q1), 50% (Med), 75% (Q3) és 95% (XX19) százalékosságot mutattak.



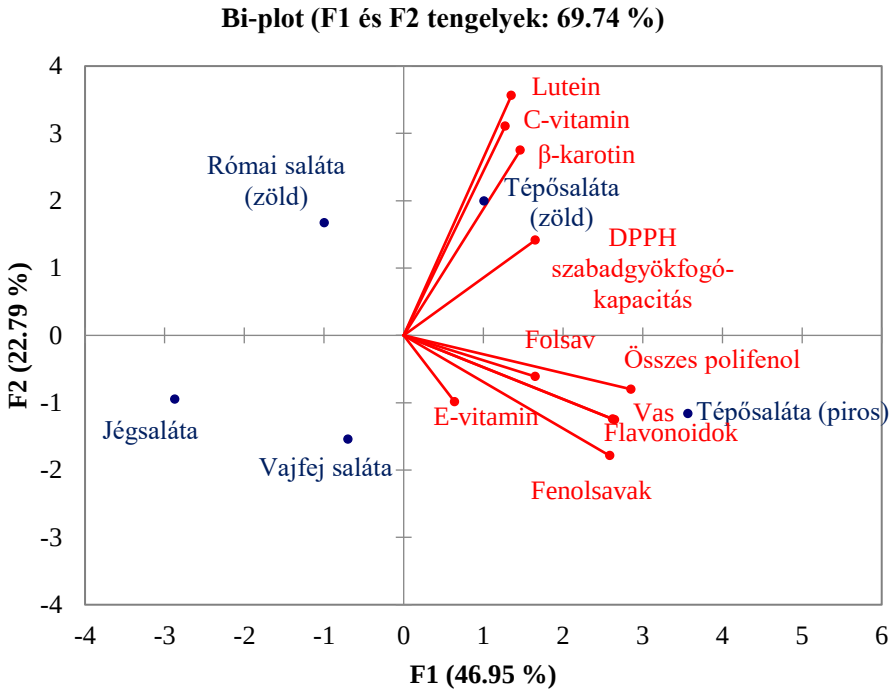
50. ábra: A módszerek skálázott SRD értékei a módszerek konszenzusán alapulnak, a rangsorbeli különbségek összegével meghatározva. A sor maximumát (Max) referenciaként (benchmark) használtuk. A skálázott SRD értékeket az x tengelyen és a bal y tengelyen ábrázolja, a jobb oldali y tengely pedig a relatív frekvenciákat mutatja (fekete görbe). A valószínűségi szint 5% (XX1), Medián (Med) és 95% (XX19) szintén megadásra került.

Amennyiben az SRD értékek bizonytalanságát is meghatározzuk, egy elem kihagyásos kereszt ellenőrzés segítségével (LOO) és a bizonytalanságokat doboz-bajusz ábrán (Box & Whisker plot) ábrázoljuk, úgy a mediánok és szórások átfedése alapján vizsgálhatjuk az egyes csoportokat (M5. melléklet: 55. ábra). Egy csoportba azok kerültek, ahol a mediánok és a szórások is átfedtek. Az eredmények számszerű értékeléséhez a páronkénti szignifikáns differenciáinak összevetését a Sign- és a Wilcoxon-próbával határoztuk meg (M5. melléklet: 76. táblázat). Az eredmények alapján megerősítettük korábbi eredményeinket, miszerint a salátatípusok minden fitonutriens együttes figyelembevétele alapján a létrehozott elméletileg létrehozott fajtatípushoz legközelebb állónak (legjobbnak) a Tépősaláta (piros) adódott, utána következett a Tépősaláta (zöld), Római saláta (zöld), majd a leggyengébbnek a Jégsaláta és a Vajfej salátatípusok adódtak. Mind a Sign-, mind a Wilcoxon-teszt igazolta, hogy minden salátatípus minden salátatípustól szignifikánsan (α=0.05) különbözött, kivéve Jégsaláta és a Vajfej saláta csoportját, mert ezek egymástól nem különböztek.

A főkomponens elemzés (*principal component analysis*, **PCA**) a Bartlett féle szfericitás teszt és a Kaiser-Meyer-Olkin teszt alapján is megfelelőnek adódott. A PCA során négy főkomponens adódott, amely összességben az adatok teljes szóródását magyarázzák (M5. melléklet: 76. táblázat). A főkomponens analízis általában akkor alkalmazható igazán hatékonyan, ha a sajátértékek közül az első kettő vagy három a többihez képest kiugróan nagy (Heszberger, 2009). A faktorok értelmezését, a faktormintázati mátrix alapján mutatjuk be. Az első főkomponens legfontosabb faktorsúlyai fontossági sorrendben az összes polifenol tartalom (0,9506), a flavonoidok (0,8199), a vas tartalom (0,8050) és a vízben oldható fenolsavak (0,7819), a második főkomponensnek a lutein (0,7189), a C-vitamin (0,5476), a β-karotin

(0,4284), a harmadik főkomponensnek pedig az E-vitamin (0,6491), a folsav (0,6142) és a DPPH szabadgyökfogó kapacitás (0,4591) (M5. melléklet: 77. táblázat).

A PCA érték diagram (*scores plot*) egyszerűen az elemek kapcsolatát ábrázolja a kivetített térben, a PCA súlyok diagram (*loading plot*) pedig az eredeti változók és a főkomponensek közti kapcsolatot mutatja meg. Munkánkban mi a PCA értékeket és súlyokat együtt ábrázolva megkapjuk a salátatípusok és fitonutriens értékeinek „bi-plot”-ját, mivel így külön-külön is és együttesen is elemezhetők. A salátatípusok elhelyezkedése alapján megállapítható, hogy a főkomponensek alapján lehatárolt térben külön térrészbe került a Tépősaláta (piros), külön térrészbe a Tépősaláta (zöld), külön térrészbe Római saláta (zöld), külön térrészbe pedig a Jégsaláta és a Vajfej saláta. A salátatípusok és a fitonutriens együttes értékelésével (bi-plot) lehetővé válik annak azonosítása, hogy mely fajtacsoportokra mely fitonutriens értékek a jellemzőek. A Tépősaláta (piros) típusra az összes polifenolos komponensek, vas, flavonoidok, fenolsavak jellemzőek elsősorban, valamint a folsav és E-vitamin. A Tépősaláta (piros) típusra a lutein, C-vitamin, β-karotin jellemzők elsősorban, másodsorban a DPPH szabadgyökfogó kapacitás. A Jégsaláta és a Vajfej saláta voltak a többi salátatípustól a legmesszebb (51. ábra).



51. ábra: A különböző salátatípusok PCA biplotja

A PCA faktorpontjainak klaszterelemzése során (Agglomeratív hierarchikus klaszterezés, Euklideszi távolság, Ward módszer) lehatároltuk az egyes salátatípusokat és négy egymástól elkülönülő klasztert határoztunk meg. Az első klaszterbe a Tépősaláta (piros), a másodikba a Tépősaláta (zöld), a harmadikba a Római (zöld), valamint a negyedikbe a Jégsaláta és a Vajfej salátatípusai kerültek (M5. melléklet: 56. ábra).

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A zöldségtermesztésben már igazolódott, hogy döntő fontosságú a fény- minősége és az intenzitása a zöldségek kémiai összetételére vonatkozóan (Długosz-Grochowska et al., 2016). Mivel a növényélettani folyamatokat a fény változóan befolyásolja, a válaszok pedig faj- és fajtafüggők (Ouzounis et al., 2015b), ezért további specifikus vizsgálatokra van szükség. Ennek támogatásához szükséges, hogy a megvilágítást egyértelműen jellemezni lehessen növénytermesztési szempontból.

Munkám során növénytermesztési szempontokat figyelembe véve, teljeskörűen jellemeztem egy KindLED K5 XL750 LED panelt, amely során a besugárzott felületi teljesítmény által képet kaptam a sugárzó LED-ek spektrális minőségéről, illetve a panelben történő elhelyezkedésükről, így a külön szabályozható intenzitású csatornák spektrális jellemzése is megtörtént. A megvilágított felületre érkező fényáramot adott távolságból, több pontos méréssel vizsgáltam, ami alapján sikeresen feltérképeztem a panel alatti területre eső fotonáramsűrűség-eloszlását. Ebből az is nyilvánvalóvá vált, hogy a téglalap alapú panelben elhelyezkedő LED-ek elrendezéséből és azok spektrumából nem következtethetünk közvetlenül a fotonáramsűrűség eloszlására. A méréseim alapján, az mutatkozott, hogy körkörös növény kiültetésre van szükség, a fejlődés során az egyenletes PPFD biztosításához.

A mérési tapasztalatokat átültettem a gyakorlatba, mikor a már felállított kísérleti színtérben vizsgáltam a 420 LED Grow Circle Series 4 LED, a Roleadro HYG05 1*200W-W COB LED, illetve egy még addig a gyártó által sem jellemzett épített LED (Lágymányosi féle LED) világítórendszert. Rámutattam, hogy a PPFD eloszlás ismerete hozzájárul a növénykísérlet céljának pontosításához és a kiültetés helyének megválasztásához. Ebben az esetben a termesztőtérhez tervezett LED biztosított optimálisan egyenletes PPFD eloszlást.

Amennyiben ismert gyártótól beszerezhető LED világítótestről van szó, úgy egyértelmű fénytani jellemzéséhez elegendő: a hullámhosszainak jellemzői (pl.: hullámhossz csúcs (λ_p), középhullámhossz ($\lambda_{0,5m}$)) és a spektrumhoz tartozó besugárzott felületi teljesítménysűrűség [W/m^2/nm]. A spektrum és a hozzá tartozó felületi teljesítménysűrűség alapján kiszámítható a fotonáramsűrűség (PPFD, [µmol/m^2/s]), amely a növények miatt a kutatás szempontjából fontos információ. Az átlagos PPFD a leggyakrabban használt teljesítménymutató a növénytermesztésben használt világítórendszerek jellemzésére, ami általánosan elfogadott, mint egy elérendő megvilágítási szint (Radetsky, 2018). Ennek hasznossága vitathatatlan, ám a spektrális eloszlás ismerete nélkül valójában nem ad teljes körű ismeretet a világítórendszerre vonatkozóan. További informatív adat lenne a termesztők számára, ha a gyártók a világítástechnikai paramétereken túl feltüntetnék a hullámhossztartományokra vonatkozó

fotonáramsűrűséget és annak, a kiosztásból adódó sugárzási egyenletességét. Mivel a termesztők nem rendelkeznek világítórendszerek jellemzéséhez alkalmas mérő eszközökkel, vagy nincsenek tisztában a mérési módszerekkel, ezért a gyártó feladata, hogy informálja és ezzel támogassa vásárlóit a PAR és az azon túli spektrális jellemzőkről, illetve az ajánlott rögzítési magasságtól való eltérés esetén az intenzitás változás mértékének arányáról.

A saláta LED-es megvilágításával foglalkozó nemzetközi szakirodalmat összegyűjtöttem (M4. melléklet: 24. táblázatban). Az irodalom az alkalmazott LED-eket a hullámhossz-csúccsal és általában a spektrális eloszlás grafikonjával is specifikálja, továbbá egy átlagos PPFD értéket adnak meg. Ez csupán viszonyítási értéknek alkalmas, de a növények felszínére érkező pontos fotonmennyiséget és spektrális összetételt nem írja le. Az is világossá vált, hogy a változatos kísérleti beállítások – sugárzók (fénycső, HPS, LED), vizsgált hullámhossz tartományok, azok kombinációi és a kontroll meghatározása – annyira eltérőek, hogy ez önmagában is megnehezíti az összevetésüket. További nehézséget okoz, hogy a változatos salátatípus és számos fajta került felhasználásra (vajfej-, tépő-, tölgylevelű és egyéb saláták), melyek geno- és fenotípusban is alapvetően különböznek, így eltérő körülmények között történt az előnevelésük (környezeti feltételek, napok száma), a kísérlet során a környezetük beállítása (közeg, öntözés, tápoldat (mennyisége, minősége), hőmérséklet, páratartalom, CO_2, légáram, szellőztetés gyakorisága, megvilágítás (fényforrás típusa, spektrális összetétele, a sugárzó alatti terület fotonáramsűrűsége) és a szedéskori fejlettségi állapotuk is eltért. Ennélfogva egyértelmű szakirodalmi összevetés nem valósítható meg, így a batávia salátával végzett LED fénykörnyezetek teszteléséből nyert eredményeim összehasonlítása nagyon korlátozott lehetőségeim vannak, és egyértelműen csak az általam beállított kezelések közötti hatások vizsgálatát tudtam megtenni. A nemzetközi irodalommal történő összevetésekre részlegesen teszek kísérletet.

A saláták vegetatív és beltartalmi paramétereinek vizsgálata során arra jutottam, hogy az átlagos levélnövekedés változás alapján nem különböztek egymástól szignifikánsan a kezelések a 0-30. nap között vizsgálva. Az 1. és 2. kezelés növényei a második dekádban fejlődtek a legintenzívebben, míg az 5. és 6. kezelések salátái a harmadik dekádban. A harmadik dekádban az 1. és 4. kezelésben részesedő növények növekedése visszafogottabb volt, mint a második dekádban, valamint az 5. és 6. kezelések növényeihez képest.

Amennyiben csak az UV hatását (4. kezelés) szemléljük, úgy az azonos időszakban teljesen azonos fényspektrumú és PPFD eloszlású kezeléssel összevetve (3. kezelés) az mutatkozott, hogy az UV hatására szignifikáns mértékben csökkent a foszfor, nőtt a vas, magnézium, kalcium mennyisége. A hozzáadott UV-A hatására az átlagos levélnövekedés mértéke csökkent, ami megerősíti Krizek et al. (1998), Wargent et al. (2011) eredményeit. Továbbá érdemes megjegyezni, hogy nem szignifikáns mértékű, de több esetben is alacsonyabb friss tömeg, TPC volt mérhető,

ami szintén alátámasztaná ezen kutatók állításait; illetve magasabb klorofill-a, -b, és karotin értékekkel rendelkezik, holott csökkenést feltételeznénk (Caldwell & Britz, 2006).

Amennyiben a PAR tartományban sugárzó LED-ek kiegészítésére használt 27 napos IR + 3 nap UV hatását (5. kezelés) szeretnénk vizsgálni, akkor látható, hogy a vele egy időben beállított, UV és IR mentes kezeléshez (6. kezelés) képest, szignifikánsan pozitív változás állt be a foszfor, magnézium, kalcium, kálium és a klorofill-a esetében, valamint negatív a TPC esetében. Lee et al. (2014) tapasztalataival megegyezik az, hogy a rövid idejű (3 nap) UV-A (5. kezelés) besugárzás a kontrollhoz képest (6. kezelés) a maximális kvantumhatékonyságot nem befolyásolja szignifikáns mértékben; tovább feltételezte, – de méréssel nem bizonyította – hogy a 7 napot meghaladó besugárzás (4. kezelés) már stresszt okozna és csökkentené a saláták maximális kvantumhatékonyságát, amit eredményeim megcáfoltak. A non-invazív maximális kvantumhatékonyságra vonatkozó mérések a kezelések között nem mutattak szignifikáns különbséget (0,804-0,808 F_v/F_m érték). A levéltömeg gyarapodás esetében nem tudtam alátámasztani, hogy 3 nap alatt szignifikáns mértékű pozitív változást okoz az UV-A (5 µmol/m^2/s, 18 h) besugárzás (5. kezelés), de abban megegyezik eredményünk, hogy ez a szárazanyag mennyiségben és az összes vízoldható polifenol tartalomban nem okoz szignifikáns különbséget. A távoli vörös fény hatására csökken a karotinoidok és klorofill mennyisége, amit ebben az esetben nem tapasztaltunk (Li & Kubota, 2009).

Amennyiben az átlagos PPFD (200 µmol/m^2/s) szerint vizsgálnánk a LED megvilágítások hatásait, úgy az átlagos összes vízoldható polifenol tartalom esetében a vásárolt LED-ek (1-2. kezelések) alatt nevelt növényekben (101,9; 101,1 µmol GS/100 g) szignifikánsan magasabb mennyiséget mértünk, mint az épített LED (3-6. kezelések) alatti kezelésű saláták (84,4-96,4 µmol GS/100 g) esetében. Az átlagos friss tömeg esetében a 2. kezelés növényei (249 g) bírtak a legnagyobb tömeggel, amitől szignifikánsan eltértek a több kezelés növényei (210-147 g). Az átlagos szárazanyag-tartalomban az 1-4. kezelésben nevelt növények (4,86-4,70 %) között statisztikai különbség nem adódott, viszont szignifikánsan magasabb szárazanyag-tartalommal rendelkeztek a 6. és 5. kezelésű salátákhoz (3,15; 3,52 %) képest.

A vásárolt és épített LED-ek hatására a batávia salátákban kialakult változás az eltérő PPFD eloszlás valamint az eltérő R:B, R:FR arányok is okozhatják a friss tömeg, foszfor, magnézium, kalcium, kálium és TPC esetében. Alapvetően tartják felelősnek a vörös fényt a növekedésért, a kék spektrumú fényt pedig a másodlagos anyagcseretermékek kialakításáért (Son et al., 2017). Mivel az R:B és R:FR arányokat tekintve a vásárolt LED-ek közel állnak egymáshoz, így a közöttük az átlagos friss tömegben mutatkozott különbségek inkább betudhatóak a panelek alatti területen mért eltérő PPFD eloszlásnak. A PPFD érték (250 µmol/m^2/s-ig) emelkedésével a friss tömeg is gyarapodik (Pennisi et al., 2020). Az átlagos friss tömegben kialakult rangsor a LED-

ek középpontjában mért értékek szerint alakultak (2.kezelés: 420 Grow Light, 1.kezelés: Roleadro COB LED és 3.kezelés: Lágymányosi féle LED).

A zárt termesztőlétesítményben, mesterséges megvilágítás között nevelt saláták, egyik fényprogram hatására sem lépték át az Uniós rendeletben (EC 1258/2011/EU), a termesztési időszakra meghatározott nitrát határértéket (4000 NO_3/friss tömeg kg). A saláták nitrát mennyisége (2334-2596 mg NO_3/friss tömeg kg) jóval a határéték alatt maradt. Ami részben magyarázható azzal a ténnyel, hogy a hidropóniás termesztés lehetőséget nyújt a nitrát felvétel szabályozására (Rouphael et al., 2018).

A műszeres színmérések során kapott CIE 1976 Lab adatok a^*, b^* paramétereinek statisztikai értékelése során adódott szignifikáns különbség, a származtatott értékek (C^*, h°) alapján számított ΔE^*_{ab} bizonyította, hogy a kezelések hatására szemmel láthatóak a színbéli különbségek. Az eredmények alapján a leghatározottabban elkülöníthető volt az 5. kezelés növényei az 1., 2. és 3. kezelés salátáitól.

A növények beltartalmi paramétereinek vizsgálata során bebizonyosodott, hogy kizárólag a fénykörnyezet megváltoztatásával befolyásolhatók a növényi paraméterek.

Az Európai Bizottság 1258/2011/EU számú rendelete alapján a megengedett nitrát-tartalmat attól függően határozza meg, hogy milyen időszakban, milyen termesztési móddal állították elő. Az október 1. és március 31. között betakarított melegházi fejes saláta esetében 5000 mg NO_3/kg saláta a megengedett határérték, a legkisebb pedig 2000 mg NO_3/kg szabadföldön termesztett jégsaláta. A dokumentum sem más salátatípusokat sem színes levelű fajtákat nem említ. A meghatározott tág tartományt célszerű lenne salátatípus specifikusan megadni, ezáltal csökkentve a saláták által bevitt nitrát-mennyiség élelmiszerbiztonsági kockázatát.

Vizsgálatainkban több termesztési időszak és termesztéstechnológiai kombinációban (tavasszal fóliasátor, ősszel szabadföldi) előállított több salátatípus (batávia, vajfej, fodros levelű, tölgylevelű) zöld és piros levelű fajtáit elemeztem, összesen 266 salátafejet.

Az UV-Vis 410 nm-en végzett mérések alapján az őszi szedésű salátatípusoknál ugyanazon termesztéstechnológia és feltételek mellett a zöld tölgylevelű salátatípus szignifikánsan kevesebb nitrátot halmozott fel, mint a piros tölgylevelű saláta, vagy a lollo típusok. A tavaszi termesztésű vajfej saláták átlagosan kevesebb nitrátot halmoztak fel, mint a batávia saláták, ez az alacsonyabb nitrátfelhalmozó képesség már Escobar-Gutiérrez et al. (2002) vizsgálatai során is megmutatkozott, más salátatípusokhoz viszonyítva.

A spektrumképek elemzésével bizonyítottuk, hogy a minták homogenizálása és az első derivált függvény-transzformáció elősegíti a spektrumrészletek kirajzolódását és az abszorpciós csúcsok elkülönülését. Az átlag spektrumok első derivált görbéjének elemzésével az 5000 – 3900

cm^{-1} hullámszám közötti régióban mutatkoztak karakterisztikus különbségek (rostok/cellulóz, fehérjék, szénhidrátok). Ennek alapján a salátatípusok eltérnek, viszont a tölgylevelű fajták egymástól láthatóan nem különülnek el. Mivel a minta víztartalma igen jelentős, így az 5200-5000, 6900-6800 cm^{-1}-nél látható csúcsok sok további információt lefednek.

Salátatípusok mintázatfelismerési/osztályozási modelljében az FT-NIR mérések lineáris diszkriminancia analízise (LDA) alapján megállapítható, hogy a vizsgálatban résztvevő négy különböző salátatípus elkülönül egymástól, ahol a fodros levelű típus a batávia és vajfej salátatípusoktól egyértelműen elválik. Az LDA rámutatott, hogy a salátatípusokon belül a fodros- és a tölgylevelű salátatípusok vörös, illetve zöld levelű fajtái is elkülönülnek. Az eredményeinket a random csoportosítás módszerével is igazoltuk. Sikeres modellépítést hajtottunk végre salátaminták nitráttartalmának FT-NIR meghatározására (R^2=0,95; RMSEE=74,4 mg/kg friss termék; Q^2=0,90; RMSECV=99,4 mg/kg friss termék). Az épített modell képes a mérés gyors, vegyszermentes kivitelezésére, a módszer alkalmas a saláták nitrát tartalmának rutinszerű meghatározására.

Egyértelműen igazoltam, hogy az FT-NIR gyorsmódszernek helye van az élelmiszerbiztonság felügyelet területén. Javasolt további levélzöldségek (pl.: rukkola, spenót, bébiétel alapanyag) vizsgálata, továbbá szabadelérésű központi adatbázis létrehozása, amely segítségével a módszer alkalmazása rutinszerű és az adattár tovább bővíthető.

Thai fogyasztókkal végzett fókuszcsoportos interjúk segítségével feltártam a salátavásárlással és -fogyasztással kapcsolatos gondolkodási formákat, döntési folyamatokat. Ortogonális tömbök módszerével létrehoztam – a korábban meghatározott attribútumok és azok faktorainak segítségével – az értékelendő termékkombinációkat. A termékkombinációkat életre hívtam és azokat mutattam be conjoint kártyák formájában.

Az termékkombinációk értékelése alapján fiatal felnőttekből álló, 3 homogén csoportot határoltam le (agglomeratív hierarchikus klaszterezés (AHC), Euklideszi távolság, Ward módszer). Klaszterenként meghatároztam a relatív fontossági tényezőket, hasznossági értékeket, valamint az ideális termékkombinációkat. Az összes fogyasztói választ együttesen elemezve a jellemzők relatív fontosságát tekintve az alábbi sorrend adódott: saláta típus (38,0 %), megjelenés (20,5 %), csomagolás (19,1 %), termesztésmód (15,1 %), címke (7,4 %). Az eredmények alapján a legnagyobb hasznossági szintekkel az alábbi tényezők rendelkeztek: a salátatípusok esetében: piros levelű tépősaláta (4,9), zöld tölgylevelű saláta (3,9), zöld jégsaláta (2,2); a megjelenés esetében: levelek (2,1), darabolt levelek (1,8); a csomagolás esetében: nyitott műanyag tasak (1,9), műanyag fólia (1,4); a címke esetében: címke nélküli (1,4); a termesztésmód esetében: nem ökológiai talajos termesztés (1,9). Az ideális termékkombináció: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés. Az együttes elemzés során

a legkevésbé hasznos termékkombinációnak adódott: piros tölgylevelű saláta, egész fej gyökérrel, zárt műanyag tasak, címkézett, vízkultúrás termesztés. Szocio-demográfia adatokat tekintve, az összes kitöltőt tekintve, legtöbbjük főiskolai diplomával rendelkezik, legtöbbjük Thaiföld északi részén él, keresetüket tekintve a nettó havi jövedelmük nem éri el a 10 000 THB-t, a válaszadó fiatal felnőttek többsége nő volt. A klaszterek lehatárolását követően egyértelművé vált, hogy a hasznossági értékeik eltérőek. Preferenciáik az alábbi módon alakultak: a saláta típust tekintve: piros levelű tépősaláta vagy zöld tölgylevelű saláta; megjelenést tekintve: levelek vagy darabolt levelek; csomagolást tekintve: nyitott műanyag tasak vagy műanyag fólia. Mindhárom csoport a címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztésű salátát részesítette előnyben.

Szemkamerás kísérletekben vizsgáltuk a saláta keverékekben előforduló levélzöldségeket. A válaszadók a stimulusos vizsgálat végén értékszegmentációra alkalmas kérdéseket válaszoltak meg. A kísérlet újdonsága abban rejlik, hogy az értékek és a szemmozgás jellemzők együttes elemzése több statisztikai módszer kombinálásával (klaszteranalízis, túlélés elemzés, Kruskal-Wallis és Dunn páronkénti összehasonlítás) történt meg. Az értékszegmentáció alapján létrejött klaszterek és a szemmozgás paraméterek együttes felhasználásával az eredményeinket a klaszterenkénti csoportosításban mutattam be (értékjellemző, szemmozgás paraméterek, döntéshozatali idő). Négy klasztert határoltam le, ahol a csoportra jellemző értékek összhangban álltak a szemmozgás paraméterekkel és a döntési idővel. Ezen módszerek a továbbiakban is felhasználhatók.

A nemzetközi szakirodalom a növényi paramétereket általában külön értékeli. Számos esetben azonban észszerűbb lenne a multikritériumos értékelés, főleg azok számára, akik nem, vagy csak kevés információval rendelkeznek a saláta fitonutrienseire és azok egészségre gyakorolt hatásaira vonatkozóan. Erre nyújt megoldást az SRD módszer, mint döntéstámogató eszköz. Jelen munkában bebizonyosodott, hogy a saláta fitonutrienseinek több szempontú értékelésével egyértelmű sorrend állítható fel a salátatípusok között. Különböző statisztikai módszertanok – validált SRD módszer, PCA, CA (euklideszi távolság, Ward módszere) – konszenzusos eredményeket adtak, amelyek a salátatípusok szekvenciájának stabilitását mutatják. A szignifikánsan legmagasabb fitonutriens érték a Tépősaláta (piros) esetében mutatkozott, ezt követte a Tépősaláta (zöld) és a Római saláta (zöld); a legkevésbé kedvező típusok voltak, a Jég- és a Vajfej saláták. Valamennyi típus szignifikánsan különbözött egymástól, kivéve a Jég- és a Vajfej saláták. Munkámmal rámutattam arra, hogy a különböző salátatípusok fitonutrienseinek több szempontú statisztikai értékelésével a következtetések megbízhatósága tovább növelhető.

A jövőben célszerű lenne, a már meglévő termesztőlétesítmény további fejlesztése, „okos” (SMART) rendszer kialakítása, és a környezeti paraméterek (elsősorban páratartalom,

hőmérséklet, öntözés, tápoldat összetétel) további precíziós szabályozásának megvalósítása (több szenzor, alacsonyabb hibahatárral). Digitális eszközökkel történő növényfelvételezés (extra – akár rövid idejű (ms) – fény besugárzása nélkül) lehetővé tenné a növekedésdinamika pontos ismeretét, annak időszakos eltérései pedig rámutatnának, hogy a fénykörnyezet a növényre milyen fenofázisban fejti ki hatását, és az adott időszakban történő biokémiai folyamatok vizsgálata értékes információkkal szolgálna. A termesztőlétesítményhez tervezett LED továbbfejlesztésével, a külön szabályozható csatornákkal lehetőség nyílna (amennyiben az azonos fotonáramsűrűség biztosított), adott spektrumtartományok specifikus kutatására. Ezáltal teljes mértékben megvalósítható lenne adott fajon belül bizonyos fajták fényreceptjeinek pontosítása. Jelen körülmények között kis alapterületen nagy mennyiségben termeszthető, magas piaci értékű, vagy szabadföldi körülmények között nehezen vizsgálható növények vizsgálatát javaslom: fűszer és gyógynövények (levélpetrezselyem, bazsalikom, sáfrány, vasabi, stb.), baby leaf növények, levélzöldségek.

Salátákkal kapcsolatos kutatások egyik szempontja lehet a szisztematikusan felépített, fajtaspecifikus genetikai potenciál fényprogramokkal történő maximalizálása. Így a vegetatítv zöldtömeg növelése mellett a fitonutriens- és ásványianyag-tartalom maximalizálását egyszerre lehetne megvalósítani. A pulton tarthatóság növelésére további mikrobiológia és texturális vizsgálatok szükségesek, mosási eljárások hatékonyságának növelése mellett. A SMART rendszerek fejlődésével párhuzamosan ökonómiai és fenntarthatósági számításokat kell végezni a rendszerek teljeskörű értékeléséhez. Míg korábban a LED-es megvilágítású zárt rendszerekben történő termesztés elsődlegesen a speciális helyi adottságok indokolták elsősorban (antarktiszi kutatóbázis, sivatagban föld alatt, magas hegységi körülmények között) addig a legújabb tendenciáknak köszönhetően a növénygyárak további elterjedése várható (Kozai, 2018).

A hazai fogyasztók saláta fogyasztási szokásainak ismerete értékes információkkal szolgálna a piaci résztvevők számára. A conjoint analízis megfelelő módszer, hogy feltérképezzük a magyar emberek szokásait és megismerjük igényeiket. Célszerű lenne faktorként a LED-es megvilágítást fogadtatását tesztelni reprezentatív magyarországi mintán, így a hazai fogyasztók hozzáállása megismerhető lenne a LED alatt termesztett salátákkal kapcsolatban. Ezáltal a gyártók és termesztők meghozhatnák a megfelelő döntéseket a termékekkel, piaci lehetőségekkel kapcsolatosan. Az eredmények összehasonlítását a kultúrák közötti hasonlóságok/különbségek párhuzamba állításával célszerű megtenni.

Mivel a multikritériumos értékelés segíthet a bővülő kínálat átláthatóságában, a kutatási eredmények (fitonutriens- és ásványianyag-tartalom) jó kiindulási alapot adhatnak, amit célszerű összhangba kell hozni a fogyasztók salátákkal kapcsolatos érzékszervi elvárásaival.

5.1. Új tudományos eredmények

1. Kutatásomban lehatároltam a növénytermesztésben alkalmazott LED alapú világítórendszerek növények szempontjából elsődlegesen fontos paramétereit (spektrális összetétel, fotonáramsűrűség és eloszlása) és ezek alapján jellemeztem a kísérleteimben alkalmazott LED világítórendszereket. Munkám során feltártam több LED világítórendszer spektrális összetételét, lehatároltam a hullámhosszonként beérkező fotonáramsűrűséget és feltérképeztem a világítórendszerek fotonáramsűrűség-eloszlását.

2. Kutatásomban hat különböző LED-es fénykörnyezet hatását teszteltem a batávia saláta (*Lactuca sativa* L.) beltartalmi paramétereire vonatkozóan. Igazoltam, hogy a kezeléseknek szignifikáns hatása van az alábbi mért paraméterekre: relatív klorofilltartalom, maximális kvantumhatékonyság, friss tömeg, nitrát-, klorofill-, karotin-, K-, P-, Mg-tartalom, CIE a^*, b^*. Ennek következtében bizonyítottam, hogy kizárólag a fénykörnyezet megváltoztatásával befolyásolhatók az előbbi paraméterek.

3. Elsőként dolgoztam ki és alkalmaztam FT-NIR módszert a különböző salátatípusok (batávia és vajfej saláta nitrát-tartalmának meghatározására. Új módszert dolgoztam ki a nitrát-tartalom meghatározására FT-NIR és UV-Vis módszer kombinálásával. Sikeres PLS modellépítést hajtottunk végre salátaminták nitráttartalmának FT-NIR meghatározására (R^2=0,95).

4. Kutatásomban a fogyasztói vizsgálatok közül a conjoint analízis módszerével meghatároztam az ideális saláta termékkombinációt, a hasznossági szinteket és fontossági értékeket (fő szempontok: salátatípus, megjelenés, csomagolás) thaiföldi fiatal felnőttek célpopulációban. A fogyasztói szegmensek lehatárolását, azok jellemzését megtettem.

5. Kutatásomban levélzöldségekre elsőként alkalmaztam a szemkamerás vizsgálati módszer és értékalapú-szegmentáció kombinációját statisztikai módszerekkel kiegészítve. A létrehozott klaszterek szemmozgás paraméterei összehasonlíthatók. Az eredmények alapján az alábbi szemmozgás paraméterekben adódott szignifikáns különbség: fixációk száma, fixációk hossza, látogatások hossza, látogatások száma. A klaszterek jellemzését értékjellemzőkkel határoztam meg.

6. Kutatásomban bizonyítottam, hogy a rangszámkülönbségek összege (*Sum of Ranking Differences*, SRD) módszer alkalmas a salátatípusok fitonutriens értékeinek együttes figyelembevételével történő komplex értékelésére.

6. ÖSSZEFOGLALÁS / SUMMARY

A napjainkban tapasztalható gyors technológiai fejlődés sok lehetőséget nyújt a növénytermesztők számára is. A népességnövekedés és az urbanizáció hatására már mesterséges megvilágítással rendelkező zárt termesztőlétesítményekben foglalkoznak a levélzöldségek termesztésének optimalizálásával, aminek kritikus kutatási kérdése a helyes növénymegvilágítás.

Doktori munkám során növénytermesztési szempontokat figyelembe véve, teljeskörűen jellemeztem több LED világítórendszert. Igazoltam, hogy a PPFD eloszlás ismerete hozzájárul a növénykísérlet céljának pontosításához és a kiültetés helyének megválasztásához. Rámutattam, hogy a növénytermesztési kísérletek reprodukálhatóságában komoly szerepe van a világítórendszer ismeretének.

Kutatásomban hat különböző LED-es fénykörnyezet (azonos átlagos PAR PPFD szint, eltérő spektrális összetétel) hatását teszteltem a batávia saláta (*Lactuca sativa* L.) vegetatív mutatóira és beltartalmi paramétereire vonatkozóan. Igazoltam, hogy a kezeléseknek szignifikáns hatása van az alábbi mért paraméterekre: relatív klorofilltartalom, maximális kvantumhatékonyság, friss tömeg, nitrát-, klorofill-, karotin-, K-, P-, Mg-tartalom, CIE a^*, b^*. Ennek következtében bizonyítottam, hogy kizárólag a fénykörnyezet megváltoztatásával befolyásolhatók ezek a paraméterek.

Vizsgálatainkban több termesztési időszak és termesztéstechnológiai kombinációban (tavasszal fóliasátor, ősszel szabadföldi) előállított több salátatípus (batávia, vajfej, fodros levelű, tölgylevelű) zöld és piros levelű fajtáinak nitrát-tartalmát vizsgáltam UV-Vis és FT-NIR spektroszkópiás módszerekkel. A salátatípusok és egyes fajták, a nitráttartalmuk alapján elkülönültek egymástól. A spektrumképek elemzésével bizonyítottuk, hogy a minták homogenizálása és az első derivált függvény-transzformáció elősegíti a spektrumrészletek kirajzolódását és az abszorpciós csúcsok elkülönülését. A salátatípusok mintázat-felismerési/osztályozási modelljében az FT-NIR mérések lineáris diszkriminancia analízise (LDA) alapján megállapítható, hogy a vizsgálatban résztvevő négy különböző salátatípus elkülönül egymástól. Az eredményeket a random csoportosítás módszerével is igazolni lehetett. Sikeres modellépítést hajtottunk végre salátaminták nitráttartalmának FT-NIR meghatározására, igazolta, hogy az épített modell képes a mérés gyors, vegyszermentes kivitelezésére, a módszer alkalmas a saláták nitrát tartalmának rutinszerű meghatározására.

Fókuszcsoportos interjúkkal megalapozott conjoint analízist végeztem thai fiatal felnőttek célpopulációra. A termékkombinációk értékelése alapján három homogén csoportot határoltam le (agglomeratív hierarchikus klaszterezés (AHC), Euklideszi távolság, Ward módszer). Klaszterenként meghatároztam a relatív fontossági tényezőket, hasznossági értékeket, az ideális

termékkombinációkat, valamint jellemeztem a válaszadói csoportokat szoci-demográfiai tulajdonságaik alapján.

Saláta keverékekben előforduló levélzöldségeket vizsgáltam szemkamerás kísérletben. Az adatok alapján értékszegmentációval négy klasztert határoltam le, melyeket a számukra fontos értékek és a szemmozgás jellemzőikkel (szemmozgás paraméterek, döntéshozatali idő) jellemeztem. Kombináltam több statisztikai módszert (klaszteranalízis, túlélés elemzés, Kruskal-Wallis és Dunn páronkénti összehasonlítás) a részletesebb elemzés érdekében.

A salátatípusok produkcióbiológiai jellemzőit SRD módszer segítségével komplexen értékeltem. Bizonyítottam, hogy a saláta fitonutrienseinek több szempontú értékelésével egyértelmű sorrend állítható fel a salátatípusok között. Ezt alátámasztották egyéb statisztikai módszerek is (validált SRD módszer, PCA, AHC (euklideszi távolság, Ward módszere)).

Nowadays the fast technical development carries many opportunities for growers, too. The growing population and urbanization requires modern thinking and strive for leafy vegetables' growing condition optimization in PFALs, such as lighting.

Taking into account plant production aspects, there were fully characterized several LED lighting systems. It was proven that knowledge of PPFD distribution helps to set a well-planned research goal and to determine the plants distribution at the growing area. I pointed out that knowledge of the lighting system plays an important role in the reproducibility of crop experiments.

Six LED based light treatments (equal average PAR PPFD level, different spectral composition) were tested on vegetative- and inner content parameters of batavia lettuce (*Lactuca sativa* L.). It was proven that treatments have significant effect on the following analyzed parameters: relative chlorophyll content, maximum potential quantum efficiency, fresh weight, nitrate-, chlorophyll-, carotene-, K-, P-, Mg- content, CIE a^*, b^* values. There was concluded, that these parameters can be influenced by the modification of the lighting parameters only.

Nitrate content of lettuces were measured with UV-Vis and FT-NIR methodologies, as well as combinations of seasons and technologies (spring × greenhouse, autumn × open field) and variety types (batavia, butterhead, lollo and oak leaf; both red and green coloured) were analyzed.

With the analysis of spectral images, it was proven, that the homogenization of the samples and the first derivation function transformation enhances the inspection of the first derivative graph of spectrum averages and characteristic differences in the spectral regions. In the pattern recognition/classification model of variety types, based on the linear discriminant analysis (LDA) of FT-NIR measurements, it can be concluded, that the investigated four variety types are separate from each other. The results are also validated by random grouping methodology. A model was

successfully built up for the FT-NIR quantification of nitrate content of lettuce types, which is able to execute rapid measurement; the method is suitable for the routine quantification of nitrate content in lettuce samples.

Focus group based conjoint analysis was conducted with Thai population. Based on the product combinations evaluation, I delineated three homogeneous groups (agglomerative hierarchical clustering (AHC), Euclidean distance, Ward method). For each cluster, I determined the relative importance factors, utility values, ideal product combinations, and characterized the groups based on their socio-demographic characteristics.

Commonly used leafy vegetables in salad mixes were evaluated with eye-tracking method. Clusters' value based segmentation was carried out with the combination of eye movement parameters for classification (based on their values, eye movement parameters, duration of decision making). Values of characteristic of clusters were in accordance with eye movement parameters and with duration of decision making. Values and eye movement parameters have been evaluated with combinations of different statistical methods (cluster analysis, survival analysis, Kruskal-Wallis and Dunn's pairwise comparison).

In the present work it was demonstrated with the multi-criteria evaluation of lettuce phytonutrients, a clear rank can be set up among lettuce types. Different statistical methodologies – validated SRD method, PCA, AHC (Euclidean distance, Ward's method) – gave consensual results, which shows the stability of the sequence of lettuce types. The one with the significantly highest phytonutrient value was Leaf (red) type, followed by Leaf (green), and Romaine (green), then the least favorable types were Crisphead and Butterhead, respectively. All types differed significantly from each other, with the exception of Crisphead and Butterhead.

7. MELLÉKLETEK

M1 melléklet: Irodalomjegyzék

ABBASPOUR, N., HURRELL, R. & KELISHADI, R. (2014). Review on iron and its importance for human health. *Journal of Research in Medical Sciences*. 19(2): 164-174 p.

ABOU-HADID, A. F., ABD-ELMONIEM, E. M., EL-SHINAWY, M. Z. & ABOU-ELSOUD, M. (1996). Electrical conductivity effect on growth and mineral composition of lettuce plants in hydroponic system. *Acta Horticulturae*. 434(January 2016): 59-66 p.

ABOUL-ENEIN, Y. H., BERCZYNSKI, P. & KRUK, I. (2013). Phenolic Compounds: the Role of Redox Regulation in Neurodegenerative Disease and Cancer. *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry*. 13(3): 385-398 p.

ABRANKÓ, L., DERNOVICS, M., FODOR, M., GYEPES, A., JÓKAINÉ SZATURA, Z. & WOLLER, Á. (2011). *Hagyományos, gyors és automatizált módszerek alkalmazása élelmiszerek kémiai vizsgálatára*. M. Dernovics, L. Abrankó, & M. Fodor (eds.). Budapest: Nemzeti Tankönyvkiadó Zrt.

ADOBE. (2000). *CIELab színtér*. [Online], Elérhető: http://dba.med.sc.edu/price/irf/Adobe_tg/models/cielab.html Lekérdezés időpontja: 2015.10.12.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY (ATSDR) (2011). *Nitrates and nitrites*. Atlanta, GA, USA.

AGÜERO, M. V., BARG, M. V., YOMMI, A., CAMELO, A. & ROURA, S. I. (2008). Postharvest changes in water status and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and their relationship with overall visual quality. *Journal of Food Science*. 73(1).

AHLUWALIA, A., GLADWIN, M., COLEMAN, G., HORD, N., HOWARD, G., KIM-SHAPIRO, D., LAJOUS, M., LARSEN, F., LEFER, D., MCCLURE, L., NOLAN, B., PLUTA, R., SCHECHTER, A., WANG, C., WARD, M. & HARMAN, J. (2016). Dietary Nitrate and the Epidemiology of Cardiovascular Disease: Report From a National Heart, Lung, and Blood Institute Workshop. *J Am Heart Assoc*. 5: e003402 p.

AHMED, H. A., YU-XIN, T. & QI-CHANG, Y. (2020). Optimal control of environmental conditions affecting lettuce plant growth in a controlled environment with artificial lighting: A review. *South African Journal of Botany*. 130: 75-89 p.

AL-KODMANY, K. (2018). The vertical farm: A review of developments and implications for the vertical city. *Buildings*. 8(2): 24 p.

ALLENDE, A., MCEVOY, J. L., LUO, Y., ARTES, F. & WANG, C. Y. (2006). Effectiveness of two-sided UV-C treatments in inhibiting natural microflora and extending the shelf-life of minimally processed "Red Oak Leaf" lettuce. *Food Microbiology*. 23(3): 241-249 p.

ANDA, A. (2010). A napsugárzás és szerepe. In: A. Anda, T. Kocsis, A. Kovács, L. Tőkei, & Z. Varga (eds.). Budapest: Mezőgazda Kiadó *Agrometeorológiai és klimatológiai alapismeretek*. 75-97 p.

ANDRIĆ, F. & HÉBERGER, K. (2015). Chromatographic and computational assessment of lipophilicity

using sum of ranking differences and generalized pair-correlation. *Journal of Chromatography A*. 1380: 130–138 p.

ANNUNZIATA, A. & PASCALE, P. (2011). Consumer behaviour and attitudes towards healthy food products: Organic and functional foods. *A Resilient European Food Industry in a Challenging World*. 17-36 p.

ARABBI, P. R., GENOVESE, M. I. & LAJOLO, F. M. (2004). Flavonoids in Vegetable Foods Commonly Consumed in Brazil and Estimated Ingestion by the Brazilian Population. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(5): 1124-1131 p.

ARECCHI, A. V., MESSADI, T. & KOSHEL, R. J. (2007). *Field Guide to Illumination*. SPIE Press, Bellingham, WA.

ARES, G., MAWAD, F., GIMÉNEZ, A. & MAICHE, A. (2014). Influence of rational and intuitive thinking styles on food choice: Preliminary evidence from an eye-tracking study with yogurt labels. *Food Quality and Preference*. 31(1): 28-37 p.

ATSDR. (2017). *Toxicological Profile: Nitrate and Nitrite*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service, Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Atlanta, GE, USA

BABBIE, E. (2010). *The Practice of Social Research*. 12th ed. Belmont, CA, USA: Wadsworth.

BAHADORAN, Z., MIRMIRKAN, P., AZIZI, F. & GHASEMI, A. (2018). Nitrate-rich dietary supplementation during pregnancy: The pros and cons. *Pregnancy Hypertens*. 11: 44-46 p.

BAILEY, L. B., RAMPERSAUD, G. C. & KAUWELL, G. P. A. (2003). Folic acid supplements and fortification affect the risk for neural tube defects, vascular disease and cancer: Evolving science. *Journal of Nutrition*. 133(6): 1961-1968 p.

BALÁZS, S., ACKLER, I., BITSÁNSZKY, J., FARKAS, J., FEHÉR, B., FILIUS, I., GYÚRÓS, J., HODOSSI, S., HÓDOSY, S., KAPELLER, K., NAGY, J., SZABÓ, I., SZALAY, F., TARJÁNYI, F., TERBE, I., VELICH, I., ZATYKÓ, F. & ZATYKÓ, L. (2004). *Zöldségtermesztők kézikönyve*. S. Balázs (ed.). Mezőgazda Kiadó.

BANTIS, F., KARAMANOLI, K., AINALIDOU, A., RADOGLOU, K. & CONSTANTINIDOU, H. I. A. (2018). Light emitting diodes (LEDs) affect morphological, physiological and phytochemical characteristics of pomegranate seedlings. *Scientia Horticulturae*. 234: 267-274 p.

BARNES, C., TIBBITTS, T., SAGER, J., DEITZER, G., BUBENHEIM, D., KOERNER, G. & BUGBEE, B. (1993). Accuracy of quantum sensors measuring yield photon flux and photosynthetic photon flux. *HortScience*. 28(12): 1197-1200 p.

BASEERAT, A. & RANA, M. K. (2018). Lettuce. In: M.K. Rana (ed.). Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis *Vegetable Crop Science*. 169-182 p.

BASLAM, M., MORALES, F., GARMENDIA, I. & GOICOECHEA, N. (2013). Nutritional quality of outer and inner leaves of green and red pigmented lettuces (Lactuca sativa L.) consumed as salads. *Scientia Horticulturae*. 151: 103-111 p.

BAUR, S., KLAIBER, R., HAMMES, W. P. & CARLE, R. (2004). Sensory and microbiological quality of shredded, packaged iceberg lettuce as affected by pre-washing procedures with chlorinated and ozonated water. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 5(1): 45-55 p.

BEHR, U. & WIEBE, H. J. (1992). Relation between photosynthesis and nitrate content of lettuce cultivars. *Scientia Horticulturae*. 49(3-4): 175-179 p.

BENNIE, J., DAVIES, T. W., CRUSE, D. & GASTON, K. J. (2016). Ecological effects of artificial light at night on wild plants. Journal of Ecology. 104: 611-620 p.

BENZIE, I. F. F. (2003). Evolution of dietary antioxidants. *Comparative Biochemistry and Physiology - A Molecular and Integrative Physiology*. 136(1): 113-126 p.

BIAN, Z., CHENG, R., WANG, Y., YANG, Q. & LU, C. (2018a). Effect of green light on nitrate reduction and edible quality of hydroponically grown lettuce (Lactuca sativa L.) under short-term continuous light from red and blue light-emitting diodes. *Environmental and Experimental Botany*. 153(August 2019): 63-71 p.

BIAN, Z., YANG, Q., LI, T., CHENG, R., BARNETT, Y. & LU, C. (2018b). Study of the beneficial effects of green light on lettuce grown under short-term continuous red and blue light-emitting diodes. *Physiologia Plantarum*. 164(2): 226-240 p.

BLOM-ZANDSTRA, M. & LAMPE, J. E. M. (1985). The role of nitrate in the osmoregulation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown at different light intensities. *Journal of Experimental Botany*. 36(7): 1043-1052 p.

BOLIN, H. R., STAFFORD, A. E., KING, A. D. & HUXSOLL, C. C. (1977). Factors Affecting the Storage Stability of Shredded Lettuce. *Journal of Food Science*. 42(5): 1319-1321 p.

BOROS, I. F. (2017). A saláta táplálkozásban betöltött szerepe. *Zöldség-Gyümölcs Piac és Technológia*. 21(1): 36-37 p.

BOROS, I. F., KAPPEL, N., GERE, A. & SIPOS, L. (2016). Comparison of different lettuce types (*Lactuca sativa* L.) based on their bioactive compounds. In: É.K. Szent István Egyetem (ed.). Budapest: Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Kar *1st International Conference on Biosystems and Food Engineering*. 1-8 p.

BOTH, A. J., ALBRIGHT, L. D., LANGHANS, R. W., REISER, R. A. & VINZANT, B. G. (1997). Hydroponic lettuce production influenced by integrated supplemental light levels in a controlled environment agriculture facility: Experimental results Acta Horticulturae, 418, pp. 45-51.

BOTH, A. J., BUGBEE, B., KUBOTA, C., LOPEZ, R. G., MITCHELL, C., RUNKLE, E. S. & WALLACE, C. (2017). Proposed product label for electric lamps used in the plant sciences. *HortTechnology*. 27(4): 544-549 p.

BOUKEMA, I. W., HAZEKAMP, T. & HINTUM, T. J. . VAN. (1990). *The CGN lettuce collection*. Centre for Genetic Resources, Wageningen, The Netherlands. 52 p.

BOURGET, C. M. (2008). An introduction to light-emitting diodes. *HortScience*. 43(7): 1944-1946 p.

BOWN, D. (1995). *Encyclopaedia of Herbs and Their Uses*. London, UK: DK Publishing (Dorling

Kindersley). 424 p.

BRANCA, F. & VATUEÑA, S. (2001). Calcium, physical activity and bone health – building bones for a stronger future. *Public Health Nutrition*. 4(1a): 117-123 p.

BRECHNER, M. & BOTH, A. J. (1996). Hydroponic Lettuce Handbook. *Cornell University CEA Program*. 48 p.

BUMGARNER, N. R., SCHEERENS, J. C., MULLEN, R. W., BENNETT, M. A., LING, P. P. & KLEINHENZ, M. D. (2012). Root-zone temperature and nitrogen affect the yield and secondary metabolite concentration of fall- and spring-grown, high-density leaf lettuce. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 92(1): 116-124 p.

BUTTURINI, M. & MARCELIS, L. F. M. (2020). *Vertical farming in Europe*. Elsevier Inc. Butturini M., Marcelis L.F.M. (2020). Chapter 4 - Vertical farming in Europe: Present status and outlook. Editor(s): Toyoki K., Genhua N., Michiko T., Plant Factory (Second Edition), Academic Press. 77-91.

BUZA, D. (2020). Automatizált növényház adatgyűjtési rendszerének továbbfejlesztése. Szent István Egyetem. Diplomamunka.

CALDWELL, C. R. & BRITZ, S. J. (2006). Effect of supplemental ultraviolet radiation on the carotenoid and chlorophyll composition of green house-grown leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19(6-7): 637-644 p.

CANDEL, M. J. J. M. (2001). Consumer's convenience orientation towards meal preparation: Conceptualization and measurement. *Appetite*. 36(1): 15-28 p.

CARDELLO, A. V. (1994). *Measurement of Food Preferences*.

CARDELLO, A. V. & SAWYER, F. M. (1992). Effects of Disconfirmed Consumer Expectations on Food Acceptability. *Journal of Sensory Studies*. 7(4): 253-277 p.

CARR, A. C. & FREI, B. (1999). Toward a new recommended dietary allowance for vitamin C based on antioxidant and health effects in humans. *American Journal of Clinical Nutrition*. 69(6): 1086-1107 p.

CARR, A. C. & VISSERS, M. C. M. (2013). Synthetic or food-derived vitamin C-Are they equally bioavailable? *Nutrients*. 5(11): 4284-4304 p.

CARTER, S. L. & WHEELER, J. J. (2019). Social validity in health sciences. *The Social Validity Manual*. 229-242 p.

CARVALHO, D. R. A., TORRE, S., KRANIOTIS, D., ALMEIDA, D. P. F., HEUVELINK, E. & CARVALHO, S. M. P. (2015). Elevated air movement enhances stomatal sensitivity to abscisic acid in leaves developed at high relative air humidity. *Frontiers in Plant Science*. 6(May): 1-11 p.

CHAVES, I., POKORNY, R., BYRDIN, M., HOANG, N., RITZ, T., BRETTEL, K., ESSEN, L.-O., VAN DER HORST, G. T. J., BATSCHAUER, A. & AHMAD, M. (2011). The Cryptochromes: Blue Light Photoreceptors in Plants and Animals. *Annual Review of Plant Biology*. 62(1): 335-364 p.

CHEN, M. (2014). Chlorophyll Modifications and Their Spectral Extension in Oxygenic

Photosynthesis. *Annual Review of Biochemistry*. 83(1): 317-340 p.

CHEN, M. & CHORY, J. (2011). Phytochrome signaling mechanisms and the control of plant development. *Trends in Cell Biology*. 21(11): 664-671 p.

CHEN, M., SCHLIEP, M., WILLOWS, R. D., CAI, Z. L., NEILAN, B. A. & SCHEER, H. (2010). A red-shifted chlorophyll. *Science*. 329(5997): 1318-1319 p.

CHEN, X. LI, XUE, X. ZHANG, GUO, W. ZHONG, WANG, L. CHUN & QIAO, X. JUN. (2016). Growth and nutritional properties of lettuce affected by mixed irradiation of white and supplemental light provided by light-emitting diode. *Scientia Horticulturae*. 200(March 2016): 111-118 p.

CHIANG, C., OLSEN, J. E., BASLER, D., BÅNKESTAD, D. & HOCH, G. (2019). Latitude and weather influences on sun light quality and the relationship to tree growth. *Forests*. 10(8): 1-12 p.

CHRISTIE, J. M. (2007). Phototropin Blue-Light Receptors. *Annual Review of Plant Biology*. 58(1): 21-45 p.

CHUN, J., LEE, J., YE, L., EXLER, J. & EITENMILLER, R. R. (2006). Tocopherol and tocotrienol contents of raw and processed fruits and vegetables in the United States diet. *Journal of Food Composition and Analysis*. 19(2-3): 196-204 p.

CLINUVEL. (2020). *Understanding the Electromagnetic Spectrum*. [Online], Elérhető: https://www.clinuvel.com/photomedicine/physics-optics-skin/electromagnetic-spectrum/understanding-the-electromagnetic-spectrum Lekérdezés időpontja: 2020.4.20.

COLLAZO, C., NOGUERA, V., AGUILÓ-AGUAYO, I., ABADIAS, M., COLÁS-MEDÀ, P., NICOLAU, I. & VIÑAS, I. (2019). Assessing water-assisted UV-C light and its combination with peroxyacetic acid and Pseudomonas graminis CPA-7 for the inactivation and inhibition of Listeria monocytogenes and Salmonella enterica in fresh-cut 'Iceberg' lettuce and baby spinach leaves. *International Journal of Food Microbiology*. 297: 11-20 p.

COMPOSITAE WORKING GROUP. (2019). *Global Compositae Database. Lactuca sativa L.* [Online], Elérhető: http://www.compositae.org/aphia.php?p=taxdetails&id=1099606 Lekérdezés időpontja: 2020.10.12.

CONRAD, P. (2001). Health Research, Qualitative. In: N.J. Smelser & P.B. Baltes (eds.). Oxford, UK: Pergamon *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*. 6608-6612 p.

CPVO. (2019). Protocol for distinctness, uniformity and stability. *Lactuca sativa L.* Lettuce. (CPVO/TP-013/6-Rev). [Online], Elérhető: https://cpvo.europa.eu/sites/default/files/documents/lactuca_sativa_6.1.pdf Lekérdezés dátuma: 2020.02.10.

CROCE, R. & VAN AMERONGEN, H. (2014). Natural strategies for photosynthetic light harvesting. *Nature Chemical Biology*. 10(7): 492-501 p.

CROZIER, A., JAGANATH, I. B. & CLIFFORD, M. N. (2009). Dietary phenolics: Chemistry, bioavailability and effects on health. *Natural Product Reports*. 26(8): 1001-1043 p.

CRUZ, R., BAPTISTA, P., CUNHA, S., PEREIRA, J. A. & CASAL, S. (2012). Carotenoids of lettuce (*Lactuca*

sativa L.) grown on soil enriched with spent coffee grounds. *Molecules*. 17(2): 1535-1547 p.

CSAMBALIK, L., DIVÉKY-ERTSEY, A., PUSZTAI, P., BOROS, F., ORBÁN, C., KOVÁCS, S., GERE, A. & SIPOS, L. (2017). Multi-perspective evaluation of phytonutrients – Case study on tomato landraces for fresh consumption. *Journal of Functional Foods*. 33: 211-216 p.

CUEVAS-RODRÍGUEZ, E. O., DIA, V. P., YOUSEF, G. G., GARCÍA-SAUCEDO, P. A., LÓPEZ-MEDINA, J., PAREDES-LÓPEZ, O., GONZALEZ DE MEJIA, E. & LILA, M. A. (2010). Inhibition of pro-inflammatory responses and antioxidant capacity of mexican blackberry (Rubus spp.) extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 58(17): 9542-9548 p.

DA CUNHA-CHIAMOLERA, T. P. L., URRESTARAZU, M., FILHO, A. B. C. & MORALES, I. (2017). Agronomic and economic feasibility of tomato and lettuce intercropping in a soilless system as a function of the electrical conductivity of the nutrient solution. *HortScience*. 52(9): 1195-1200 p.

D'AMBROSIO, C., STIGLIANI, A. L. & GIORIO, G. (2016). *Food from Genetically Engineered Plants*. Elsevier Inc.

DAMERUM, A., CHAPMAN, M. A., & TAYLOR, G. (2020). Innovative breeding technologies in lettuce for improved post-harvest quality. *Postharvest Biology and Technology*, 168: 111266 p.

DARKÓ, É., HEYDARIZADEH, P., SCHOEFS, B. & SABZALIAN, M. R. (2014). Photosynthesis under artificial light: The shift in primary and secondary metabolism. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 369(1640): 20130243-20130243 p.

DAVE, J. M., AN, L. C., JEFFERY, R. W. & AHLUWALIA, J. S. (2009). Relationship of attitudes toward fast food and frequency of fast-food intake in adults. *Obesity*. 17(6): 1164-1170 p.

DAVIS, P. (2015). Lighting: the principles, Technical guide. AHDB Horticulture. Stoneleigh, Kenilworth, UK.

DECOTEAU, D. R. (2005). *Principles of Plant Science, Environmental Factors and Technology in Growing Plants*. Upper Saddle River, New Jersey 07458, USA: Pearson Prentice Hall.

DEGL'INNOOCENTI, E., PARDOSSI, A., TATTINI, M. & GUIDI, L. (2008). Phenolic compounds and antioxidant power in minimally processed salad. *Journal of Food Biochemistryhemistry*. 32: 642-653 p.

DESPOMMIER, D. (2011). The vertical farm: Controlled environment agriculture carried out in tall buildings would create greater food safety and security for large urban populations. *Journal fur Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit*. 6(2): 233-236 p.

DIETARY FIBER FOOD. (2019). *Dietary Fiber Recommended Daily Allowance (RDA) for Adults and Children*. [Online], Elérhető: https://www.dietaryfiberfood.com/dietary-fiber/fiber-rda-rdi.php.

DINI, I. (2019). *An overview of functional beverages*. Elsevier Inc.

DŁUGOSZ-GROCHOWSKA, O., KOŁTON, A. & WOJCIECHOWSKA, R. (2016). Modifying folate and polyphenol concentrations in Lamb's lettuce by the use of LED supplemental lighting during cultivation in greenhouses. *Journal of Functional Foods*. 26: 228-237 p.

DOLEŽALOVÁ, I., LEBEDA, A., JANEČEK, J., ČÍHALÍKOVÁ, J., KŘÍSTKOVÁ, E. & VRÁNOVÁ, O. (2002).

Variation in chromosomes numbers and nuclear DNA contents in genetic resources of Lactuca L. species (Asteraceae). *Genetic Resources and Crop Evolution*. 49: 383-395 p.

DOSTÁL, J. (1989). *Nová květena čSSR, 2. díl.* Praha: Academia.

DOUGHER, T. A. O. & BUGBEE, B. (2001). Evidence for Yellow Light Suppression of Lettuce Growth. *Photochemistry and Photobiology*. 73(2): 208 p.

DUPONT, M. S., MONDIN, Z., WILLIAMSON, G. & PRICE, K. R. (2000). Effect of variety, processing, and storage on the flavonoid glycoside content and composition of lettuce endive. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 48(9): 3957-3964 p.

DURAZZO, A., AZZINI, E., LAZZÉ, M. C., RAGUZZINI, A., PIZZALA, R., MAIANI, G., PALOMBA, L. & MAIANI, G. (2014). Antioxidants in Italian head lettuce (*Lactuca sativa* var. *capitata* L.) Grown in organic and conventional systems under greenhouse conditions. *Journal of Food Biochemistry*. 38(1): 56-61 p.

EBISAWA, M., SHOJI, K., KATO, M., SHIMOMURA, K., GOTO, F. & YOSHIHARA, T. (2008a). Supplementary ultraviolet radiation B together with blue light at night increased quercetin content and flavonol synthase gene expression in leaf lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Enviromental Control in Biology*. 46(1): 1-11 p.

EBISAWA, M., SHOJI, K., KATO, M., SHIMOMURA, K., GOTO, F. & YOSHIHARA, T. (2008b). Effect of supplementary lighting of UV-B, UV-A, and blue light during the night on growth and coloring in red-leaf lettuce. *Shokubutsu Kankyo Kogaku*. 20(3): 158-164 p.

EFSA. (2008). Opinion of the Scientific Panel on Contaminants in the Food chain on a request from the European Commission to perform a scientific risk assessment on nitrate in vegetables. *The EFSA Journal*. 689: 1-79 p.

EFSA. (2017). EFSA confirms safe levels for nitrites and nitrates added to food | European Food Safety Authority. *European Food Safety Authority*. 2017-2018 p.

EISBERG HUNGARY. (2020). *Áruátvétel feltételei (személyes kommunikáció)*. Gyál, Magyarország.

ELDESOUKY, A., PULIDO, A. F. & MESIAS, F. J. (2015). The Role of Packaging and Presentation Format in Consumers' Preferences for Food: An Application of Projective Techniques. *Journal of Sensory Studies*. 30(5): 360–369 p.

ELLIOTT, D. A., NABAVIZADEH, N., SEUNG, S. K., HANSEN, E. K. & HOLLAND, J. M. (2018). Radiation Therapy. In: R.B. Bell, R.P. Fernandes, & P.E. Andersen (eds.). St. Louis, Missouri: Elsevier Inc. *Oral, Head and Neck Oncology and Reconstructive Surgery*. 268-290 p.

ENDRIZZI, I., TORRI, L., COROLLARO, M. L., DEMATTÈ, M. L., APREA, E., CHARLES, M., BIASIOLI, F. & GASPERI, F. (2015). A conjoint study on apple acceptability: Sensory characteristics and nutritional information. *Food Quality and Preference*. 40(PA): 39-48 p.

ERLEJMAN, A. G., FRAGA, C. G. & OTEIZA, P. I. (2006). Procyanidins protect Caco-2 cells from bile acid- and oxidant-induced damage. *Free Radical Biology and Medicine*. 41(8): 1247-1256 p.

ESCOBAR-GUTIÉRREZ, A. J., BURNS, I. G., LEE, A., & EDMONDSON, R. N. (2002). Screening lettuce

cultivars for low nitrate content during summer and winter production. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, *77*(2): 232-237 p.

EUROPEAN COMMISSION. (2017). Commission notice on guidance document on addressing microbiological risks in fresh fruits and vegetables at primary production through good hygiene. 2017/C 163

EUROPEAN COMMISSION. (2011). Commission Regulation (EU) No 1258/2011 of 2 December 2011 amending Regulation (EC) No 1881/2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs (Text with EEA relevance).

FAOSTAT. (2020). *Used filters: production/crops: Countries or regions: every country, world total; Elements: area harvested, production quantity; Items or items aggregated: lettuce and chicory, vegetables primary (total); Years: 2018*. [Online], Elérhető: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC.

Faust, J. E., & Logan, J. (2018). Daily light integral: A research review and high-resolution maps of the United States. *HortScience*, *53*(9), 1250–1257.

FEKETE, R. T., ANTAL, Á., TAMÁS, P. & DÉCSEI-PARÓCZI, A. (2014). *3D megjelenítési technikák*. Budapest: BME MOGI.

FERÁKOVÁ, V. (1977). The genus *Lactuca* L. in Europe. Bratislava, Szlovákia: Univerzita Komenského.

FERRERES, F., GIL, M. I., CASTAÑER, M. & TOMÁS-BARBERÁN, F. A. (1997). Phenolic Metabolites in Red Pigmented Lettuce (Lactuca sativa). Changes with Minimal Processing and Cold Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45(11): 4249-4254 p.

FILIPPINI, T., NASKA, A., KASDAGLI, M. I., TORRES, D., LOPES, C., CARVALHO, C., MOREIRA, P., MALAVOLTI, M., ORSINI, N., WHELTON, P. K. & VINCETI, M. (2020). Potassium Intake and Blood Pressure: A Dose-Response Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. *Journal of the American Heart Association*. 9(12): e015719 p.

FISCHETTI, M. (2008). Growing Vertical. *Scientific American*. 18(4): 74-79 p.

FONYÓ, A. (2011). *Az orvosi élettan tankönyve*. Budapest: Medicina.

FOOD STANDARD AGENCY (FSA) (2019). *Nitrate monitoring in spinach and lettuce - surveillance programme*. Helsby, Frodsham, UK.

FOSTER, M. & SAMMAN, S. (2017). *Implications of a Plant-Based Diet on Zinc Requirements and Nutritional Status*.

FRANCIS, G. A., THOMAS, C. & O'BEIRNE, D. (1999). The microbiological safety of minimally processed vegetables. *International Journal of Food Science and Technology*. 34(1): 1-22 p.

FUKUDA, H. & WADA, T. (2019). *Characteristics of Vegetable Growing in Plant Factories and Technical Issues*. Elsevier Inc. Fukuda H., Wada, T. (2019). Chapter 1.3 - Characteristics of Vegetable Growing in Plant Factories and Technical Issues. Editor(s): Anpo M., Fukuda H., Wada, T., Plant Factory Using Artificial Light. Elsevier, 25-31.

GALLIE, D. R. (2013). Increasing vitamin C content in plant foods to improve their nutritional value-successes and challenges. *Nutrients*. 5(9): 3424-3446 p.

GARCÍA-MACÍAS, P., ORDIDGE, M., VYSINI, E., WAROONPHAN, S., BATTEY, N. H., GORDON, M. H., HADLEY, P., JOHN, P., LOVEGROVE, J. A. & WAGSTAFFE, A. (2007). Changes in the flavonoid and phenolic acid contents and antioxidant activity of red leaf lettuce (Lollo Rosso) due to cultivation under plastic films varying in ultraviolet transparency. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 55(25): 10168-10172 p.

GARCÍA-TORRES, S., LÓPEZ-GAJARDO, A. & MESÍAS, F. J. (2016). Intensive vs. free-range organic beef. A preference study through consumer liking and conjoint analysis. *Meat Science*. 114: 114-120 p.

GERE, A. (2015). Módszerfejlesztés a preferencia-térképezésben. Budapesti Corvinus Egyetem.

GERE, A., DANNER, L., DE ANTONI, N., KOVÁCS, S., DÜRRSCHMID, K. & SIPOS, L. (2016). Visual attention accompanying food decision process: An alternative approach to choose the best models. *Food Quality and Preference*. 51(February): 1-7 p.

GERE, A., SIPOS, L., KOVÁCS, S., KÓKAI, Z. & HÉBERGER, K. (2017). Which just-about-right feature should be changed if evaluations deviate? A case study using sum of ranking differences. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 161(June 2016): 130–135 p.

GIL, M. I., SELMA, M. V., SUSLOW, T., JACXSENS, L., UYTTENDAELE, M. & ALLENDE, A. (2015). Pre- and Postharvest Preventive Measures and Intervention Strategies to Control Microbial Food Safety Hazards of Fresh Leafy Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 55(4): 453-468 p.

GITELSON, A., VIÑA, A., SOLOVCHENKO, A., ARKEBAUER, T. & INOUE, Y. (2019). Derivation of canopy light absorption coefficient from reflectance spectra. *Remote Sensing of Environment*. 231: 111276.

GOTO, E. (2012). Plant production in a closed plant factory with artificial lighting. *Acta Horticulturae*. 956: 37-49 p.

GRAAMANS, L., BAEZA, E., VAN DEN DOBBELSTEEN, A., TSAFARAS, I. & STANGHELLINI, C. (2018). Plant factories versus greenhouses: Comparison of resource use efficiency. *Agricultural Systems*. 160(November 2017): 31-43 p.

GREEN, A., POPOVIĆ, V., WARRINER, K. & KOUTCHMA, T. (2020). The efficacy of UVC LEDs and low pressure mercury lamps for the reduction of Escherichia coli O157:H7 and Listeria monocytogenes on produce. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*.

GRIMM, D. (2019). Babyleaf típusú saláta nevelése LED megvilágítást felhasználó zárt termesztőegységben. Szent István Egyetem.Szakdolgozat.

GRUDA, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*. 82(2): 141-147 p.

GRULICH, V. (2004). Lactuca L. In: B. SLAVíK & J. ŠTěPáNKOVá (eds.). Praha: Academia *Květena*

české republiky 7. 487-497. p.

LE GUEDARD, M., SCHRAAUWERS, B., LARRIEU, I. & BESSOULE, J. J. (2008). Development of a biomarker for metal bioavailability: The lettuce fatty acid composition. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 27(5): 1147-1151 p.

GUNASERA, D. K., KODIKARA, C. ., GANEPOLA, K. & WIDANAPATHIRANA, S. (1995). Occurrence of Listeria Monocytogenes in food in Sri Lanka. *J. Natn. Sci. Coun. Sri Lanka*. 23(3): 107-114 p.

HAIR, J. F., BLACK, W. C., TATHAM, R. L. & ANDERSON, R. E. (2010). *Multivariate Data Analysis*. 7th ed. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.

HAN, T., VAGANOV, V. A., CAO, S., LI, Q., LING, L., CHENG, X., PENG, L., ZHANG, C., YAKOVLEV, A. N., ZHONG, Y. & TU, M. (2017). Improving "color rendering" of LED lighting for the growth of lettuce. *Scientific Reports*. 7: 45944.

HANSEN, R. C., BALDUFF, J. & KEENER, H. M. (2009). A study of controllable factors that have an effect on lettuce production in a hydroponic lettuce growing system. *American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2009, ASABE 2009*. 10(08): 6226-6237 p.

HARTMAN, Y., HOOFTMAN, D. A. P., ERIC SCHRANZ, M. & VAN TIENDEREN, P. H. (2013). QTL analysis reveals the genetic architecture of domestication traits in Crisphead lettuce. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 60(4): 1487-1500 p.

HAYESA, R.J. & SIMKO, I. (2016) Breeding lettuce for improved fresh-cut processing. *Acta Hortic.* 1141: 65-76 p.

HEALTH SUPPLEMENTS NUTRITIONAL GUIDE. (2020). *Recommended Daily Allowances*. [Online], Elérhető: http://www.healthsupplementsnutritionalguide.com/recommended-daily-allowances/#ADULTS. Lekérdezés dátuma: 2020.11.11.

HEBER, D. (2004). Vegetables, fruits and phytoestrogens in the prevention of diseases. *Journal of Postgraduate Medicine*. 50(2): 145-149 p.

HÉBERGER, K. (2010). Sum of ranking differences compares methods or models fairly. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*. 29(1): 101-109 p.

HÉBERGER, K. & KOLLÁR-HUNEK, K. (2011). Sum of ranking differences for method discrimination and its validation: Comparison of ranks with random numbers. *Journal of Chemometrics*. 25(4): 151-158 p.

HÉBERGER, K., KOLAREVIĆ, S., KRAČUN-KOLAREVIĆ, M., SUNJOG, K., GAČIĆ, Z., KLJAJIĆ, Z., MITRIĆ, M. & VUKOVIĆ-GAČIĆ, B. (2014). Evaluation of single-cell gel electrophoresis data: Combination of variance analysis with sum of ranking differences. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. 771: 15-22 p.

HEIDE, M. & OLSEN, S. O. (2017). Influence of packaging attributes on consumer evaluation of fresh cod. *Food Quality and Preference*. 60: 9-18 p.

HERNDON, J., HOISINGTON, R. & WHITESIDE, M. (2018). Deadly Ultraviolet UV-C and UV-B

Penetration to Earth's Surface: Human and Environmental Health Implications. *Journal of Geography, Environment and Earth Science International*. 14(2): 1-11 p.

HERRMANN, K. (1976). Flavonols and flavones in food plants: a review. *J. Fd Technol.* 11: 433-448 p.

HERTOG, M., KROMHOUT, D., ARAVANIS, C., BLACKBURN, H., BUZINA, R., FIDANZA, F., GIAMPAOLI, S., JANSEN, A., MENOTTI, A., NEDELJKOVIC, S., SIMIC, B., TOSHIMA, H., FESKENS, E., HOLLMAN, P. & KATAN, M. ((in press)). Flavonoid Intake and Long-term Risk in the Seven Countries Study. *Archive of Intern Medicine*. 155(4): 38:1-6 p.

HESZBERGER, J. (2009). *IT SUPPORT of FOOD PROFILE ANALYSIS*. Budapest University of Technology and Economics. PhD thesis.

HETYEI, G. (2019). Led alapú növényvilágítás tervezése és minősítése. Óbudai Egyetem. Szakdolgozat.

HMELAK GORENJAK, A. & CENCIČ, A. (2013). Nitrate in vegetables and their impact on human health. A review. *Acta Alimentaria*. 42(2): 158-172 p.

HO, J. L., SHANDS, K. N., FRIEDLAND, G., ECKIND, P. & FRASER, D. W. (1986). An Outbreak of Type 4b Listeria monocytogenes Infection Involving Patients From Eight Boston Hospitals. *Archives of Internal Medicine*. 146(3): 520–524 p.

HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. (1938). The water-culture method for growing plants without soil / The water-culture method for growing plants without soil. Professor of Plant Nutrition and Chemist in the Experiment Station. 2 Instructor in Truck Crops and Junior Plant Physiologist in the Experi. (347): 1884-1949 p.

HOAGLAND, D. R. & ARNON, D. I. (1950). The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. *Circular*. 347: 4-32 p.

HODGSON, J. M. & CROFT, K. D. (2006). Dietary flavonoids: effects on endothelial function and blood pressure. *Journal of the science of food and agriculture*. 86: 2492-2498 p.

HOFFMANN, M., KOZÁK, Á. & VERES, Z. (2000). *Piackutatás*. Budapest: Műszaki könyvkiadó.

HOLM, G. (1954). Clorophyll Mutations in Barley. *Acta Agriculturae Scandinavica*. 4(1): 457-471 p.

HOLMQVIST, K., NYSTRÖOM, M., ANDERSSON, R. & VAN DE WEIJER, J. (2011). *Eyetracking. A comprehensive guide to methods and measures.* Oxford: Oxford University Press.

HOOPER, L. & CASSIDY, A. (2006). A review of the health care potential of bioactive compounds. *Journal of the science of food and agriculture*. 86: 1805-1813 p.

HU, J., OCHOA, O. E., TRUCO, M. J. & VICK, B. A. (2005). Application of the TRAP technique to lettuce (Lactuca sativa L.) genotyping. *Euphytica*. 144(3): 225-235 p.

HUANG, Z., WANG, B., EAVES, D. H., SHIKANY, J. M. & PACE, R. D. (2007). Phenolic compound profile of selected vegetables frequently consumed by African Americans in the southeast United States. *Food Chemistry*. 103(4): 1395-1402 p.

HUTCHINGS, J. (2002). *The perception and sensory assessment of colour*. Woodhead Publishing Limited.

INSTITUTION OF MEDICINE. (2000). *Dietary reference intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids*. Washington, USA: National Academy Press.

INSTITUTION OF MEDICINE. (2001). Dietary Reference Intakes for Vitamin A, Vitamin K, Arsenic, Boron, Chromium, Copper, Iodine, Iron, Manganese, Molybdenum, Nickel, Silicon, Vanadium, and Zinc. Washington, USA: National Academy Press.

ISLAM, M., DOYLE, M. P., PHATAK, S. C., MILLNER, P. & JIANG, X. (2004). Persistence of enterohemorrhagic Escherichia coli O157:H7 in soil and on leaf lettuce and parsley grown in fields treated with contaminated manure composts or irrigation water. *Journal of Food Protection*. 67(7): 1365-1370 p.

ISO 21348:2007. Space environment (natural and artificial) – Process for determining solar irradiances.

ISO/CIE 11664-4:2019 Colorimetry – Part 4: CIE 1976 L*a*b* colour space.

ITIS. (2020a). *ITIS Standard Report Page: Lactuca sativa L.* [Online], Elérhető: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=36607&print_version=PRT&source=to_print#null Lekérdezés időpontja: 2020.10.12.

ITIS. (2020b). *ITIS Standard Report Page: Lactuca L.* [Online], Elérhető: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=36594#null Lekérdezés időpontja: 2020.10.12.

JAHID, I. K., HAN, N. R., SREY, S. & HA, S. DO. (2014). Competitive interactions inside mixed-culture biofilms of Salmonella Typhimurium and cultivable indigenous microorganisms on lettuce enhance microbial resistance of their sessile cells to ultraviolet C (UV-C) irradiation. *Food Research International*. 55: 445-454 p.

JECFA. (2002). *Evaluation of certain food additives. Fifty-ninth report of the Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives*. Geneva, Switzerland.

JENKINS, G. I. (2009). Signal Transduction in Responses to UV-B Radiation. *Annual Review of Plant Biology*. 60(1): 407-431 p.

JENKINS, G. I. (2014). The UV-B photoreceptor UVR8: From structure to physiology. *Plant Cell*. 26(1): 21-37 p.

JOHANSSON, M., JÄGERSTAD, M. & FRØLICH, W. (2007). Folates in lettuce A pilot study. *Scandinavian Journal of Food and Nutrition*. 51(1): 22-30 p.

JOHKAN, M., SHOJI, K., GOTO, F., HASHIDA, S. NOSUKE & YOSHIHARA, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*. 45(12): 1809-1814 p.

JOHKAN, M., SHOJI, K., GOTO, F., HAHIDA, S. & YOSHIHARA, T. (2012). Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in Lactuca sativa. *Environmental and Experimental Botany*. 75: 128-133 p.

JOSHI, N. C., RATNER, K., EIDELMAN, O., BEDNARCZYK, D., ZUR, N., MANY, Y., SHAHAK, Y., AVIV-

SHARON, E., ACHIAM, M., GILAD, Z. & CHARUVI, D. (2019). Effects of daytime intra-canopy LED illumination on photosynthesis and productivity of bell pepper grown in protected cultivation. *Scientia Horticulturae*. 250(September 2018): 81-88 p.

KANG, J. H., KRISHNAKUMAR, S., ATULBA, S. L. S., JEONG, B. R. & HWANG, S. J. (2013). Light intensity and photoperiod influence the growth and development of hydroponically grown leaf lettuce in a closed-type plant factory system. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 54(6): 501-509 p.

KANG, W. H., PARK, J. S., PARK, K. S. & SON, J. E. (2016). Leaf photosynthetic rate, growth, and morphology of lettuce under different fractions of red, blue, and green light from light-emitting diodes (LEDs). *Horticulture Environment and Biotechnology*. 57(6): 573-579 p.

"Karotinjó.pdf". (n.d.).

KATZ, S. H. & WEAVER, W. W. (2003). *Encyclopedia of food and culture*. New York, NY, USA: Charles Scribner's Sons.

KAUR, N., CHUGH, V. & GUPTA, A. K. (2014). Essential fatty acids as functional components of foods-a review. *Journal of Food Science and Technology*. 51(10): 2289-2303 p.

KAWASHIMA, L. M. & VALENTE SOARES, L. M. (2003). Mineral profile of raw and cooked leafy vegetables consumed in Southern Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 16(5): 605-611 p.

KEAST, R. S. J. (2009). Food Quality Perception. In: E. Ortega-Rivas (ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press *Processing Effects on Safety and Quality of Foods*. 67-83 p.

KENDRICK, A. (2016). *Coloring Aqueous Food Types*. Elsevier Ltd.

KESSELI, R., OCHOA, O. & MICHELMORE, R. (1991). Variation at RFLP loci in *Lactuca* spp. and origin of cultivated lettuce (*L. sativa*). *Genome*. 34: 430–436. p.

KIM, H. H., WHEELER, R. M., SAGER, J. C. & GOINS, G. D. (2004a). A comparison of growth and photosynthetic characteristics of lettuce grown under red and blue light-emitting diodes (LEDs) with and without supplemental green LEDs. *Acta Horticulturae*. 659: 467-475 p.

KIM, H. H., GOINS, G. D., WHEELER, R. M. & SAGER, J. C. (2004b). Green-light supplementation for enhanced lettuce growth under red-and blue-light-emitting diodes. *HortScience*. 39(7): 1617-1622 p.

KIM, H. H., WHEELER, R. M., SAGER, J. C., YORIO, N. C. & GOINS, G. D. (2005). Light-emitting diodes as an illumination source for plants: a review of research at Kennedy Space Center. *Habitation (Elmsford, N.Y.)*. 10(2): 71-78 p.

KIM, M. J., MOON, Y., TOU, J. C., MOU, B. & WATERLAND, N. L. (2016). Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (Lactuca sativa L.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 49: 19-34 p.

KILIÇ, C. C. & DUYAR, H. (2016). A research on production of baby leaf vegetables in floating system. *Hungarian Agricultural Engineering*. (29): 24-27 p.

KLOUBERTA, V. & RINK, L. (2015). Zinc as a micronutrient and its preventive role of oxidative damage in cells. *Food Funct.* 6(10): 3195-3204 p.

KNECHT, K., SANDFUCHS, K., KULLING, S. E. & BUNZEL, D. (2015). Tocopherol and tocotrienol analysis in raw and cooked vegetables: A validated method with emphasis on sample preparation. *Food Chemistry*. 169: 20–27 p.

KOGA, H. (2016). How a japanese vertical farm is growing strawberries using LED for the first time. [Online], Elérhető: https://agfundernews.com/how-a-japanese-vertical-farm-is-growing-strawberries-using-led-for-the-first-time5691.html. Lekérdezés időpontja: 2017.10.12.

KOLLÁR-HUNEK, K. & HÉBERGER, K. (2013). Method and model comparison by sum of ranking differences in cases of repeated observations (ties). *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*. 127: 139-146 p.

KOLLÁR-HUNEK, K., HESZBERGER, J., KÓKAI, Z., LÁNG-LÁZI, M. & PAPP, E. (2008). Testing panel consistency with GCAP method in food profile analysis. *Journal of Chemometrics*. 22(3-4): 218-226 p.

KOOPMAN, W. J. M., GUETTA, E., WIEL, C. C. M. VAN DE, VOSMAN, B. & BERG, R. G. VAN DEN. (1998). Phylogenetic relationships among Lactuca (Asteraceae) species and related genera based on ITS-1 DNA sequences. *American Journal of Botany*. 85: 1517-1530. p.

KOPSELL, D. A., SAMS, C. E. & MORROW, R. C. (2015). Blue wavelengths from led lighting increase nutritionally important metabolites in specialty crops. *HortScience*. 50(9): 1285-1288 p.

KOUDELA, M. & PETŘÍKOVÁ, K. (2008). Nutrients content and yield in selected cultivars of leaf lettuce (*Lactuca sativa* L. var *crispa*). *Horticultural Science*. 35(3): 99-106 p.

KOUTSOUMANIS, K., ALVAREZ-ORDONEZ, A., BOLTON, D., BOVER-CID, S., CHEMALY, M., DAVIES, R., DE CESARE, A., HERMAN, L., HILBERT, F., LINDQVIST, R., NAUTA, M., PEIXE, L., RU, G., SIMMONS, M., SKANDAMIS, P., SUFFREDINI, E., JORDAN, K., SAMPERS, I., WAGNER, M., FELICIO, M. T. D. S., GEORGIADIS, M., MESSENS, W., MOSBACH-SCHULZ, O. & ALLENDE, A. (2020). The public health risk posed by listeria monocytogenes in frozen fruit and vegetables including herbs, blanched during processing. *EFSA Journal*. 18(4): 1-102 p.

KOZAI, T. (2013). Sustainable plant factory: Closed plant production systems with artificial light for high resource use efficiencies and quality produce. *Acta Horticulturae*. 1004: 27-40 p.

KOZAI T. (2018) Current Status of Plant Factories with Artificial Lighting (PFALs) and Smart PFALs. In: Kozai T. (eds) Smart Plant Factory. Springer, Singapore.

KOZAI, T. & NIU, G. (2020a). Chapter 1 – Introduction. Editor(s): KOZAI, T. & NIU, G., TAKAGAKI, M. Plant Factory (Second Edition), Academic Press. 3-6.

KOZAI, T. & NIU, G. (2020b). Chapter 2 - Role of the plant factory with artificial lighting (PFAL) in urban areas. Editor(s): KOZAI, T. & NIU, G., TAKAGAKI, M. Plant Factory (Second Edition), Academic Press. 7-34.

KOZAI, T., FANG, W., CHUN, C., YANG, Q., TONG, Y., CHENG, R., KUBOTA, C. (2016). Chapter 3 -

PFAL Business and R&D in the World: Current Status and Perspectives. Editor(s): Kozai, T. & Niu, G., Takagaki, M., Plant Factory (Second Edition), Academic Press. 35-68.

KREBS, M. O., BELLON, A., MAINGUY, G., JAY, T. M. & FRIELING, H. (2009). One-carbon metabolism and schizophrenia: current challenges and future directions. *Trends in Molecular Medicine*. 15(12): 562-570 p.

KRIS-ETHERTON, P. M., HECKER, K. D., BONANOME, A., COVAL, S. M., BINKOSKI, A. E., HILPERT, K. F., GRIEL, A. E. & ETHERTON, T. D. (2002). Bioactive compounds in foods: Their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. *American Journal of Medicine*. 113(9 SUPPL. 2): 71-88 p.

KŘÍSTKOVÁ, E., DOLEŽALOVÁ, I., LEBEDA, A., VINTER, V. & NOVOTNÁ, A. (2008). Description of morphological characters of lettuce (Lactuca sativa L.) genetic resources. *Horticultural Science*. 35(3): 113-129 p.

KRIZEK, D. T., BRITZ, S. J. & MIRECKI, R. M. (1998). Inhibitory effects of ambient levels of solar UV-A and UV-B radiation on growth of cv. New Red Fire lettuce. Physiologia Plantarum, 103: 1-7.

KRUEGER, R. A. (2002). Designing and Conducting Focus Group Interviews. St. Paul, MN, USA: University of Minnesota.

KSH. (2020a). *A fontosabb zöldségfélék termesztése és felhasználása*. [Online], Elérhető: https://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn004m.html. Lekérdezés időpontja: 2020.11.25.

KSH. (2020b). *Magyarország 2019*. Budapest. ISSN: 1416-2768. [Online], Elérhető: https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp/idoszaki/mo/mo_2019.pdf Lekérdezés időpontja: 2020.11.25.

LÁGYMÁNYOSI, P. (2020). Természetes fény nélküli LED-es növénytermesztő rendszer műszaki leírása. EFOP-3.6.1.-16-2016-00016 – Termesztő rendszer beszámoló. Gödöllő. Kézirat.

LÁGYMÁNYOSI, P., LÁGYMÁNYOSI, A., TERBE, T. & OMBÓDI, A. (2018). Establishing a closed growing system applying LED lightning - first experience. In: Z. Futó (ed.). Szarvas: Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő *IV. Országos Tritikálé Nap: Fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása*. 49-54 p.

LÁNG, F. (1998). Fotoszintézis. In: F. Láng (ed.). Budapest: ELTE, Eötvös Kiadó *Növényélettan*. 177-264 p.

LEBEDA, A. & ASTLEY, D. (1999). World genetic resources of Lactuca spp., their taxonomy and biodiversity. In: A. Lebeda & E. Křístková (eds.). Olomouc: Palacký University *Eucarpia Leafy Vegetables*. 81-94 p.

LEBEDA, A. & KŘÍSTKOVÁ, E. (1995). Genetic resources of vegetable crops from the genus Lactuca. *Horticultural Science (Prague)*. 22: 117-121 p.

LEBEDA, A., RYDER, E. J. J., GRUBE, R., DOLEŽALOVÁ, I. & KŘÍSTKOVÁ, E. (2007). Lettuce (Asteraceae; Lactuca spp.). In: R.J. Singh (ed.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis *Genetic Resources, Chromosome Engineering, and Crop Improvement, Vol. 3, Vegetable*

Crops. 377-472. p.

LEE, S. K. & KADER, A. A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*. 20(3): 207-220 p.

LEE, M. J., SON, J. E. & OH, M. M. (2014). Growth and phenolic compounds of *Lactuca sativa* L. grown in a closed-type plant production system with UV-A, -B, or -C lamp. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 94(2): 197-204 p.

LEE, M. J., SON, K. H. & OH, M. M. (2016). Increase in biomass and bioactive compounds in lettuce under various ratios of red to far-red LED light supplemented with blue LED light. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 57(2): 139-147 p.

LEHOTA, J. (2001). *Marketingkutatás az agrárgazdaságban*. Budapest: Mezőgazda Kiadó.

LI, Q. & KUBOTA, C. (2009). Effects of supplemental light quality on growth and phytochemicals of baby leaf lettuce. *Environmental and Experimental Botany*. 67(1): 59-64 p.

LI, N., XIAO, Y., SHEN, L., XU, Z., LI, B. & YIN, C. (2019). Smart Agriculture with an Automated IoT-Based Greenhouse System for Local Communities. *Advances in Internet of Things*. 9: 15-31 p.

LIJINSKI, W. (1999). N-Nitroso compounds in the diet. *Mutat Res/Gen Toxicol Environ Mutagen*. 443: 129-138 p.

LIMA FILHO, T., DELLA LUCIA, S. M., LIMA, R. M. & MINIM, V. P. R. (2015). Conjoint analysis as a tool to identify improvements in the packaging for irradiated strawberries. *Food Research International*. 72: 126-132 p.

LIN, K. H., HUANG, M. Y., HUANG, W. D., HSU, M. H., YANG, Z. W. & YANG, C. M. (2013). The effects of red, blue, and white light-emitting diodes on the growth, development, and edible quality of hydroponically grown lettuce (*Lactuca sativa* L. var. capitata). *Scientia Horticulturae*. 150: 86-91 p.

LIU, C. W., SUNG, Y., CHEN, B. C. & LAI, H. Y. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 11(4): 4427-4440 p.

LIU, H., FU, Y., HU, D., YU, J. & LIU, H. (2018). Effect of green, yellow and purple radiation on biomass, photosynthesis, morphology and soluble sugar content of leafy lettuce via spectral wavebands “knock out”. *Scientia Horticulturae*. 236: 10–17 p.

LIU, X., ARDO, S., BUNNING, M., PARRY, J., ZHOU, K., STUSHNOFF, C., STONIKER, F., YU, L. & KENDALL, P. (2007). Total phenolic content and DPPH{radical dot} radical scavenging activity of lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown in Colorado. *LWT - Food Science and Technology*. 40(3): 552-557 p.

LLORACH, R., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., TOMÁS-BARBERÁN, F. A., GIL, M. I. & FERRERES, F. (2008). Characterisation of polyphenols and antioxidant properties of five lettuce varieties and escarole. *Food Chemistry*. 108(3): 1028-1038 p.

LODISH, H., BERK, A., ZIPURSKY, S. L., MATSUDAIRA, P., BALTIMORE, D. & DARNELL, J. (2000).

Photosynthetic Stages and Light-Absorbing Pigments. In: 4th ed. H. Lodish, A. Berk, S.L. Zipursky, P. Matsudaira, D. Baltimore, & J. Darnell (eds.). New York: W. H. Freeman *Molecular Cell Biology*.

LONG, S. P., ZHU, X. G., NAIDU, S. L. & ORT, D. R. (2006). Can improvement in photosynthesis increase crop yields? *Plant, Cell and Environment*. 29(3): 315-330 p.

LOPEZ-JARAMILLO, P., LOPEZ-LOPEZ, J. & LOPEZ-LOPEZ, C. (2015). Sodium Intake Recommendations: A Subject that Needs to be Reconsidered. *Current Hypertension Reviews*. 11(1): 8-13 p.

LÓPEZ, A., JAVIER, G. A., FENOLL, J., HELLÍN, P. & FLORES, P. (2014). Chemical composition and antioxidant capacity of lettuce: Comparative study of regular-sized (Romaine) and baby-sized (Little Gem and Mini Romaine) types. *Journal of Food Composition and Analysis*. 33(1): 39-48 p.

LOSÓ, V. (2015). Gyorsfagyasztott csemegekukorica termékek komplex értékelése. Budapesti Corvinus Egyetem.

LUNA, M. C., MARTÍNEZ-SÁNCHEZ, A., SELMA, M. V., TUDELA, J. A., BAIXAULI, C. & GIL, M. I. (2013). Influence of nutrient solutions in an open-field soilless system on the quality characteristics and shelf life of fresh-cut red and green lettuces (*Lactuca sativa* L.) in different seasons. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93(2): 415-421 p.

MAHMOOD, L. (2014). The metabolic processes of folic acid and Vitamin B12 deficiency. *Journal of Health Research and Reviews*. 1(1): 5 p.

MAI, F. & GLOMB, M. A. (2013). Isolation of phenolic compounds from iceberg lettuce and impact on enzymatic browning. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 61(11): 2868-2874 p.

MAIANI, G., CASTÓN, M. J. P., CATASTA, G., TOTI, E., CAMBRODÓN, I. G., BYSTED, A., GRANADO-LORENCIO, F., OLMEDILLA-ALONSO, B., KNUTHSEN, P., VALOTI, M., BÖHM, V., MAYER-MIEBACH, E., BEHSNILIAN, D. & SCHLEMMER, U. (2009). Carotenoids: Actual knowledge on food sources, intakes, stability and bioavailability and their protective role in humans. *Molecular Nutrition and Food Research*. 53(SUPPL. 2): 194-218 p.

MAISONNEUVE, B. & BLANCARD, D. (2011). Current diseases and pests in lettuce Western Europe. In: T. Hendriks, M. Quillet, & J. Hilbert (eds.). Lille, Franciaország *Eucarpia, Leafy vegetables 2011*. 18 p.

MALACARA, D. (2011). *Color Vision and Colorimetry: Theory and Applications*. 2nd ed. Bellingham, WA: SPIE Press.

MALHOTRA, N. K. & SATYABHUSAN, D. (2016). *Marketing research: An Applied Orientation*. 7th ed. Noida, Uttar Pradesh, India: Pearson India Education Services.

MANACH, C., SCALBERT, A., MORAND, C., RÉMÉSY, C. & JIMÉNEZ, L. (2004). Polyphenols: Food sources and bioavailability. *American Journal of Clinical Nutrition*. 79(5): 727-747 p.

MARKS, P. (2014). Vertical farming growing up in a big way. *New Scientist*. 221(2952): 17-18 p.

MARTINEAU, V., LEFSRUD, M., NAZNIN, M. T. & KOPSELL, D. A. (2012). Comparison of light-emitting diode and high-pressure sodium light treatments for hydroponics growth of Boston lettuce. *HortScience*. 47(4): 477-482 p.

MARTÍNEZ LEO, E. E., ALTAMIRANO, T. V. & SEGURA CAMPOS, M. R. (2018). *Functional Foods and Chemoprevention in Cancer*. Elsevier Inc.

MCCREE, K. J. (1972). The action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*. 9: 191-216 p.

MCDONOUGH, A. A. & NGUYEN, M. T. X. (2012). How does potassium supplementation lower blood pressure? *American Journal of Physiology - Renal Physiology*. 302(9): F1224 p.

MCGUIRE, R. G. (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *HortScience*. 27(12): 1254-1255 p.

MDOSZ. (2016). Változatos salátafélék. *Táplálkozási Akadémia*. 9(6).

MECHATRONIX. (2020). *PAR, PPF, YPF, PPFD and DLI*. [Online], Elérhető: https://www.horti-growlight.com/par-ppf-ypf-ppfd-dli Lekérdezés időpontja: 2020.4.25.

MEILGAARD, M. C., CIVILLE, G. V. & CARR, B. T. (2016). *Sensory evaluation techniques*. 5th ed. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

MENG, Q., KELLY, N. & RUNKLE, E. S. (2019). Substituting green or far-red radiation for blue radiation induces shade avoidance and promotes growth in lettuce and kale. *Environmental and Experimental Botany*. 162: 383-391 p.

MENG, Q., BOLDT, J. & RUNKLE, E. S. (2020). Blue radiation interacts with green radiation to influence growth and predominantly controls quality attributes of lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 145(2): 75-87 p.

MENSINGA, T. T., SPEIJERS, G. J. A. & MEULENBELT, J. (2003). Health implications of exposure to environmental nitrogenous compounds. *Toxicological Reviews*. 22(1): 41-51 p.

MERRILL, A. E. & CHAMBLISS, A. B. (2020). Water and electrolyte balance. In: 4th ed. W. Clarke & M.A. Marzinke (eds.). Academic Press, Elsevier *Contemporary Practice in Clinical Chemistry*. 651-663 p.

MEYERDING, S. G. H. (2016). Consumer preferences for food labels on tomatoes in Germany - A comparison of a quasi-experiment and two stated preference approaches. *Appetite*. 103: 105-112 p.

MEYERDING, S. G. H., GENTZ, M., ALTMANN, B. & MEIER-DINKEL, L. (2018). Beef quality labels: A combination of sensory acceptance test, stated willingness to pay, and choice-based conjoint analysis. *Appetite*. 127: 324-333 p.

MICKENS, M. A., SKOOG, E. J., REESE, L. E., BARNWELL, P. L., SPENCER, L. E., MASSA, G. D. & WHEELER, R. M. (2018). A strategic approach for investigating light recipes for 'Outredgeous' red romaine lettuce using white and monochromatic LEDs. *Life Sciences in Space Research*. 19: 53-62 p.

MIKEL, M. A. (2007). Genealogy of contemporary North American lettuce. *HortScience*. 42: 489-493 p.

MIKEL, M. A. (2013). Genetic composition of contemporary proprietary U.S. lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivars. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 60(1): 89-96 p.

MILKOWSKI, A., GARG, H., COUGHLIN, J. & BRYAN, N. (2010). Nutritional epidemiology in the context of nitric oxide biology: a risk-benefit evaluation for dietary nitrite and nitrate. *Nitric Oxide*. 22: 110–119 p.

MITTERER-DALTOÉ, M. L., QUEIROZ, M. I., FISZMAN, S. & VARELA, P. (2014). Are fish products healthy? Eye tracking as a new food technology tool for a better understanding of consumer perception. *LWT - Food Science and Technology*. 55(2): 459-465 p.

MÖGLICH, A., YANG, X., AYERS, R. A. & MOFFAT, K. (2010). Structure and Function of Plant Photoreceptors. *Annual Review of Plant Biology*. 61(1): 21-47 p.

MOHAN, V. R., TRESINA, P. S. & DAFFODIL, E. D. (2015). *Antinutritional Factors in Legume Seeds: Characteristics and Determination*. 1st ed. Elsevier Ltd.

MOKRZYCKI, W. & TATOL, M. (2011). Color difference Delta E - A survey. *Machine Graphics and Vision*. 20(4): 383-411 p.

MORANÇAIS, M., MOUGET, J. L. & DUMAY, J. (2018). *Proteins and pigments*. Elsevier Inc.

MORROW, R. C. (2008). LED lighting in horticulture. *HortScience*. 43(7): 1947-1950 p.

MOSKOWITZ, H. R. & ZEMEL, R. (2019). Scientific Psychophysics and the Commercially Oriented Study ofTomato Sauce. In: S. Porretta (ed.). Croydon, UK: The Royal Society of Chemistry *Tomato Chemistry, Industrial Processing and Product Development*. 41-69 p.

MOSKOWITZ, H. R., GOFMAN, A., ITTY, B., KATZ, R., MANCHAIAH, M. & MA, Z. (2001). Rapid, inexpensive, actionable concept generation and optimization: the use and promise of self-authoring conjoint analysis for the food service industry. *Food Service Technology*. 1(3): 149-167 p.

MOSKOWITZ, H. R., KATZ, R., BECKLEY, J. & HOLLIS, A. (2004). Understanding Conjoint Analysis. *Food Technology*. 58(1).

MOSKOWITZ, H. R., DREWNOWSKI, A., SAULO, A., SILCHER, M. & GALANTER, E. (2011). *Mind Genomics - The New Novum Organum. Volume 6b. Food and Society*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

MOU, B. (2005). Genetic variation of beta-carotene and lutein contents in lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 130(6): 870–876 p.

MOU, B. (2008). Lettuce. In: J. Prohens & F. Nuez (eds.). New York, NY, USA: Springer Science+Business Media, LLC *Handbook of Plant Breeding. Vegetables I. Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, and Cucurbitaceae*. 75-116 p.

MOU, B. & RYDER, E. J. (2004). Relationship between the nutritional value and the head structure of lettuce. *Acta Horticulturae*. 637: 361-367 p.

MULABAGAL, V., NGOUAJIO, M., NAIR, A., ZHANG, Y., GOTTUMUKKALA, A. L. & NAIR, M. G. (2010). In vitro evaluation of red and green lettuce (*Lactuca sativa*) for functional food properties. *Food Chemistry*. 118(2): 300–306 p.

MUOGHALU, J. I. (2009). Priority Parameters: Abiotic and Biotic Components. In: Vol. 1. H.I. Inyang & J.L. Daniels (eds.). Oxford, UK: Eolss Publishers Co. Ltd *Environmental monitoring*. 21-38 p.

NEAL, B. (2007). *The effectiveness and costs of population interventions to reduce salt consumption*. Geneva, Svájc: WHO Press.

NELSON, J. A. & BUGBEE, B. (2014). Economic analysis of greenhouse lighting: Light emitting diodes vs. high intensity discharge fixtures. *PLoS ONE*. 9(6): e99010

NEMALI, K. (2017). *Nutrition & Lighting Requirements of Lettuce*. [Online], Elérhető: https://www.purdue.edu/hla/sites/cea/wp-content/uploads/sites/15/2017/04/Nutrition-and-Light-Requirement-of-Lettuce.pdf. Lekérdezés időpontja: 2017.10.10.

NÉMETH, Á. (2004). A globálsugárzás modellezése digitális domborzatmodell alkalmazásával. In: HUNDEM 2004. november 11-12. Miskolc. 1-7 p.

NICOLLE, C., CARDINAULT, N., GUEUX, E., JAFFRELO, L., ROCK, E., MAZUR, A., AMOUROUX, P. & RÉMÉSY, C. (2004a). Health effect of vegetable-based diet: Lettuce consumption improves cholesterol metabolism and antioxidant status in the rat. *Clinical Nutrition*. 23(4): 605-614 p.

NICOLLE, C., CARNAT, A., FRAISSE, D., LAMAISON, J. L., ROCK, E., MICHEL, H., AMOUREUX, P. & REMESY, C. (2004b). Characterisation and variation of antioxidant micronutrients in lettuce (*Lactuca sativa* folium). *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 84(15): 2061-2069 p.

NIELSEN, V. (2018). *Which Wavelengths do Photoreceptors Absorb?* [Online], Elérhető: http://ursalighting.com/wavelengths-photoreceptors-absorb/ Lekérdezés időpontja: 2019.09.25.

NOBEL, P. S. (2009) Light. Editor: Nobel, P.S. *Physicochemical and Environmental Plant Physiology* (4th edition), Academic Press, 176-226 p.

NOU, X. & LUO, Y. (2010). Whole-leaf wash improves chlorine efficacy for microbial reduction and prevents pathogen cross-contamination during fresh-cut lettuce processing. *Journal of Food Science*. 75(5).

OKAZAKI, S. & YAMASHITA, T. (2019). A manipulation of air temperature and light quality and intensity can maximize growth and folate biosynthesis in leaf lettuce. *Environmental Control in Biology*. 57(2): 39-44 p.

OMBÓDI, A. & BOROS, I. F. (2020). Review of led lighting for leafy vegetables produced in closed plant production systems. In: G. Jakab & E. Csengeri (eds.). Szarvas: Szent István University Institute of Irrigation and Water Management *Water management: Focus on Climate Change*. 131-137 p.

ORDIDGE, M., GARCÍA-MACÍAS, P., BATTEY, N. H., GORDON, M. H., HADLEY, P., JOHN, P., LOVEGROVE, J. A., VYSINI, E. & WAGSTAFFE, A. (2010). Phenolic contents of lettuce, strawberry, raspberry, and blueberry crops cultivated under plastic films varying in ultraviolet transparency. *Food Chemistry*. 119(3): 1224-1227 p.

OUZOUNIS, T., ROSENQVIST, E. & OTTOSEN, C. O. (2015). Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: A review. *HortScience*. 50(8): 1128-1135 p.

PADMANABHAN, P., CHEEMA, A. & PALIYATH, G. (2015). *Solanaceous Fruits Including Tomato, Eggplant, and Peppers*. 1st ed. Elsevier Ltd.

PARSONS, H. T., YASMIN, T. & FRY, S. C. (2011). Alternative pathways of dehydroascorbic acid degradation in vitro and in plant cell cultures: Novel insights into vitamin C catabolism. *Biochemical Journal*. 440(3): 375-383 p.

PAULUS, K. (1978). Ready-to-serve Foods: Definitions, Application, Quality Requirements. In: Basel: Karger *International Symposium on Ready-to-Serve Foods, Karlsruhe, August 1977*. 6-14 p.

PAWLAK, R., BERGER, J. & HINES, I. (2018). Iron Status of Vegetarian Adults: A Review of Literature. *American Journal of Lifestyle Medicine*. 12(6): 486-498 p.

PENKSZA, K., BALOGH, J., S.-FALUSI, E., TURCSÁNYI, G. & TÚRÓCZI, G. (2017). *Általános növénytan (Agrár alapszakos hallgatók számára.)*. K. Penksza (ed.). Gödöllő: Szent István Egyetemi Kiadó.

PENNISI, G., SANYÉ-MENGUAL, E., ORSINI, F., CREPALDI, A., NICOLA, S., OCHOA, J., FERNANDEZ, J. A. & GIANQUINTO, G. (2019a). Modelling Environmental Burdens of Indoor-Grown Vegetables and Herbs as Affected by Red and Blue LED Lighting. *Sustainability*. 11(15): 4063 p.

PENNISI, G., ORSINI, F., BLASIOLI, S., CELLINI, A., CREPALDI, A., BRASCHI, I., SPINELLI, F., NICOLA, S., FERNANDEZ, J. A., STANGHELLINI, C., GIANQUINTO, G. & MARCELIS, L. F. M. (2019b). Resource use efficiency of indoor lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivation as affected by red:blue ratio provided by LED lighting. *Scientific Reports*. 9(1): 1-11 p.

PENNISI, G., PISTILLO, A., ORSINI, F., CELLINI, A., SPINELLI, F., NICOLA, S., FERNANDEZ, J. A., CREPALDI, A., GIANQUINTO, G. & MARCELIS, L. F. M. (2020). Optimal light intensity for sustainable water and energy use in indoor cultivation of lettuce and basil under red and blue LEDs. *Scientia Horticulturae*. 272: 109508 p.

PINHO, P., JOKINEN, K. & HALONEN, L. (2012). Horticultural lighting - Present and future challenges. *Lighting Research and Technology*. 44(4): 427-437 p.

PINTO, E., ALMEIDA, A. A., AGUIAR, A. A. R. M. & FERREIRA, I. M. P. L. V. O. (2014). Changes in macrominerals, trace elements and pigments content during lettuce (*Lactuca sativa* L.) growth: Influence of soil composition. *Food Chemistry*. 152: 603-611 p.

PORRA, R. J., THOMPSON, W. A. & KRIEDEMANN, P. E. (1989). Antibiotic and thromboembolic prophylaxis in total hip and knee arthroplasty in Scotland. *Biochimica et Biophysica Acta*. 975: 384-394 p.

POULET, L., MASSA, G. D., MORROW, R. C., BOURGET, C. M., WHEELER, R. M. & MITCHELL, C. A. (2014). Significant reduction in energy for plant-growth lighting in space using targeted LED lighting and spectral manipulation. *Life Sciences in Space Research*. 2: 43-53 p.

RÁCZ, A., PAPP, N., BALOGH, E., FODOR, M. & HÉBERGER, K. (2015). Comparison of antioxidant capacity assays with chemometric methods. *Analytical Methods*. 7(10): 4216-4224 p.

RADETSKY, L. C. (2018). LED and HID horticultural luminaire testing report. 1-80 p. [Online], Elérhető: https://www.lrc.rpi.edu/programs/energy/pdf/HorticulturalLightingReport-Final.pdf Lekérdezés dátuma: 2019.01.13.

RAGAERT, P., VERBEKE, W., DEVLIEGHERE, F. & DEBEVERE, J. (2004). Consumer perception and choice of minimally processed vegetables and packaged fruits. *Food Quality and Preference*. 15(3): 259-270 p.

RAMOS, B., MILLER, F. A., BRANDÃO, T. R. S., TEIXEIRA, P. & SILVA, C. L. M. (2013). Fresh fruits and vegetables - An overview on applied methodologies to improve its quality and safety. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*. 20: 1-15 p.

RANA, M. K. (2018). *Vegetable Crops Science*. M.K. Rana (ed.). Boca Raton, FL, USA: Taylor & Francis.

RAO, V. R. (2014). *Applied conjoint analysis*. Springer. ISBN: 978-3-540-87753-0

RAVELOMBOLA, F.S., BOROS, I.F., KAPPEL, N. (2018). Responses of different varieties of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to salinity stress in hydroponic systems. Futó Z. (ed.). Szarvas: Szent István Egyetemi Kiadó, Gödöllő *IV. Országos Tritikálé Nap: Fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása*. 55-62 p.

RESH, H. M. (2013). *Hydroponic Food Production* (7th ed.). CRC Press. Boca Raton, FL, USA.

RIBAS-AGUSTÍ, A., GRATACÓS-CUBARSÍ, M., SÁRRAGA, C., GARCÍA-REGUEIRO, J. A. & CASTELLARI, M. (2011). Analysis of eleven phenolic compounds including novel p-coumaroyl derivatives in lettuce (*Lactuca sativa* L.) by ultra-high-performance liquid chromatography with photodiode array and mass spectrometry detection. *Phytochemical Analysis*. 22(6): 555-563 p.

RICE-EVANS, C. A., MILLER, N. J. & PAGANGA, G. (1997). Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends in Plant Science*. 2(4): 152-159 p.

RICHARDSON, A. D., DUIGAN, S. P. & BERLYN, G. P. (2002). An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytologist*. 153(1): 185-194 p.

RIZZINI, L., FAVORY, J., CLOIX, C., FAGGIONATO, D., HARA, A. O., KAISERLI, E., BAUMEISTER, R., SCHÄFER, E., NAGY, F., JENKINS, G. I. & ULM, R. (2011). Perception of UV-B by the Arabidopsis UVR8 Protein. *Science*. 332(6025): 103-106 p.

ROBSON, T. M., KLEM, K., URBAN, O. & JANSEN, M. A. K. (2015). Re-interpreting plant morphological responses to UV-B radiation. *Plant, Cell and Environment*. 38(5): 856-866 p.

RODENBURG, C. M., BASSE, H., GLASCHKE, B., DROUZY, J., TREBUCHET, G., HAIGH, J. C., WATTS, L. E. & HUYSKES, J. A. (1960). *Varieties of lettuce: an international monograph*. C.M. Rodenburg (ed.). Zwolle, Hollandia: N.V. Uitgevers-Maatschappij W.E.J. Tjeenk Willink.

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. (1997). Carotenoids and Food Preparation : The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared , Processed , and Stored Foods. *Contract*. (January).

RODRIGUEZ, C., TORRE, S. & SOLHAUG, K. A. (2014). Low levels of ultraviolet-B radiation from fluorescent tubes induce an efficient flavonoid synthesis in Lollo Rosso lettuce without negative

impact on growth. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*. 64(2): 178-184 p.

ROE, M., CHURCH, S., PINCHEN, H. & FINGLAS, P. (2013). *Nutrient Analysis of Fruit and Vegetables*. Colney, Norwich, UK.

ROMANI, A., PINELLI, P., GALARDI, C., SANI, G., CIMATO, A. & HEIMLER, D. (2002). Polyphenols in greenhouse and open-air-grown lettuce. *Food Chemistry*. 79(3): 337-342 p.

ROOSTA, H. R. (2011). Interaction between water alkalinity and nutrient solution ph on the vegetative growth, chlorophyll fluorescence and leaf magnesium, iron, manganese, and zinc concentrations in lettuce. *Journal of Plant Nutrition*. 34(5): 717-731 p.

ROUPHAEL, Y., KYRIACOU, M. C., PETROPOULOS, S. A., DE PASCALE, S. & COLLA, G. (2018). Improving vegetable quality in controlled environments. *Scientia Horticulturae*. 234: 275-289 p.

ROWLEY, W. R. C. (1984). The definition of the metre: From Polar Quadrant to the Speed of Light. *Physics Bulletin*. 35(7): 282 p.

RUBATZKY, V. E. & YAMAGUCHI, M. (1997). *World Vegetables*. New York, NY, USA: Chapman & Hall.

RYDER, E. J. (1986). Lettuce breeding. In: M. Bassett (ed.). Westport: AVI Publishing Co. *Breeding Vegetable Crops*. 433-474 p.

RYDER, E. J. (1999). *Lettuce, Endive and Chicory*. Wallingford: CABI Publishing.

RYU, D. K., KANG, S. W., NGO, V. D., CHUNG, S. O., CHOI, J. M., PARK, S. U. & KIM, S. J. (2014). Control of temperature, humidity, and CO2 concentration in small- sized experimental plant factory. *Acta Horticulturae*. 1037: 477-484 p.

SAID, H. M. (2004). Water-soluble vitamins: absorption, metabolism, and deficiency. In: L.R. Johnson (ed.). Cambridge, MA, USA: Academic Press, Elsevier *Encyclopedia of Gastroenterology*. 631-637 p.

SAITO, Y., SHIMIZU, H., NAKASHIMA, H., MIYASAKA, J. & OHDO, K. (2010). The effect of light quality on growth of lettuce. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*. 3(PART 1).

SAIZ-RUBIO, V. & ROVIRA-MÁS, F. (2020). From smart farming towards agriculture 5.0: A review on crop data management. *Agronomy*. 10(2): 207.

SAJTOS, L. & MITEV, A. (2007). *SPSS Kutatási és adatelemzési kézikönyv*. Budapest: Alinea Kiadó.

SAMUOLIENE, G., URBONAVIČIUTE, A., DUCHOVSKIS, P., BLIZNIKAS, Z., VITTA, P. & ZUKAUSKAS, A. (2009). Decrease in Nitrate concentration in Leafy vegetables Under a solid-state illuminator. *HortScience*. 44(7): 1857-1860 p.

SAMUOLIENE, G., BRAZAITYTE, A., SIRTAUTAS, R., NOVIČKOVAS, A. & DUCHOVSKIS, P. (2011). Supplementary red-LED lighting affects phytochemicals and nitrate of baby leaf lettuce. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 9(3-4): 271-274 p.

SAMUOLIENE, G., SIRTAUTAS, R., BRAZAITYTE, A., VIRŠILE, A. & DUCHOVSKIS, P. (2012). Supplementary red-LED lighting and the changes in phytochemical content of two baby leaf

lettuce varieties during three seasons. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 10(3-4): 701-706 p.

SAMUOLIENE, G., SIRTAUTAS, R., BRAZAITYTE, A. & DUCHOVSKIS, P. (2012). LED lighting and seasonality effects antioxidant properties of baby leaf lettuce. *Food Chemistry*. 134(3): 1494-1499 p.

SAMUOLIENE, G., BRAZAITYTE, A., SIRTAUTAS, R., SAKALAUSKIENE, S., JANKAUSKIENE, J., DUCHOVSKIS, P. & NOVIČKOVAS, A. (2012). The Impact of supplementary short-term red LED lighting on the antioxidant properties of microgreens. *Acta Horticulturae*. 956: 649-655 p.

SANTAMARIA, P. (2006). Nitrate in vegetables: Toxicity, content, intake and EC regulation. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 86(1): 10–17 p.

SANTAMARIA, P., ELIA, A., SERIO, F. & TODARO, E. (1999). A survey of nitrate and oxalate content in fresh vegetables. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 79(13): 1882-1888 p.

SANTOS, F. T., GOUFO, P., SANTOS, C., BOTELHO, D., FONSECA, J., QUEIRÓS, A., COSTA, M. S. S. M. & TRINDADE, H. (2016). Comparison of five agro-industrial waste-based composts as growing media for lettuce: Effect on yield, phenolic compounds and Vitamin C. *Food Chemistry*. 209: 293-301 p.

SAPKOTA, S., SAPKOTA, S., & LIU, Z. (2019). Effects of nutrient composition and lettuce cultivar on crop production in hydroponic culture. *Horticulturae*, *5*(72): 1-8 p.

SCHANDA, J. (2007). CIE Colorimetry. In: J. Schanda (ed.). Hoboken, New Jersey, USA: John Wiley & Sons, Inc. *Colorimetry*. 25-65 p.

SELLARO, R., CREPY, M., TRUPKIN, S. A., KARAYEKOV, E., BUCHOVSKY, A. S., ROSSI, C. & CASAL, J. J. (2010). Cryptochrome as a sensor of the blue/green ratio of natural radiation in Arabidopsis. *Plant Physiology*. 154(1): 401-409 p.

SERAFINI, M., BUGIANESI, R., SALUCCI, M., AZZINI, E. & RAGUZZINI, A. (2002). Effect of acute ingestion of fresh and stored lettuce (*Lactuca sativa*) on plasma total antioxidant capacity and antioxidant levels in human subjects. 615-623 p.

SHARMA, N., ACHARYA, S., KUMAR, K., SINGH, N. & CHAURASIA, O. P. (2018). Hydroponics as an advanced technique for vegetable production: An overview. *Journal of Soil and Water Conservation*. 17(4): 364-371 p.

SHIBATA, T., IWAO, K. & TAKANO, T. (1995). Effect of vertical air flowing on lettuce growing in a plant factory. Acta Hortic. 399: 175-182 p.

SHIH, C. (1988). Revision of Lactuca L. and two new genera of the tribe Lactuceae (Compositae) on the mainland of Asia (cont.). *Acta Phytotaxonomica Sinica*. 26: 418-428 p.

SHIMIZU, H., FUKUDA, K., NISHIDA, Y. & OGURA, T. (2016). Automated Technology in Plant Factories with Artificial Lighting. In: 1st ed. T. Kozai, G. Niu, & M. Takagaki (eds.). London, UK: Academic Press, *Plant Factory*. 313-319 p.

SHIOSHITA, R., ENOKA, J., AIONA, D. K., YOUNG, C. S., SAKAI, W. S. & WALL, M. (2007). Coloration

and growth of red lettuce grown under UV-radiation transmitting and non-transmitting covers. *Acta Horticulturae*. 761: 221-225 p.

SINCLAIR, T. R. & WEISS, A. (2010). *Principles of Ecology in Plant Production*. 2nd ed. T.R. Sinclair & A. Weiss (eds.). CAB International.

SINGH, S. (2006). Impact of color on marketing. *Management Decision*. 44(6): 783-789 p.

SINGH, S. C. (2009). Basics of light emitting diodes, characterizations and applications. *Handbook of Light Emitting and Schottky Diode Research*. (December 2009): 133-168 p.

SINGH, D., BASU, C., MEINHARDT-WOLLWEBER, M. & ROTH, B. (2015). LEDs for energy efficient greenhouse lighting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 49: 139-147 p.

SINGH, H., DUNN, B. & PAYTON, M. (2019). Hydroponic pH Modifiers affect Plant Growth and Nutrient Content in Leafy Greens. *Journal of Horticultural Research*. 27(1): 31-36 p.

SINGLETON, V. L. & ROSSI, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*. 16(3).

SIPOS, L. & KÓKAI, Z. (2008). Fogyasztói értékítéletek conjoint-analízis alkalmazásával, az élelmiszeripari kutatások gyakorlatában. In: E. Nagy, F. Simon, K. Kiss, & I. Hegedűs (eds.). Veszprém: Pannon Egyetem, Műszaki Informatikai Kar, Műszaki Kémiai Kutató Intézet *Műszaki Kémiai Napok*. 103-110 p.

SIPOS, L., KOVÁCS, Z., SZÖLLOSI, D., KÓKAI, Z., DALMADI, I. & FEKETE, A. (2011). Comparison of novel sensory panel performance evaluation techniques with e-nose analysis integration. *Journal of Chemometrics*. 25(5): 275-286 p.

SIPOS, L., BERNHARDT, B., GERE, A., KOMÁROMI, B., ORBÁN, C., BERNÁTH, J. & SZABÓ, K. (2016). Multicriteria optimization to evaluate the performance of Ocimum basilicum L. varieties. *Industrial Crops and Products*. 94: 514-519 p.

SIPOS, L., BOROS, I. F., PURCZEL, Á., VARGA, Z., SZŐKE, A. & SZÉKELY, G. (2017a). LED-ek hasznosítási lehetőségei a növénytermesztésben (review). *Kertgazdaság*. 49(3): 11-22 p.

SIPOS, L., ORBÁN, C., BÁLINT, I., CSAMBALIK, L., DIVÉKY-ERTSEY, A. & GERE, A. (2017b). Colour parameters as indicators of lycopene and antioxidant activity traits of cherry tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.). *European Food Research and Technology*. 243(9): 1533-1543 p.

SIPOS, L., BOROS, I. F., CSAMBALIK, L., SZÉKELY, G., JUNG, A. & BALÁZS, L. (2020). Horticultural lighting system optimalization: A review. *Scientia Horticulturae*. 273: 109631.

ŠKRBIĆ, B., HÉBERGER, K. & CROSSED D SIGNURIŠIĆ-MLADENOVIĆ, N. (2013). Comparison of multianalyte proficiency test results by sum of ranking differences, principal component analysis, and hierarchical cluster analysis. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. 405(25): 8363-8375 p.

SLOAN, A. E. (2006). Top 10 Functional Food Trends. *Food Technology*. 60(4).

SLOAN, A. E. (2008). What, When, and Where America Eats. *Food Technology*. 62(1).

SMITH, H. L., MCAUSLAND, L. & MURCHIE, E. H. (2017). Don't ignore the green light: Exploring diverse roles in plant processes. *Journal of Experimental Botany*. 68(9): 2099-2110 p.

SOETAN, K. O., OLAIYA, C. O. & OYEWOLE, O. E. (2010). The importance of mineral elements for humans , domestic animals and plants : A review. *African Journal of Food Science*. 4(5): 200-222 p.

SON, K. H. & OH, M. M. (2015). Growth, photosynthetic and antioxidant parameters of two lettuce cultivars as affected by red, green, and blue light-emitting diodes. *Horticulture Environment and Biotechnology*. 56(5): 639-653 p.

SON, K. H., LEE, J. H., OH, Y., KIM, D., OH, M. M., & IN, B. C. (2017). Growth and bioactive compound synthesis in cultivated lettuce subject to light-quality changes. *HortScience*, *52*(4): 584-591 p.

SONNEVELD, C. & STRAVER, N. (1994). Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. *Serie: Voedingsoplossingen Glastuinbouw (Netherlands)*. (8): 45 p.

SPALHOLZ, H., PERKINS-VEAZIE, P. & HERNÁNDEZ, R. (2020). Impact of sun-simulated white light and varied blue:red spectrums on the growth, morphology, development, and phytochemical content of green- and red-leaf lettuce at different growth stages. *Scientia Horticulturae*. 264: 109195.

SPENCE, C. (2015). On the psychological impact of food colour. *Flavour*. 4(1): 1-16 p.

STAHL, W. & SIES, H. (2003). Antioxidant activity of carotenoids. *Molecular Aspects of Medicine*. 24(6): 345-351 p.

STANGHELLINI, C., VAN 'T OOSTER, B. & HEUVELINK, E. (2019). Greenhouse horticulture. *Greenhouse horticulture*.

STEBBINS, G. L. (1937). Critical notes on Lactuca and related genera. *Journal of Botany (London)*. 75: 12-18 p.

STONE, H. & SIDEL, J. L. (2004). *Sensory Evaluation Practices: Third Edition*.

STUTTE, G. W. (2009). Light-emitting diodes for manipulating the phytochrome apparatus. *HortScience*. 44(2): 231-234 p.

STUTTE, G. W., EDNEY, S. & SKERRITT, T. (2009). Photoregulation of bioprotectant content of red leaf lettuce with light-emitting diodes. *HortScience*. 44(1): 79-82 p.

SUETSUGU, N. & WADA, M. (2013). Evolution of three LOV blue light receptor families in green plants and photosynthetic stramenopiles: Phototropin, ZTL/FKF1/LKP2 and aureochrome. *Plant and Cell Physiology*. 54(1): 8-23 p.

SURVASE, S. A., BAJAJ, I. B. & SINGHAL, R. S. (2006). Biotechnological production of vitamins. *Food Technology and Biotechnology*. 44(3): 381-396 p.

SZABÓ, A. (2015). UV sugárzás hatása a termesztett csiperke- és laskagomba D-vitamin tartalmára, bioaktív anyagaira és érzékszervi jellemzőire. BCE.

SZÉKELY, G., SIPOS, L. & LOSÓ, V. (2009). *FMCG marketing*. Aula Kiadó, Budapest.

SZÖLLŐSI, D., DÉNES, D. L., FIRTHA, F., KOVÁCS, Z. & FEKETE, A. (2012). Comparison of six multiclass classifiers by the use of different classification performance indicators. *Journal of Chemometrics*. 26(3-4): 76-84 p.

SZŰCS, V. (2014). Az élelmiszeripari adalékanyagok fogyasztói kockázat-észlelése. Budapesti

Corvinus Egyetem.

TABACHNICK, B. G. & FIDELL, L. S. (2003). Preparatory data analyses. In: Vancouver, BC, Canada *Western Psychological Association*.

TABACHNICK, B. G. & FIDELL, L. S. (2016). *Recurrence quantification analysis of denoised index returns via alpha-stable modeling of wavelet coefficients: Detecting switching volatility regimes*. Vol. 20.

TAIZE, L. & ZEIGER, E. (2010). *Plant physiology*. 5th ed. Sunderland, US-MA: Sinauer Associates.

TAKÁCSNÉ HÁJOS, M. (2014). *Szántóföldi zöldségtermesztés*. M. Takácsné Hájos (ed.). Debrecen: Debreceni Egyetemi Kiadó.

TAKASE, T., NISHIYAMA, Y., TANIHIGASHI, H., OGURA, Y., MIYAZAKI, Y., YAMADA, Y. & KIYOSUE, T. (2011). LOV KELCH PROTEIN2 and ZEITLUPE repress Arabidopsis photoperiodic flowering under non-inductive conditions, dependent on FLAVIN-BINDING KELCH REPEAT F - BOX1. *Plant Journal*. 67(4): 608-621 p.

TANG, M. Y., CHEONG, Y. M. & ZAINULDIN, T. (1994). Incidence of Listeria spp. in vegetables in Kuala Lumpur. *The Medical journal of Malaysia*. 49(3): 217-222 p.

TARUSCIO, D., CARBONE, P., GRANATA, O., BALDI, F. & MANTOVANI, A. (2011). Folic acid and primary prevention of birth defects. *BioFactors*. 37(4): 280-284 p.

TERBE, I. (2013). A fejes saláta hajtatása. *Agroinform*. 22(1): 36-37 p.

THAKUR, M., ASRANI, R. K. & PATIAL, V. (2018). Lysteria monocytogenes: A Food-Borne Pathogen. In: Vol. 15. A.M. Holban & A.M. Grumezescu (eds.). San Diego, CA: Academic Press *Foodborne Diseases*. 157-192 p.

THEIL, E. C. & BRIAT, J.-F. (2004). Plant ferritin and non-heme iron nutrition in humans. *HarvestPlus Technical Monograph 1*.

THIENHIRUN, S. & CHUNG, S. (2018). Consumer Attitudes and Preferences toward Cross-Cultural Ready-To-Eat (RTE) Food. *Journal of Food Products Marketing*. 24(1): 56-79 p.

THOMAS, G., ASTLEY, D., BOUKEMA, I., DAUNAY, M. C., DEL GRECO, A., DÍEZ, M. J., VAN DOOIJEWEERT, W., KELLER, J., KOTLIŃSKA, T., LEBEDA, A., LIPMAN, E., MAGGIONI, L., ROSA, E. & COMPILERS. (2005). Report of a Vegetables Network. In: Skierniewice, Poland: International Plant Genetic Resources Institute *Joint meeting with an ad hoc group on leafy vegetables, 2003 May 22-24, Skierniewice, Poland*.

TORRES, P. B., CHOW, F., FURLAN, C. M., MANDELLI, F., MERCADANTE, A. & DOS SANTOS, D. Y. A. C. (2014). Standardization of a protocol to extract and analyze chlorophyll a and carotenoids in Gracilaria tenuistipitata var. liui. zhang and xia (rhodophyta). *Brazilian Journal of Oceanography*. 62(1): 57-63 p.

TÓTH, Á. (2020). Az öntözővíz vizsgálata és kezelése. In: *Öntözéstechnika*.

TOULIATOS, D., DODD, I. C. & MCAINSH, M. (2016). Vertical farming increases lettuce yield per unit area compared to conventional horizontal hydroponics. *Food and Energy Security*. 5(3): 184-191

p.

TSORMPATSIDIS, E., HENBEST, R. G. C., DAVIS, F. J., BATTEY, N. H., HADLEY, P. & WAGSTAFFE, A. (2008). UV irradiance as a major influence on growth, development and secondary products of commercial importance in Lollo Rosso lettuce "Revolution" grown under polyethylene films. *Environmental and Experimental Botany*. 63(1-3): 232-239 p.

TSUCHIYA, T., MIZOGUCHI, T., AKIMOTO, S., TOMO, T., TAMIAKI, H. & MIMURO, M. (2012). Metabolic engineering of the Chl d-dominated cyanobacterium acaryochloris marina: Production of a novel chl species by the introduction of the chlorophyllide a oxygenase gene. *Plant and Cell Physiology*. 53(3): 518-527 p.

TUISL, G. (1968). Der Verwandtschaftskreis der Gattung Lactuca L. Im Iranischen Hochland und seinen Randgebieten. Annalen des Naturhistorischen Museum in Wien 72: 587-638.

TZIA, C., GIANNOU, V., LIGNOU, S. & LEBESI, D. (2016). Sensory Evaluation of Foods. In: T. Varzakas & C. Tzia (eds.). Boca Raton, FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis *Handbook of Food Processing: Food Safety, Quality, and Manufacturing Processes*. 41-72 p.

U.S. PUBLIC HEALTH SERVICE & FOOD AND DRUG ADMINISTRATION. (2013). *Food Code*. College Park, MD: U.S. Department of Commerce National Technical Information Service.

ULM, R. & JENKINS, G. I. (2015). Q&A: How do plants sense and respond to UV-B radiation? *BMC Biology*. 13(1): 4-9 p.

UNITED NATIONS, Department of Economic and Social Affairs Population Division (2018). *World Urbanization Prospects 2018: Highlights (ST/ESA/SER.A/421)*.

USDA. (2015a). *National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28*. Washington, USA.

USDA. (2015b). *USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Food Group: 11 Vegetables and Vegetable Products*.

USDA. (2020a). *Food and nutrient database for dietary studies*. [Online], Elérhető: https://www.ars.usda.gov/ARSUserFiles/80400530/apps/2017-2018 FNDDS At A Glance - Ingredient Nutrient Values.xlsx. Lekérdezés dátuma: 2020.10.10.

USDA. (2020b). *FoodData Central*. Washington, D.C.

USDA NASS. (2020). Vegetables 2019 Summary. National Agricultural Statistics Service. Washington, D.C., USA [Online], Elérhető: https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/02870v86p/0r967m63g/sn00bf58x/vegean20.pdf Lekérdezés dátuma: 2020.10.10.

USDA NRCS. (2020). *Classification for Kingdom Plantae Down to Genus Lactuca L*. [Online], Elérhető: https://plants.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=LACTU&display=31. Lekérdezés dátuma: 2020.10.10.

VALLERO, D. A. & LETCHER, T. M. (2013). *Unraveling Environmental Disasters*. Waltham, MA, USA: Elsevier Inc. Vallero, D.A., Letcher, T.M. & Natal, B.E. (2013). Climate, Editor(s): Daniel A. Vallero, Trevor M. Letcher, Unraveling Environmental Disasters, Elsevier, 183-220 p.

Van Os, E., Blok, C., Voogt, W., & Waked, L. (2016). *Water quality and salinity aspects in hydroponic cultivation*. [Online], Elérhető: https://edepot.wur.nl/403810 Letöltve: 2020.11.21.

VÀSQUEZ, H., OUHIBI, C., LIZZI, Y., AZZOUZ, N., FORGES, M., BARDIN, M., NICOT, P., URBAN, L. & AARROUF, J. (2017). Pre-harvest hormetic doses of UV-C radiation can decrease susceptibility oflettuce leaves (*Lactuca sativa*L.) to Botrytis cinerea L. *Scientia Horticulturae*. 222: 32-39 p.

VERAIN, M. C. D., SIJTSEMA, S. J. & ANTONIDES, G. (2016). Consumer segmentation based on food-category attribute importance: The relation with healthiness and sustainability perceptions. *Food Quality and Preference*. 48: 99-106 p.

VICSEK, L. (2006). *Fókuszcsoport - Elméleti megfontolások és gyakorlati alkalmazás*. Budapest: Osiris Kiadó.

VRIES, I. M. DE. (1997). Origin and domestication of *Lactuca sativa* L. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 44: 165-174 p.

VRIES, I. M. DE & RAAMSDONK, W. D. VAN. (1994). Numerical morphological analysis of lettuce cultivars and species (Lactuca sect. Lactuca, Asteraceae). *Plant Systematics and Evolution*. 193: 125-141 p.

WANG, C., RIEDL, K. M. & SCHWARTZ, S. J. (2013). Fate of folates during vegetable juice processing - Deglutamylation and interconversion. *Food Research International*. 53(1): 440-448 p.

WARGENT, J. J., ELFADLY, E. M., MOORE, J. P. & PAUL, N. D. (2011). Increased exposure to UV-B radiation during early development leads to enhanced photoprotection and improved long-term performance in *Lactuca sativa*. *Plant, Cell and Environment*. 34(8): 1401-1413 p.

WHO. (2003). *Diet, nutrition and the prevention of chronic diseases*. Geneva, Svájc.

WHO. (2009). *Global Health Risks*. Geneva, Svájc: WHO Press.

WILLIS, C., MCLAUCHLIN, J., AIRD, H., AMAR, C., BARKER, C., DALLMAN, T., ELVISS, N., LAI, S. & SADLER-REEVES, L. (2020). Occurrence of Listeria and Escherichia coli in frozen fruit and vegetables collected from retail and catering premises in England 2018-2019. *International Journal of Food Microbiology*. 334(May): 108849 p.

WINDHORST, K. (1985). Wertewandel und Konsumentenverhalten. Ein Beitrag zur empirischen Analyse des konsumrelevanten Wertewandels in der Bundesrepublik Deutschland Taschenbuch – 1985

WRIGHT, M. (2016). Science advances in matching LED lighting to horticultural needs. *LEDs Magazine*.

WROLSTAD, R. E. & SMITH, D. E. (2017). Color Analysis. In: N. S. (ed.). Cham: Springer *Food Analysis. Food Science Text Series.* 545-555 p.

WU, X., BEECHER, G. R., HOLDEN, J. M., HAYTOWITZ, D. B., GEBHARDT, S. E. & PRIOR, R. L. (2004). Lipophilic and hydrophilic antioxidant capacities of common foods in the United States. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 52(12): 4026-4037 p.

XU, C. & MOU, B. (2015). Evaluation of lettuce genotypes for salinity tolerance. *HortScience*. 50(10):

1441-1446 p.

YAKOOT, M., HELMY, S. & FAWAL, K. (2011). Pilot study of the efficacy and safety of lettuce seed oil in patients with sleep disorders. *International Journal of General Medicine*. 4: 451-456 p.

YANAGI, T., OKAMOTO, K. & TAKITA, S. (1996). Effects of blue, red, and blue/red lights of two different PPF levels on growth and morphogenesis of lettuce plants. Acta Horticulturae. 440:117-122.

YANG, C.-M., CHANG, K.-W., YIN, M.-H. & HUANG, H.-M. (1998). Methods for the determination of the chlorophylls and their derivates. *Taiwania*. 43(2): 116-122 p.

YEH, N. & CHUNG, J. P. (2009). High-brightness LEDs-Energy efficient lighting sources and their potential in indoor plant cultivation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 13(8): 2175-2180 p.

YORIO, N. C., GOINS, G. D., KAGIE, H. R., WHEELER, R. M. & SAGER, J. C. (2001). Improving Spinach, Radish, and Lettuce Growth under Red Light-emitting Diodes (LEDs) with Blue Light Supplemantation. *HortScience*. 36(2): 380–383 p.

ZHAO, X., IWAMOTO, T. & CAREY, E. E. (2007). Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilisation and growth stage. *Journal of the science of food and agriculture*. 87: 2692-2699 p.

ZHOU, T., HARRISON, A. D., MCKELLAR, R., YOUNG, J. C., ODUMERU, J., PIYASENA, P., LU, X., MERCER, D. G. & KARR, S. (2004). Determination of acceptability and shelf life of ready-to-use lettuce by digital image analysis. *Food Research International*. 37(9): 875-881 p.

ZORATTI, L., KARPPINEN, K., ESCOBAR, A. L., HÄGGMAN, H. & JAAKOLA, L. (2014). Light-controlled flavonoid biosynthesis in fruits. *Frontiers in Plant Science*. 5: 534.

ŽUKAUSKAS, A., BLIZNIKAS, Z., BREIVE, K., NOVIĆKOVAS, A., SAMUOLIENE, G., URBONAVIĆIUTE, A., BRAZAITYTE, A., JANKAUSKIENE, J. & DUCHOVSKIS, P. (2011). Effect of supplementary pre-harvest LED lighting on the antioxidant properties of lettuce cultivars. *Acta Horticulturae*. 907: 87-90 p.

M2 melléklet: Ábrajegyzék

1. ábra: Magyarországon kiskereskedelmi forgalomban elérhető leggyakoribb salátatípusok (nem méretarányos megjelenítésben, balról jobbra: vajfej-, batávia-, jég-, római- , fodros levelű-, tölgylevelű saláta) (saját felvételek).....8

2. ábra: Elektromágneses-sugárzási spektrum (készült CLINUVEL, 2020; ISO 21348:2007; Malacara, 2011 nyomán).....13

3. ábra: A nap fotonjainak hullámhossz-eloszlása elérve a Föld légkörét és felszínét (készült Nobel, 2009, (Figure 4-5.) nyomán) 14

4. ábra: Friss saláta levelek (a) abszorpciós spektrumának (zöld vonal) összehasonlítása napfény (piros vonal) és fénycső (fekete vonal) esetében és (b) abszorpciós spektruma (forrás: Han et al., 2017) 15

5. ábra: Különböző növényi pigmentek és fotoreceptorok fényelnyelése (forrás: Nielsen, 2018).....15

6. ábra: Javasolt címke a kertészeti világítási eszközökre ((-) dimenzió nélküli arány), ahol (1) lámpa információk, (2) elektromos működésre vonatkozó jellemzők, (3) spektrális tulajdonságokra vonatkozó értékek, (4) Fotonáramsűrűség (PFD) a világítótestet jellemző hullámhosszokra lebontva (főleg PAR tartományra), (5) lámpa teljesítményére és hatékonyságára vonatkozó információk (6) az emberi látásra kiható jellemzők használat közben, (7) a LED panel hőmérséklete egy reprezentatív pontban mérve, (8)

normalizált PFD 300–900 nm hullámhossz tartományban, (9) PAR intenzitása a lámpa alatt mérve fix rögzítési magasságban (60 cm) (forrás: Both et al., 2017) 19
7. ábra: A környezeti körülmények és optimális tartományuk a saláta számára egy mesterséges megvilágítású zárt rendszerben (piros kör jelzi a környezeti tényezők közötti szignifikáns interakciót)(forrás: Ahmed et al., 2020 (8. ábra)) 21
8. ábra: A kísérlet kialakításának sémája (forrás: (Buza, 2020) (5.1.1. ábra)) 48
9. ábra: LED spektrum meghatározás folyamata spektro-radiométerrel (fotó: Hetyei Gina, 2018) 50
10. ábra: PPFD mérés során használt mérőháló, mérési pontok és a panel elhelyezkedése 60 cm-es távolságban 50%-os fényintenzitás mellett 51
11. ábra: Lágymányosi féle világítótest esetében PPFD mérés során használt mérőháló, mérési pontok és a panel elhelyezkedése 30 cm-es távolságban 100%-os fényintenzitás mellett 52
12. ábra: CIELab színtér (Forrás: Adobe, 2000)(balra); az a*, b* kromatikus diagram egy része, melyen a kroma és a színezeti szög viszonya látható (készült: Wrolstad & Smith, 2017 nyomán)(jobbra) 60
13. ábra: A szemkamerás kísérlet stimulusai: Fixációs kereszt (balra), Salátakeverékekben leggyakrabban felhasznált leveles-zölségek (jobbra) 62
14. ábra: KindLED K5 XL750 panel hullámhosszonként mért besugárzott felületi teljesítmény sűrűsége, 50%-os csatorna fényintenzitás esetén (a „fehér” összetett spektrumú) 69
15. ábra: LED-ek kiosztása a KindLED K5 XL750 panel hosszú (x) és rövid oldalának koordinátarendszerében ábrázolva (a feliratok a spektrumot jelölik) 69
16. ábra: Fotoszintetikus fotonáram sűrűség (PPFD) alakulása a hullámhossz függvényében a KindLED K5 XL750 panel esetében 70
17. ábra: Fotonáramsűrűség (PPFD) változása az A, B, C csatorna intenzitásának (%) változtatásakor a KindLED K5 XL750 panel középpontjától (mérőháló 380 mm, 462 mm pontjában) 60 cm távolságban mérve 71
18. ábra: Fotonáramsűrűség-eloszlás a KindLED K5 XL750 panel alatti területen 60 cm távolságból (bevilágított terület), PPFD mértéke a hosszú (y) és rövid (x) oldala mentén 71
19. ábra: KindLED K5 XL750 panel A, B, C csatorna 50%-os intenzitás mellett mért fotonáramsűrűség-eloszlása ajánlott (60 cm) távolság esetén (panel (szürke téglalap körvonal); A+B+C csatorna (zöld), A csatorna (vörös), B csatorna (kék) 72
20. ábra: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os fényintenzitás esetén 72
21. ábra: A Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os fényintenzitás esetén 74
22. ábra: A Lágymányosi féle LED világítórendszerre jellemző besugárzott felületi teljesítmény sűrűség, 100%-os csatorna fényintenzitás esetén (390-780 nm között) 75
23. ábra: A Lágymányosi féle LED világítórendszer fotonáramsűrűség-eloszlása (µmol/m^2/s) 100%-os intenzitás mellett, a rá jellemző LED-kiosztás (ismétlődő LED elhelyezés) alatt mérve, 30 cm távolság esetén 76
24. ábra: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED, a Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED és a Lágymányosi féle LED világítórendszerre jellemző besugárzott fotonáramsűrűség, 100%-os csatorna fényintenzitás esetén (400-700 nm hullámhossz-tartományban) 76
25. ábra: LED megvilágítások hatása a saláta átlagos lombfelszín-hőmérsékletére kezelésenként és dekádonként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napon a kezelések közötti; míg a kisbetűk, a kezelésen belül, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=21) 78
26. ábra: Átlagos levélnövekedés változása kezelésenként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik a kezelések szerint; p≤0,05; n=21) 78
27. ábra: Átlagos relatív klorofilltartalom mennyisége kezelésenként és dekádonként külön értékelve (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk az adott mérési napon a kezelések közötti; míg a kisbetűk, a kezelé sen belül, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=28) 79

28. ábra: Átlagos maximális kvantumhatékonyság mértéke dekádonként, kezelésenként (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a mérési időpontok közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=21) 80
29. ábra: A kezelések hatása az átlagos friss tömeg alakulására (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=7) 81
30. ábra: A kezelések hatása az átlagos szárazanyag mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=7) 81
31. ábra: A kezelések hatása az átlagos nitrát-mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=35) 82
32. ábra: A kezelések hatása az átlagos klorofill-a, -b, -a+b (összes) és átlagos karotin mennyiségre (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát (Tukey-HSD) jelzik; p≤0,05; n=14) 83
33. ábra: A kezelések hatása az átlagos összes polifenol tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=5) 84
34. ábra: A kezelések hatása az átlagos vas-tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15) 84
35. ábra: A kezelések hatása az átlagos kálium-tartalomra (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezelések közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15) 85
36. ábra: A kezelések hatása az átlagos foszfor-, magnézium-, kalcium-tartalomra (foszfor (P), magnézium (Mg), kalcium (Ca) tartalmak statisztikai értékelését kémiai elemenként kell értelmezni) (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15) 86
37. ábra: A kezelések hatása az átlagos szín koordinátákra és származtatott értékeikre (az L*,a*,b* értékek oszlopdiagramjain a színválasztás a tengelyek végpontjai színérzeteit szimbolizálja (ahol L* (0 - 100), a* és b* (-100 - +100) tartomány) (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=21) 87
38. ábra: Batávia salátafajták nitrát-tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6) 88
39. ábra: Vajfej salátafajták nitrát tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6) 89
40. ábra: A vizsgált salátafajták (batávia és vajfej salátatípus) nitrát mennyisége (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a fajták közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=6) 89
41. ábra: Különböző őszi szedésű salátatípusok nitrát-tartalma (az oszlopokon feltüntetett különböző nagybetűk, a kezeléskombinációk közötti szignifikáns differenciát jelzik; p≤0,05; n=15) 90
42. ábra: Az egyes salátatípusok, illetve azok eltérő színű fajtáinak FT-NIR spektroszkóppal mért átlagos abszorbanciáinak spektrumai (a kiemelt terület 5000-3900 cm^{-1} = 2000-2564 nm). 91
43. ábra: Spektrális kieső minták (kiugró értékek) keresése előkezelés nélküli főkomponens-elemzéssel (PC1=79,5%, PC2=19,5%)(n=266). A kék vonal a 95%-os konfidencia intervallumot jelzi. A kieső mintákat piros körök jelzik. 92
44. ábra: Batávia, vajfej, lollo és tölgylevelű salátatípusok mintázatfelismerési/osztályozási modellje, előkezelés nélküli LDA 30 főkomponens faktor felhasználásával. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében történt. 93
45. ábra: Fodros- és tölgylevelű salátatípusok piros és zöld levelű fajtáinak mintázatfelismerési/osztályozási modellje, előkezelés nélküli LDA 30 főkomponens faktor felhasználásával. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében 93
46. ábra: Conjoint analízis termékjellemzőinek relatív fontossága összesen és a három klaszterre vonatkozóan 98
47. ábra Az értékekjellemzők alapján létrehozott klaszterek szemmozgás paraméterei 101
48. ábra: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek fixációs gyakoriság ábrái és hőtérképei (fentről-lefelé: klaszter 1, klaszter 2, klaszter 3, klaszter 4) 102

49. ábra: Az értékszegmentálás alapján létrehozott négy klaszter Kaplan-Meier-féle túlélés elemzés ábrája, ahol az egyes résztvevőket körök jelölik és a „túlélést" a döntés meghozatala jellemzi. az x tengelyen az idő, az y tengelyen a kumulatív túlélési arány látható 103
50. ábra: A módszerek skálázott SRD értékei a módszerek konszenzusán alapulnak, a rangsorbeli különbségek összegével meghatározva. A sor maximumát (Max) referenciaként (benchmark) használtuk. A skálázott SRD értékeket az x tengelyen és a bal y tengelyen ábrázolja, a jobb oldali y tengely pedig a relatív frekvenciákat mutatja (fekete görbe). A valószínűségi szint 5% (XX1), Medián (Med) és 95% (XX19) szintén megadásra került. 105
51. ábra: A különböző salátatípusok PCA biplotja 106
52. ábra: Salátatípusok mintázatfelismerési/osztályozási modelljének random csoportosításos ellenőrzése. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében történt. 171
53. ábra: A validált becslési modell 172
54. ábra: A validált becslési modellre vonatkozó átlagos hiba megoszlása 172
55. ábra: Az SRD értékekből létrehozott doboz-bajusz ábra (Box & Whisker plot) a LOO validálást követően (leaf=lollo, romaine=római, butterhead=vajfej, crisphead=jégsaláta; red=piros, green=zöld) 175
56. ábra: Az SRD értékek agglomeratív, hierarchikus klaszteranalízise (euklidészi távolság, Ward módszer). A szaggatott vonal jelenti a klaszterek optimális számát. 176

M3 melléklet: Táblázat jegyzék

1. táblázat: A radiometriában, fotometriában és kertészeti világítástechnikában alkalmazott elektromágneses sugárzásra vonatkozó mennyiségek és mértékegységük (forrás: Sipos et al., 2020)..20
2. táblázat: Ajánlott napi tápanyag bevitel és összehasonlításként 1 gramm friss salátában és spenótban található tápanyag mennyiség. (Készült: Health Supplements Nutritional Guide, 2020;**USDA, 2020b; *Dietary Fiber Food, 2019; Kim et al., 2016 alapján) 34
3. táblázat: LED-es fénykörnyezet beállításai a saláta megvilágítási kísérletek során....47
4. táblázat: ICP-OES műszeres működési feltételei 54
5. táblázat: Hullámhosszok és a plazma emissziójának választott megfigyelés iránya....54
6. táblázat: Összes polifenol meghatározásnál vizsgált oldatok összeállítása (forrás: Abrankó et al., 2011) 56
7. táblázat: Felhasznált vegyszerek 58
8. táblázat: Felhasznált reagensek 58
9. táblázat A salátatípusok fitonutriens értékeinek komplex értékelésének bemenő táblázat az SRD értékeléshez. (A salátatípusok fitonutriens értékei (Kim et al., 2016; Liu et al., 2007)) Az utolsó oszlop az összes salátatípus alapján létrehozott elméleti legjobb fitonutriensekkel rendelkező salátatípus (maximum (szürke) értékekből jött létre)....65
10. táblázat: KindLED K5 XL750 panelben a LED-ek megoszlása hullámhossz és csatornák szerint....70
11. táblázat: A 420 LED Grow Circle Series 4 LED világítórendszerben, valamint a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint....73
12. táblázat: A Roleadro HYG05-1*200W-W COB LED világítórendszerben, illetve a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint....74
13. táblázat: A Lágymányosi féle LED világítórendszerben, valamint a teljes termesztőterület felett található összes LED mennyisége és megoszlása, hullámhossz szerint....75
14. táblázat: A kezelések közötti ΔE^*_{ab}, ΔL^*_{ab}, ΔC^*_{ab}, Δh^*_{ab} alapján kialakult különbségek 87
15. táblázat: PLS függvény statisztikai jellemzői....94
16. táblázat: Conjoint analízis termék szintjeinek hasznossági értékei a három klaszterre vonatkozóan ...99
17. táblázat: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek jellemzése (klaszterenként az első 5 legnagyobb érték színárnyalat alapján sorba rendezve (legsötétebb árnylatú a legfontosabb) 100
18. táblázat Az értékszegmentáció alapján létrejött klaszterek döntési idejének összehasonlítása (Tesztstatisztika jobb felső félmátrix, a *p* értékek bal alsó félmátrix)....103

19. táblázat: A salátatípusok rangsorolása és a véletlen rangsorolás valószínűsége 104
20. táblázat: Saláta megvilágítási kísérletek és eredményeik, Olle, M., & Viršile, A. (2013) munkája alapján kiegészített táblázat. (A megvilágítás erőssége PPF vagy PPFD értékkel, a LED-ek spektrumának leírása a csúcsi hullámhosszal került megadásra. Hőmérséklet: nappal/éjjel, nincs adat: n.a.) 153
21. táblázat: Átlagos levélhőmérséket (30. napon mérve) varianciaanalízise 161
22. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélhőmérséket (30. napon mérve)) 161
23. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélhőmérséketre (30. napon mérve átlagos) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 161
24. táblázat: Átlagos levélnövekedés (10-20. nap között) varianciaanalízise 161
25. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélnövekedés (10-20. nap között)) 161
26. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélnövekedésre (10-20. nap között) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 161
27. táblázat: Átlagos levélnövekedés (20-30. nap között) varianciaanalízise 162
28. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélnövekedés (20-30. nap között)) 162
29. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélnövekedésre (20-30. nap között) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 162
30. táblázat: Átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve) varianciaanalízise 162
31. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve)) 162
32. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 162
33. táblázat: Átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve) varianciaanalízise 162
34. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve)) 163
35. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 163
36. táblázat: Átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve) varianciaanalízise 163
37. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve)) 163
38. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 163
39. táblázat: Átlagos friss tömeg varianciaanalízise 163
40. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos friss tömeg) 163
41. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos friss tömegre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 164
42. táblázat: Átlagos szárazanyag-tartalom varianciaanalízise 164
43. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos szárazanyag-tartalom) 164
44. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos szárazanyag-tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 164
45. táblázat: Átlagos nitrát-mennyiség varianciaanalízise 164
46. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos nitrát-mennyiség) 164
47. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos nitrát-mennyiségre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 164
48. táblázat: Átlagos klorofill-a tartalom varianciaanalízise 165
49. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-a tartalom) 165
50. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-a tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 165
51. táblázat: Átlagos klorofill-b tartalom varianciaanalízise 165
52. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-b tartalom) 165

53. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-b tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 165
54. táblázat: Átlagos klorofill-a+b tartalom varianciaanalízise 165
55. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-a+b tartalom) 166
56. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-a+b tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 166
57. táblázat: Átlagos karotin tartalom varianciaanalízise 166
58. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos karotin tartalom) 166
59. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos karotin tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 166
60. táblázat: Átlagos TPC varianciaanalízise 166
61. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos TPC) 166
62. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos TPC (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 167
63. táblázat: Átlagos a^* varianciaanalízise 167
64. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos a^*) 167
65. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos a^* értékre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 167
66. táblázat: Átlagos b^* varianciaanalízise 167
67. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos b^*) 167
68. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos b^* értékre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer) 167
69. táblázat: A batávia salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0004) 168
70. táblázat: A vajfej salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0005) 168
71. táblázat: A batávia- és vajfej-salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0001)(a táblázat két részletben szerepel, ahol az első oszlop mindig a fajtakód) 169
72. táblázat: A salátatípusok közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni korrigált érték: 0,005) 170
73. táblázat: A conjoint kártyák létrehozásához használt syntax, attributumokra és faktoraikra vonatkozó része 172
74. táblázat: A conjoint elemzéshez használt kérdőív, a fogyasztók szocio-demográfiai megoszlására (%-ban kifejezve) és a döntésüket befolyásoló faktorok fontosságára (sötét→ világos) vonatkozó adatok összefoglaló táblázata klaszterenként és együttesen bemutatva 172
75. táblázat: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek szemmozgás paraméterei 175
76. táblázat: Az ismeretlen rangsor páronkénti szignifikáns különbségeinek (félkövér, ($p<0,05$) összevetése Sign próbával az SRD LOO értékek alapján (p-értékek és Z-értékek) 176
77. táblázat: A változók koszinusz négyzete (A félkövér betűvel szedett értékek megfelelnek azon változóknak, ahol a legnagyobb négyzet koszinusszal rendelkeztek a faktorok esetében) 176

M4 melléklet: Saláta megvilágítási kísérletek és eredményeik

20. táblázat: Saláta megvilágítási kísérletek és eredményeik, Olle, M., & Viršile, A. (2013) munkája alapján kiegészített táblázat. (A megvilágítás erőssége PPF vagy PPFD értékkel, a LED-ek spektrumának leírása a csúcsi hullámhosszal került megadásra. Hőmérséklet: nappal/éjjel, nincs adat: n.a.)

Hullám-hossz	Megvilágítás paraméterei	Növény	Produkcióbiológiai hatás	Forrás
UV (UV-A (315-380 nm), UV-B (280-315 nm))	UV-A LED-ek 373 nm (18±2 µmol/m^2/s) a hideg fehéret (F72T12 CW/VHO Philips) kiegészítve. átlagos PPFD mindegyik kezelésnél (canopy level): 300 µmol/m^2/s, 16 h, 25/20 °C	Baby leaf saláta 'Red Cross'	Antocianinok koncentrációja 11%-kal nőtt.	(Li & Kubota, 2009)
	üvegházi kontroll, +UV-A (320-400 nm), + UV-A + UV-B (290-320 nm). (λ, PPFD: n.a.)	Zöld: 'Black-Seeded Simpson', 'Concept', Crisp and Green', 'Two Star', 'Marin', 'Envy', 'Simpson Elite', 'Waldmann's DG' Vörös: 'Black Jack', 'Galactic', 'Impuls', 'Lollo Rossa', 'New Red Fire', 'Rave', 'Red Sails', 'Vulcan'	Zöld levelű fajtákban serkentette, míg a vörös levelű fajtákban csökkentette a karotinoidok (neoxanthin, lutein, β-karotin) valamint a klorofill-a és -b mennyiségét.	(Caldwell & Britz, 2006)
	UV-A UV-B (kb 280-400 nm) tartományban teljesen-, részben áteresztő, blokkoló fóliák alkalmazása. (PPFD: n.a.)	piros levelű tépősaláta	A saláta tömegének csökkenése, az antioxidáns-kapacitás, a fenol-tartalom, a flavonoid-, cianidin-glikozid-, quercetin-glikozid (ami a vörös levelekben tízszer magasabb volt, mint a zöldekben), luteolin, kávésav koncentrációjának emelkedése.	(García-Macías et al., 2007)
	UV filterek (Tefzel/teflon (+UV-A, +UV-B; 10% áteresztés 245 nm alatt), poliészter (+UV-A, -UV-B; 10% áteresztés 319 nm-en), Llumar (-UV-A, -UV-B; 10% áteresztés 399 nm-en) fólia) átlagos összes PPF 33,3-35,6 mol/m^2/nap	'New Red Fire'	Biomassza növekedése, flavonoid-, antocianin-tartalom csökkenése és kevésbé vörösödő levelek UV-B továbbá UV-A nélkül. Tefzel/teflonhoz képest a Llumar alatt szignifikánsan alacsonyabb klorofill-a tartalom.	(Krizek et al., 1998)

UV (UV-A (315-380 nm), UV-B (280-315 nm))	Szaporítás során használt filterek (általános fólia 'standard' (PAR 93%, 400 nm-től 90%-ról 350 nm-ig 10%-ra, <300 nm ~0%, (UV-A ~50%, UV-B <5%)), UV-B szűrő 'UV-transparent' (290-400 nm 80%, PAR 94%, UV-A 90%), UV-A szűrő 'UV-opaque' (PAR 95%, UV-A 10%, UV-B 0%)). UV összehasonlító vizsgálatoknál: UV besugárzás (10 kJ/m^2/nap) palánták esetében.	’Challenge' csíranövények és palánták	UV-B szűrés hatására a 2. lomblevél mérete (levélterület, -hosszúság, -szélesség, -vastagsága) és biomassza mennyisége szignifikánsan csökkent az UV-A szűréséhez képest. A kifejlett salátafejek friss tömege szignifikánsan magasabb volt a többi növényhez képest, azoknál a fejeknél, amelyeket UV-B szűrő alatt neveltek palántává. UV összehasonlítás: Az összes száraz tömeg és levélfelület jelentősen alacsonyabb volt az UV alatt nevel, mint az UV-t nem kapó csíranövények esetében, ez a különbség a 2. lomblevél megjelenését követő 10. napra, a végső szedésre lecsökkent. A végső szedési eredmény azt mutatta, hogy az UV-val kezelt növények nettó fotoszintézise, levélvastagsága és abszolút növekedési aránya szignifikánsan nagyobb volt, mint az UV-t nem kapott növényeké.	(Wargent et al., 2011)
	644-889 µmol/m^2/s mellett UV280, 320,350,370,380,400 szűrők alkalmazása. Szűrőtől függően PAR áteresztése 79-86%, UV áteresztése 0-81%.	piros levelű tépősaláta ‘Revolution’	Az UV370-UV400 szűrés esetén a szárazanyag és a levélszám emelkedett, ugyanakkor az antocianin, flavonoid és összes fenol mennyisége csökkent. Minden esetben az UV280 fólia alatti növényekben volt a legmagasabb a mért komponensek mennyisége, ami az UV-A és UV-B jelenlétének eredménye.	(Tsormpatsidis et al., 2008)
	RGB (11-4-3 chipek) LED kiegészítve: UV-A (352 nm, 3,7 W), UV-B (306 nm, 4,2 W) vagy UV-C (253,7 nm 7,5 W) LED-ekkel.	vörös levelű ’Hongyeom’	UV-A: A 6. napra megemelkedett a hajtások friss- és száraztömege. A TPC mennyisége, az összes-antocianin koncentráció és PAL aktivitás a 3. napra, míg az összes antocianin koncentráció a 4. napra nőtt meg. A PAL génexpresszió a 4. nap után változott pozitívan. UV-B: Csökkent Fv/Fm arány, hajtások friss- és száraztömege. Emelkedett a TPC, antocianin kapacitás a 2. napra, valamint a PAL aktivitás a 3. napra. UV-C: csökkent Fv/Fm arány, hajtások friss- és száraztömege.	(Lee et al., 2014)
Kék fény (425-490 nm)	Kék LED-ek 476 nm (130 µmol/m^2/s) a hideg fehéret kiegészítve.	Baby leaf saláta ‘Red Cross’	Az antocianinok-koncentráció 31%-kal, a karotinoidok koncentrációja 12%-kal nőtt.	(Li & Kubota, 2009)
	Fehér 544 nm (150 µmol/m^2/s) fénycső kiegészítve éjszakai megvilágítással: UV-B 306 nm (0,5 W/m^2), UV-A, 359 nm (9,5 W/m^2), kék 454 nm (60 µmol/m^2/s), vörös 659 nm (60 µmol/m^2/s)	vörös levelű: '*Banchu red fire*', zöld levelű: 'Green wave', vajfej saláta: 'Okayama-saradana'	Vörös levelű saláták esetén a LsFLS gén expressziója és a quercetin mennyisége a kék+UV-B együttes hatására volt a legmagasabb. A qiercetin mennyisége a zöld levelű salátákban is szignifikánsan magasabb volt.	(Ebisawa et al., 2008a)

Kék fény (425-490 nm)	Nappal 10 óra/nap: PPFD 150 µmol/m^2/s, monokromatikus FL fény éjszakai kiegészítő megvilágítás 306 nm (UV-B), 359 nm (UV-A), kék 454 nm (45 µmol/m^2/s), zöld 544 nm (60 µmol/m^2/s), vörös 659 nm (45 µmol/m^2/s), távoli vörös 749 nm (43,5 µmol/m^2/s). Éjjel 14 óra/nap: kék (120 µmol/m^2/s), 60 µmol/m^2/s UV-B (0,3-1 W/m^2), UV-A (2,5-8,1 W/m^2)	vörös levelű 'Banchu red fire'	Kék+UV-B hatására nőtt az antocianin mennyisége. Az idősebb korban besugárzott növényekben magasabb volt a mennyisége.	(Ebisawa et al., 2008b)
	Kék + fehér (R23:G34:B43, csúcs 460 nm, PPFD 178 ± 30 µmol/m^2/s), kék + vörös (R60:G0:B40, csúcsok 460 és 635 nm, PPFD 187 ± 34 µmol/m^2/s), fehérhez viszonyítva (R32:G48:B20, csúcsok 460 és 582 nm, PPFD 180 ± 33 µmol/m^2/s)	'Outredgeous'	Kisebb növényméret, magasabb tápanyagmennyiség. A kék+fehér a levélszövetekben magasabb K koncentrációt eredményezett. A kék+vörös a lutein felhalmozódást segítette.	(Mickens et al., 2018)
	Kék (468 nm), illetve vörössel (655 nm) kombinált LED-ek. Összes PPFD ~100 µmol/m^2/s.	Vörös levelű tépősaláta magoncok 'Banchu Red Fire'	Magasabb polifenol- és összes antioxidáns tartalom.	(Johkan et al., 2010)
	Kék 440 nm (30 µmol/m^2/s) és vörös LED-ek kombinációja 640 nm (270 µmol/m^2/s).	Vörös levelű tépősaláta 'Outeredgeous'	Levélnövekedés, illetve magasabb antocianin koncentráció, valamint antioxidáns potenciál.	(Stutte et al., 2009)
	Vörös 655 nm, zöld 518 nm, kék 456 nm (PPFD 173 ± 3 µmol/m^2/s), (R:B=9:1, 8:2, 7:3; R:G:B = 9:1:0, 8:1:1, 7:1:2)	'Sunmang'; 'Grand Rapid TBR'	A kék fény az antioxidánsok felhalmozódásához vezetett a 'Sunmang' fajtában.	(Son & Oh, 2015)
Zöld fény (490-550 nm)	Zöld LED-ek 510, 520, 530 nm (PPFD 100, 200, 300 µmol/m^2/s)	Vörös levelű tépősaláta 'Banchu Red Fire'	A nagyintenzitású (300 µmol/m^2/s) zöld LED-del történő megvilágítás pozitív hatással volt a saláta növekedésére (a fénycsőhöz viszonyítva); 510 nm LED-es megvilágítás volt a leghatékonyabb.	(Johkan et al., 2012)
	Zöld LED-ek 530 nm (30 µmol/m^2/s) HPS (170 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban.	Baby leaf saláta: vörös: 'Multired 4', zöld: 'Multigreen 3'; világos zöld levelű: 'Multiblond 2'	A nitrátkoncentráció csökkenése és a szacharid-tartalom növekedése az összes baby leaf salátafajtában.	(Samuoliene et al., 2012a)

Zöld fény (490-550 nm	Zöld LED-ek 510 nm, 524 nm, 532 nm (PPF 100, 200, 300µmol/m2/s; kivéve 532 nm, ahol a maximum 260 µmol/m^2/s volt), 24 órás besugárzás.	'Banchured Fire'	510 nm volt a növények szöveteire a legnagyobb hatással. Antocianin alakult ki a levelekben, ami alacsonyabb volt PPF 300 esetében, mint PPF 100 esetében, míg PPF>400 esetében az antocianin képződést olyan volt, mint a fénycső esetében. A fenolpropanoid útvonalra stimuláló hatással volt a zöld fény.	(Johkan et al., 2012)
	Zöld LED-ek 505 nm, 535 nm (30 µmol/m^2/s) HPS (170 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban.	Baby leaf saláta: vörös: ’Multired 4’, zöld: ’Multigreen 3’; világos zöld levelű: ’Multiblond 2’	Az 535 nm-es zöld LEDek több pozitív hatást gyakoroltak az aszkorbinsav-, tokoferol-tartalomra és a DPPH szabadgyökfogó-kapacitásra, míg az 505 nm-es LEDek az összes fenol- és antocianin-tartalomra voltak nagyobb hatással.	(Samuoliene et al., 2012b)
	Zöld LED-ek 530 nm + vörös 660 nm és kék 460 nm LED-ek 24 vagy 48 órás folyamatos megvilágítás esetén. PPFD 200 µmol/m^2/s. R:B 4:1 és 1:1 arány, vagy R:B:G 4:1:1 és 1:1:1 arány.	vajfej saláta	A nitrát- és nitrit-reduktázokhoz kapcsolódó génexpresszió és a nitrát asszimilációs enzimaktivitásra befolyással van a fény spektrális összetétele, valamint a folytonos megvilágítás hossza. A hozzáadott zöld fény a glutamát-szintáz és a glutamin-szintetáz aktivitást is szignifikánsan növelte. A nitrát mennyisége a zöld fény hatására 24 óra alatt mindkét fény-arány esetében jelentősen csökkent, míg 48 óra alatt csak a R:B:G 4:1:1 esetében volt jelentős a különbség, habár a nitrát- és nitrit-reduktázok mennyiségének emelkedése nem volt szignifikáns.	(Bian et al., 2018a)
	Zöld LED-ek 530 nm + vörös 660 nm és kék 460 nm LED-ek 48 órás folyamatos megvilágítás esetén. PPFD 200 µmol/m^2/s. R:B 4:1 és 1:1 arány, vagy R:B:G 4:1:1 és 1:1:1 arány.	vajfej saláta	A több, mint 24 órás megvilágítás csökkenti a fotoszintetikus aktivitást, viszont a zöld kiegészítő megvilágítás elősegítette az antioxidatív enzimek aktivitását, ami ellensúlyozta ezt a negatív hatást. Segítette a karbonfixációhoz szükséges elektron transzportot, így a saláta növekedést is. A zöld fény képes fokozni a PsbA génexpressziót, mikor a linkomicin akadályozza a PSII helyreállítását a D1 fehérjeszintézis gátlásával. A zöld fénynek a fénystressz ideje alatt jelentős szerepe van a fotoszintézis elősegítésében.	(Bian et al., 2018b)
Vörös fény (600-700 nm)	Vörös 655 nm, zöld 518 nm, kék 456 nm (PPFD 173 ± 3 µmol/m^2/s), (R:B=9:1, 8:2, 7:3; R:G:B = 9:1:0, 8:1:1, 7:1:2)	‘Sunmang’; ‘Grand Rapid TBR'	Vörös és kék LED-ek kombinációja elősegítette a saláta növekedést (hajtások és gyökerek friss- és száraz tömege, levélterület). A kék LED zölddel történő helyettesítésekor, miközben a vörös LED-ek száma nem változott, fokozódott a salátanövekedése. A vörös levelű saláta hajtásainak friss tömege R8G1B1 arány esetén 61%-kal magasabb volt, mint R8B2 esetén.	(Son & Oh, 2015)

Vörös fény (600-700 nm)	Vörös 664 nm, zöld 526 nm, kék 449 nm, meleg fehér 639 nm LED-ek PPFD: 180 µmol/m^2/s: R180, B20R160, B60R120, B100R80; G60R120, B20G60R100, B60G60R60, B100G60R20	tölgylevelű 'Rouxai'	A kék fényarány emelésével csökkent a biomassza mennyisége. A zöld fény hatása függ a kék fény mennyiségétől, alacsony (B20) esetén emelkedett volt a friss tömeg, de a száraz tömegre nem volt hatása. A levelek szélessége a kék fény hatására csökkent, de B100 mellett a zöld fény hatására nőtt.	(Meng et al., 2020)
	HPS, fémhalogén lámpák összehasonlítása, PPF 200, 500 µmol/m^2/s, sárga (580-600 nm) 19-32 %-a 320-700 nm tartománynak, kék (0, 2, 6 %-a HPS és 6, 12, 26 %-a fémhalogén lámpának)	’Grand rapids'	A sárga fény aránya magyarázta egyedül a két lámpa hatásának különbözőségét. A klorofill és kloroplaszt képződést elnyomja.	(Dougher & Bugbee, 2001)
	30x30 cm^2 LED panel (63 LED) csatornánként külön szabályozható, ibolya (402 nm), kék (450 nm), zöld (520 nm), sárga (590 nm), vörös (660 nm), FR (850 nm) PPFD: 98-105 µmol/m^2/s	’Youmaicai’	A sárga fény megvonásakor jelentősen emelkedett a klorofill-a és -b tartalom. A karotinoidok mennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint a zöld vagy lila kizárásakor, de a teljes spektrum alkalmazásához képest alacsonyabb maradt a kísérlet végére (25 nap). A kísérlet végére növények magassága, a levelek hossza és a friss tömeg szignifikánsan elmaradt a zöld vagy a sárga fény megvonásakor a többi kezeléshez képest. Az oldható cukor mennyisége emelkedett a sárga fény kizárásakor, míg a lila fény kizárásakor csökkent.	(Liu et al., 2018)
	Vörös 664 nm, zöld 526 nm, kék 449 nm, távoli vörös 733, meleg fehér (WW) és kiegyenlített fehér (EQW) 559 nm (6500 K). TPFD: 180 µmol/m^2/s: B60R120, B40G20R120, B20G40R120, G60R120, B40R120FR20, B20R120FR40, R120FR60, B20G20R120FR20, WW180, EQW180.	tölgylevelű 'Rex', 'Rouxai’	A kék helyett zöld vagy távoli vörös fény hatására a levélnövekedés és a hajtástömeg fokozódott, ugyanakkor a klorofill mennyisége csökkent. A kék helyett zöld fény alkalmazása esetén a saláta vörösödése csökkent, ennél jóval kevésbé színesedett a saláta távoli vörös fény hatására.	(Meng et al., 2019)
	Nyolc kombináció: R (625 nm), B (465 nm, 0, 10, 20 and 30%) and G (525 nm, 0 and 10%) LED-ek. 150 ± 15 µmol/m^2/s.	’Green Skirt’	80% R/20% B arány esetén fokozódott fotoszintézis. A hozzáadott zöld vagy megvont kék fény hatására csökkent a fotoszintézis mértéke. Több kék fény hatására csökkent a levélméret és a salátanövekedés.	(Kang et al., 2016)

Vörös fény (600-700 nm)	Vörös és kék LED (RB), zöld fénycső (G), RB+G, hideg fehér fénycső (W); PPF: 150±12,7 µmol/m^2/s, B:R arány 0,2 (RB), 2,5 (G), 0,3 (RB+G), 0,6 (W) Fotoperiódus 18 óra	‘Waldmann’s Green’	Levélterületben szignifikánsan különböztek egymástól, legmagasabb volt a RB+G esetében. A sztóma konduktivitás az RB+G növényekben kisebb volt, mint a W, a szárazanyag felhalmozódása nagyobb volt, ami arra utal, hogy a sztóma konduktivitás nem korlátozza a szén asszimilációját ilyen spektrális környezetben. A W alatt 23 napig termesztett növények spektrumminőségének ideiglenes (24 óra) megváltoztatása visszafordíthatóan befolyásolta a sztóma válaszreakciókat.	(Kim et al., 2004a)
	Vörös LED-del (658 nm, 130 µmol/m^2/s) hideg fehér kiegészítve.	Baby leaf saláta 'Red Cross'	Fenolos vegyületek koncentrációja 6%-al nőtt a kiegészítő vörös fény hatására.	(Li & Kubota, 2009)
	Vörös LED-ek 638 nm (~500 µmol/m^2/s) HPS (130 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban, 3 nappal a betakarítás előtt.	‘Grand rapids’	Csökkent nitrát koncentráció.	(Samuoliene et al., 2009)
	Vörös LED-ek 638 nm (~170 µmol/m^2/s) HPS (130 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban, 3 nappal a betakarítás előtt.	zöld tépősaláta ‘Lolo Bionda’, ‘Grand rapids’, vörös tépősaláta ‘Lolo rosa’.	Fokozódott DPPH szabadgyökfogó-kapacitás. Megnövekedett fenolos vegyület- és α-karotin tartalom.	(Žukauskas et al., 2011)
	Vörös LED-ek 638 nm (210 µmol/m^2/s) HPS (130 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban, 3 nappal a betakarítás előtt.	Baby leaf saláta zöld ‘Thumper’ és ‘Multibaby’	Magasabb az összes fenolos-vegyület (28,5%), tokoferolok (33,5% a ‘Multibaby’ fajtában), cukrok (52,0%) koncentrációja és az antioxidáns kapacitás (14,5%) de az aszkorbinsav koncentráció csökkent.	(Samuoliene et al., 2012c)
	Vörös 638-nm LED-ek (300 µmol/m^2/s) HPS (90 µmol/m^2/s) mellé kiegészítésként a természetes fénnyel megvilágított üvegházban, 3 nappal a betakarítás előtt.	Baby leaf saláta: ’Multired 4’, ’Multigreen 3’, ’Multiblond 2’	Csökkent a nitráttartalom a vörös (56,2%) és a zöld (20,0%) levelű salátában, de nőtt a világoszöld levelű tépő salátában.	(Samuoliene et al., 2011)
	Vörös 660 nm LED-ek a kék 450 nm kiegészítésére. Kék és vörös LEDek külön-külön, valamint vörös/kék fénycső került felhasználásra. PPF kék: 171,4; 84,7 µmol/m^2/s; vörös: 172,2; 88,1 µmol/m^2/s; kék/vörös: 174,2; 89,2 µmol/m^2/s.	'Okayama-saradana'	A vörös fényen nevelt növények több levéllel rendelkeztek, mint a kék alatt neveltek, ám elmaradtak a vörös és kék fény alatt neveltektől. A magasabb PPF szinten nevelt növények száraz tömege magasabb volt, mint az alacsonyabb PPF szinten nevelteké.	(Yanagi et al., 1996)

Vörös fény (600-700 nm)	Vörös fény 660 nm LED összehasonlítva azonos PPF szintű hideg fehér fénycsővel illetve kiegészítve 10% kék fénnyel 400-500 nm (30 µmol/m^2/s)	'Waldmann's green'	A vörös fény önmagában alkalmatlan a saláta megfelelő növekedéséhez. A fénycső hatására a növények magasabb fotoszintetikus rátával és a sztómák vezetőképessége magasabb volt, mint a vörös fény alatt a kék fénytől függetlenül. A szárazanyagmennyisége szignifikánsan alacsonyabb volt a csak vörös fény alatt nevelt növényeknek a többihez képest.	(Yorio et al., 2001)
Távoli vörös fény (700-740 nm)	Távoli vörös és vörös LED-ek kombinációja 730 nm (20 µmol/m^2/s), 640 nm (300 µmol/m^2/s)	Vörös levelű tépősaláta 'Outeredgeous'	Csökkent antocianin-tartalom és antioxidáns potenciál. Emelkedett össz-biomassza termelés, levélmegnyúlás.	(Stutte et al., 2009)
	Távoli vörös LED-ek 734 nm (160 ±5 µmol/m^2/s) a hideg fehér kiegészítve.	Baby leaf saláta 'Red Cross'	Csökkent antocianinok és karotinoidok koncentrációja 40-, illetve 11%-kal, a kontrol, fehér fénycsőhöz képest. A klorofill koncentráció 14%-kal csökkent a fehér fénycsőhöz képest. A friss-(28%), a száraztömeg (15%), szárhosszúság (14%), levélhossz (44%) és szélesség (15%) szignifikáns különbséget mutatott a fénycsőhöz képest.	(Li & Kubota, 2009)
	Távoli vörös 735 nm kiegészítő megvilágítás a vörös 650 nm és kék 440 nm LED mellé. Ahol a kék:vörös arány minden esetben 2:8 és csak a vörös:távoli vörös arány változott (0,7; 1,2; 4,1; 8,6). PPFD 130 ± 4 µmol/m^2/s.	Vörös levelű tépősaláta 'Sunmang'	A fenolos vegyületek, antioxidáns aktivitás, klorogénsav és koffeinsav mennyisége magasabb volt a salátákban az alacsonyabb B+R/FR aránykor (0,7 és 1,2), mint a kontrol B+R esetében, mikor nem alkalmaztak kiegészítő távoli vörös megvilágítást. A kiegészítő távoli vörös megvilágítás elősegítette a növények növekedését.	(Lee et al., 2016)
	W (135 µmol/m^2/s) LED és W (105 µmol/m^2/s) LED kiegészítve FR (850 nm), R (660 nm), Y (596 nm), G (522 nm), B (450 nm) LED-ekkel, ahol külön-külön mindegyik PPFD értéke 30 µmol/m^2/s.	zöld tölgylevelű saláta	WFR: Emelkedett hajtás/gyökér arány és C-vitamin tartalom. Csökkent friss hajtástömeg, biomassza és pigment tartalom. WR: Emelkedett friss hajtástömeg, klorofill és karotinoid tartalom. WY: Emelkedett nitrát-tartalom. Csökkent klorofill-tartalom és oldható cukor mennyiség. WG: Csökkent nitrát-tartalom, emelkedett oldható cukor mennyiség. WB: Emelkedett friss hajtástömeg, klorofill- és karotinoid tartalom, csökkent nitrát-tartalom.	(Chen et al., 2016)

Vörös : kék arány	Vörös:kék LED arány vizsgálata (R:B=1/2, 1, 2, 3, 4), FL (R:B=1). PPFD 215 µmol/m^2/s. Kék (400-500 nm), vörös (600-700 nm)	saláta n.a.	Csökkenő sorrendben az eredmények (szignifikánsan nem különböznek). Friss tömeg: 3, 4, 2, (1 LED, 1 FL), 1/2; Száraz tömeg: (3, 4), 2, 1 LED, 1 FL, 1/2; Levélterület: 1 FL, (4, 3, 2), (1 LED, 1/2); Sztómaméret: 4, 3, (2, 1 LED), 1/2, 1 FL; Sztómasűrűség: (1/2, 1 LED, 1 FL), (2, 3), 4; Sztóma-konduktivitás: (1/2, 1 LED, 1 FL), (2, 3, 4); Klorofilltartalom: 3, (1/2, 1 LED, 2, 4), 1 FL; Flavonoidok: (2, 3), (4, 1 LED, 1/2, 1 FL)	(Pennisi et al., 2019b)
	PPFD 210 µmol/m^2/s vörös (660 nm) és kék (454 nm) LED, vörös+kék+fehér (500-600 nm) LED, fénycső. 16h fotoperiódus	vajfej saláta 'Boston'	Nitrát mennyisége a RB növényekben szignifikánsan magasabb volt, de a RBW salátákban volt a legalacsonyabb. Oldható cukor RBW, FL, RB. A klorofill-, karotinoid- és oldható fehérje tartalom különbség nem volt szignifikáns. Vörös+kék+fehér LED alatt nőtt saláták friss levéltömege szignifikánsan magasabb volt, a több kezeléshez képest, száraz tömege azonban nem. Vörös+kék fény alatt nevelt növények levélterülete szignifikánsan alacsonyabb volt a többi kezeléshez képest. Klorofill és karotinoid mennyiségében nem volt szignifikáns különbség.	(Lin et al., 2013)
PPFD	100, 150, 200, 250, 300 µmol/m^2/s, kék (465 nm) és vörös (669 nm), R:B=3	’Gentilina'	250 PPFD szint legmagasabb klorofill szint, sztóma-vezetőképesség, sztómasűrűség (nem tér el 200) sztómaméret (nem tér el 300); nem tér el 200,300: FRAP, fenol, összes-flavonoid	(Pennisi et al., 2020)

M5 melléklet: Eredményekben részletezett ábrák és táblázatok

21. táblázat: Átlagos levélhőmérséket (30. napon mérve) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	30,1702	6,0340	36,5664	**< 0,0001**
Error	120	19,8019	0,1650		
Corrected Total	125	49,9721			

Computed against model Y=Mean(Y)

22. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélhőmérséket (30. napon mérve))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	43,1014	5	55,21699	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	36,5664	5	69,1277	**< 0,0001**

23. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélhőmérséketre (30. napon mérve átlagos) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups			
30. nap 4. kezelés	21,6952	A			
30. nap 8. kezelés	21,0952		B		
30. nap 2. kezelés	20,8571		B	C	
30. nap 3. kezelés	20,6810			C	
30. nap 7. kezelés	20,5952			C	
30. nap 1. kezelés	20,0952				D

24. táblázat: Átlagos levélnövekedés (10-20. nap között) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	20,101	4,020	4,179	**0,004**
Error	36	34,629	0,962		
Corrected Total	41	54,730			

Computed against model Y=Mean(Y)

25. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélnövekedés (10-20. nap között))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	3,231	5	16,66023	**0,032**
Browne-Forsythe F-ratio	4,179	5	30,28189	**0,005**

26. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélnövekedésre (10-20. nap között) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups	
1.kezelés	4,071		B
2.kezelés	3,786		B
4.kezelés	3,600	A	B
3.kezelés	3,286	A	B
5.kezelés	2,500	A	B
6.kezelés	2,143	A	

27. táblázat: Átlagos levélnövekedés (20-30. nap között) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	34,815	6,963	5,774	**0,001**
Error	36	43,414	1,206		
Corrected Total	41	78,230			

Computed against model Y=Mean(Y)

28. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos levélnövekedés (20-30. nap között))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	12,627	5	16,16915	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	5,774	5	26,53655	**0,001**

29. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos levélnövekedésre (20-30. nap között) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups	
5.kezelés	4,429		B
6.kezelés	4,357		B
3.kezelés	3,857	A	B
2.kezelés	3,286	A	B
1.kezelés	2,357	A	
4.kezelés	2,100	A	

30. táblázat: Átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	332,7146	66,5429	7,3317	**< 0,0001**
Error	162	1470,3225	9,0761		
Corrected Total	167	1803,0371			

Computed against model Y=Mean(Y)

31. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	6,3490	5	75,47649	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	7,3317	5	156,4399	**< 0,0001**

32. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos SPAD érték változásra (20. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
20. nap 5. kezelés	25,1821	A		
20. nap 3. kezelés	24,1571	A		
20. nap 4. kezelés	23,6786	A	B	
20. nap 6. kezelés	23,6571	A	B	
20. nap 2. kezelés	21,6571		B	C
20. nap 1. kezelés	21,1429			C

33. táblázat: Átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	0,001	0,000	5,774	**< 0,0001**
Error	120	0,004	0,000		
Corrected Total	125	0,005			

Computed against model Y=Mean(Y)

34. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	4,636	5	55,23852	**0,001**
Browne-Forsythe F-ratio	5,774	5	91,35285	**0,000**

35. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (10. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
10. nap 3. kezelés	0,806	A		
10. nap 4. kezelés	0,805	A	B	
10. nap 1. kezelés	0,804	A	B	
10. nap 2. kezelés	0,802	A	B	C
10. nap 6. kezelés	0,800		B	C
10. nap 5. kezelés	0,798			C

36. táblázat: Átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve) varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	0,0009	0,0002	4,1671	**0,0016**
Error	120	0,0053	0,0000		
Corrected Total	125	0,0062			

Computed against model Y=Mean(Y)

37. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve))

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	5,4080	5	55,00459	**0,0004**
Browne-Forsythe F-ratio	4,1671	5	90,54933	**0,0019**

38. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos maximális kvantumhatékonyság változásra (20. napon mérve) (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
20. nap 6. kezelés	0,8060	A		
20. nap 5. kezelés	0,8057	A	B	
20. nap 4. kezelés	0,8047	A	B	C
20. nap 3. kezelés	0,8041	A	B	C
20. nap 1. kezelés	0,7999		B	C
20. nap 2. kezelés	0,7992			C

39. táblázat: Átlagos friss tömeg varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	53221,9552	10644,3910	22,4348	**< 0,0001**
Error	36	17080,5588	474,4600		
Corrected Total	41	70302,5139			

Computed against model Y=Mean(Y)

40. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos friss tömeg)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	24,7310	5	16,491511	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	22,4348	5	27,139708	**< 0,0001**

41. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos friss tömegre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
2.kezelés	248,6586	A		
1.kezelés	210,3300		B	
3.kezelés	209,3529		B	
4.kezelés	179,1080		B	C
5.kezelés	152,7029			C
6.kezelés	146,7260			C

42. táblázat: Átlagos szárazanyag-tartalom varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	20,1448	4,0290	34,4549	**< 0,0001**
Error	36	4,2096	0,1169		
Corrected Total	41	24,3544			

Computed against model Y=Mean(Y)

43. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos szárazanyag-tartalom)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	61,6494	5	16,68353	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	34,4549	5	11,68122	**< 0,0001**

44. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos szárazanyag-tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups	
4.kezelés	4,8581	A	
1.kezelés	4,8247	A	
3.kezelés	4,7448	A	
2.kezelés	4,7034	A	
5.kezelés	3,5196		B
6.kezelés	3,1505		B

45. táblázat: Átlagos nitrát-mennyiség varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	1952941,070	390588,214	8,132	**< 0,0001**
Error	204	9798567,601	48032,194		
Corrected Total	209	11751508,671			

Computed against model Y=Mean(Y)

46. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos nitrát-mennyiség)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	11,317	5	94,586276	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	8,155	5	179,33296	**< 0,0001**

47. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos nitrát-mennyiségre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
1.kezelés	2596,200	A		
2.kezelés	2590,680	A		
4.kezelés	2552,446	A	B	
3.kezelés	2526,191	A	B	
5.kezelés	2414,486		B	C
6.kezelés	2333,749			C

48. táblázat: Átlagos klorofill-a tartalom varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	585,1630	117,0326	14,5544	**< 0,0001**
Error	78	627,2032	8,0411		
Corrected Total	83	1212,3662			

Computed against model Y=Mean(Y)

49. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-a tartalom)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	14,8007	5	35,78346	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	14,5544	5	42,5938	**< 0,0001**

50. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-a tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
5.kezelés	18,2126	A		
6.kezelés	14,7996		B	
4.kezelés	14,7552		B	
3.kezelés	12,8372		B	C
2.kezelés	10,8037			C
1.kezelés	10,5395			C

51. táblázat: Átlagos klorofill-b tartalom varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	109,5569	21,9114	11,2631	**< 0,0001**
Error	78	151,7428	1,9454		
Corrected Total	83	261,2997			

Computed against model Y=Mean(Y)

52. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-b tartalom)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	12,3530	5	35,88592	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	11,2631	5	44,62108	**< 0,0001**

53. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-b tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
5.kezelés	8,8069	A		
4.kezelés	7,6467	A	B	
6.kezelés	7,5241	A	B	
3.kezelés	6,8531		B	C
1.kezelés	5,7158			C
2.kezelés	5,5176			C

54. táblázat: Átlagos klorofill-a+b tartalom varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	1189,7111	237,9422	13,5484	**< 0,0001**
Error	78	1369,8690	17,5624		
Corrected Total	83	2559,5801			

Computed against model Y=Mean(Y)

55. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos klorofill-a+b tartalom)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	14,0941	5	35,80845	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	13,5484	5	42,98006	**< 0,0001**

56. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos klorofill-a+b tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups		
5.kezelés	26,9530	A		
4.kezelés	22,3478	A	B	
6.kezelés	22,2696		B	
3.kezelés	19,6432		B	C
2.kezelés	16,2817			C
1.kezelés	16,2165			C

57. táblázat: Átlagos karotin tartalom varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	21,5750	4,3150	12,6392	**< 0,0001**
Error	78	26,6290	0,3414		
Corrected Total	83	48,2039			

Computed against model Y=Mean(Y)

58. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos karotin tartalom)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	12,1233	5	36,17065	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	12,6392	5	57,14183	**< 0,0001**

59. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos karotin tartalomra (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups			
5.kezelés	3,7024	A			
4.kezelés	3,1974	A	B		
6.kezelés	3,0766	A	B	C	
3.kezelés	2,7584		B	C	D
2.kezelés	2,4365			C	D
1.kezelés	2,1628				D

60. táblázat: Átlagos TPC varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	1767,0922	353,4184	173,0473	**< 0,0001**
Error	30	61,2697	2,0423		
Corrected Total	35	1828,3619			

Computed against model Y=Mean(Y)

61. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos TPC)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	237,1112	5	13,76553	**< 0,0001**
Browne-Forsythe F-ratio	173,0473	5	17,79591	**< 0,0001**

62. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos TPC (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups			
2.kezelés	101,9098	A			
1.kezelés	101,1110	A			
6.kezelés	96,9185		B		
5.kezelés	88,7862			C	
3.kezelés	86,5225			C	D
4.kezelés	84,3569				D

63. táblázat: Átlagos a* varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	69,3781	13,8756	2,6011	**0,0285**
Error	120	640,1319	5,3344		
Corrected Total	125	709,5099			

Computed against model Y=Mean(Y)

64. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos a*)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	2,4345	5	55,73983	**0,0458**
Browne-Forsythe F-ratio	2,6011	5	104,2597	**0,0293**

65. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos a* értékre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups	
5.kezelés	-4,7562	A	
4.kezelés	-5,7990	A	B
1.kezelés	-5,9629	A	B
6.kezelés	-6,0067	A	B
2.kezelés	-6,7681	A	B
3.kezelés	-7,0710		B

66. táblázat: Átlagos b* varianciaanalízise

Source	DF	Sum of squares	Mean squares	F	Pr > F
Model	5	388,5642	77,7128	4,1048	**0,0018**
Error	120	2271,8605	18,9322		
Corrected Total	125	2660,4247			

Computed against model Y=Mean(Y)

67. táblázat: A variancia-analízis statisztikai feltételvizsgálatai (átlagos b*)

Statistic	F	DF1	DF2	Pr > F
Welch statistic	4,1199	5	55,79036	**0,0030**
Browne-Forsythe F-ratio	4,1048	5	110,5687	**0,0019**

68. táblázat: A kezelések hatásai az átlagos b* értékre (Tukey-féle HSD post-hoc módszer)

Category	LS means	Groups	
3.kezelés	25,8881	A	
2.kezelés	25,1786	A	
1.kezelés	24,0867	AB	
6.kezelés	23,2538	A	B
4.kezelés	22,3357	A	B
5.kezelés	20,6286		B

69. táblázat: A batávia salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0004)

	B02	B03	B04	B06	B07	B05	B01	B09	B08	B10	B11	B12	B13	B14	B15	B16
B02	–	6,6667	-7,7500	16,5000	-3,6667	44,8333	19,3333	38,0833	-7,1667	15,6667	32,3333	19,5833	-20,0833	27,1667	13,1667	-24,0000
B03	*0,6785*	–	-14,4167	9,8333	-10,3333	38,1667	12,6667	31,4167	-13,8333	9,0000	25,6667	12,9167	-26,7500	20,5000	6,5000	-30,6667
B04	*0,6299*	*0,3700*	–	24,2500	4,0833	52,5833	27,0833	45,8333	0,5833	23,4167	40,0833	27,3333	-12,3333	34,9167	20,9167	-16,2500
B06	*0,3049*	*0,5409*	*0,1316*	–	-20,1667	28,3333	2,8333	21,5833	-23,6667	-0,8333	15,8333	3,0833	-36,5833	10,6667	-3,3333	-40,5000
B07	*0,8197*	*0,5205*	*0,7996*	*0,2099*	–	48,5000	23,0000	41,7500	-3,5000	19,3333	36,0000	23,2500	-16,4167	30,8333	16,8333	-20,3333
B05	*0,0053*	*0,0176*	*0,0011*	*0,0781*	*0,0026*	–	-25,5000	-6,7500	-52,0000	-29,1667	-12,5000	-25,2500	-64,9167	-17,6667	-31,6667	-68,8333
B01	*0,2293*	*0,4309*	*0,0922*	*0,8602*	*0,1527*	*0,1128*	–	18,7500	-26,5000	-3,6667	13,0000	0,2500	-39,4167	7,8333	-6,1667	-43,3333
B09	*0,0179*	*0,0508*	*0,0044*	*0,1796*	*0,0094*	*0,6747*	*0,2437*	–	-45,2500	-22,4167	-5,7500	-18,5000	-58,1667	-10,9167	-24,9167	-62,0833
B08	*0,6559*	*0,3897*	*0,9711*	*0,1411*	*0,8277*	*0,0012*	*0,0994*	*0,0049*	–	22,8333	39,5000	26,7500	-12,9167	34,3333	20,3333	-16,8333
B10	*0,3300*	*0,5758*	*0,1454*	*0,9587*	*0,2293*	*0,0698*	*0,8197*	*0,1634*	*0,1557*	–	16,6667	3,9167	-35,7500	11,5000	-2,5000	-39,6667
B11	*0,0444*	*0,1105*	*0,0127*	*0,3249*	*0,0252*	*0,4370*	*0,4189*	*0,7207*	*0,0140*	*0,3001*	–	-12,7500	-52,4167	-5,1667	-19,1667	-56,3333
B12	*0,2234*	*0,4219*	*0,0892*	*0,8480*	*0,1483*	*0,1164*	*0,9876*	*0,2500*	*0,0963*	*0,8076*	*0,4279*	–	-39,6667	7,5833	-6,4167	-43,5833
B13	*0,2118*	*0,0963*	*0,4432*	*0,0229*	*0,3074*	***< 0,0001***	*0,0143*	***0,0003***	*0,4219*	*0,0262*	*0,0011*	*0,0136*	–	47,2500	33,2500	-3,9167
B14	*0,0912*	*0,2024*	*0,0299*	*0,5072*	*0,0552*	*0,2720*	*0,6262*	*0,4973*	*0,0328*	*0,4746*	*0,7480*	*0,6373*	*0,0033*	–	-14,0000	-51,1667
B15	*0,4130*	*0,6861*	*0,1934*	*0,8358*	*0,2953*	*0,0490*	*0,7014*	*0,1213*	*0,2061*	*0,8765*	*0,2334*	*0,6899*	*0,0387*	*0,3840*	–	-37,1667
B16	*0,1356*	*0,0565*	*0,3123*	*0,0118*	*0,2061*	***< 0,0001***	*0,0071*	***0,0001***	*0,2953*	*0,0136*	*0,0005*	*0,0067*	*0,8076*	*0,0015*	*0,0208*	–

70. táblázat: A vajfej salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0005)

	V01	V02	V03	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V04
V01	–	-5,3333	13,6667	1,5000	-23,6667	8,0000	-15,6667	-10,5000	-16,6667	-40,0000	-34,5000	-42,6667	12,3333	-16,8333
V02	*0,7049*	–	19,0000	6,8333	-18,3333	13,3333	-10,3333	-5,1667	-11,3333	-34,6667	-29,1667	-37,3333	17,6667	-11,5000
V03	*0,3318*	*0,1773*	–	-12,1667	-37,3333	-5,6667	-29,3333	-24,1667	-30,3333	-53,6667	-48,1667	-56,3333	-1,3333	-30,5000
V05	*0,9152*	*0,6275*	*0,3876*	–	-25,1667	6,5000	-17,1667	-12,0000	-18,1667	-41,5000	-36,0000	-44,1667	10,8333	-18,3333
V06	*0,0929*	*0,1930*	*0,0080*	*0,0739*	–	31,6667	8,0000	13,1667	7,0000	-16,3333	-10,8333	-19,0000	36,0000	6,8333
V07	*0,5700*	*0,3437*	*0,6874*	*0,6444*	*0,0245*	–	-23,6667	-18,5000	-24,6667	-48,0000	-42,5000	-50,6667	4,3333	-24,8333
V08	*0,2659*	*0,4631*	*0,0373*	*0,2228*	*0,5700*	*0,0929*	–	5,1667	-1,0000	-24,3333	-18,8333	-27,0000	28,0000	-1,1667
V09	*0,4559*	*0,7137*	*0,0862*	*0,3942*	*0,3498*	*0,1890*	*0,7137*	–	-6,1667	-29,5000	-24,0000	-32,1667	22,8333	-6,3333
V10	*0,2366*	*0,4210*	*0,0312*	*0,1971*	*0,6191*	*0,0799*	*0,9434*	*0,6615*	–	-23,3333	-17,8333	-26,0000	29,0000	-0,1667
V11	*0,0045*	*0,0138*	***0,0001***	*0,0032*	*0,2461*	*0,0007*	*0,0840*	*0,0362*	*0,0975*	–	5,5000	-2,6667	52,3333	23,1667
V12	*0,0143*	*0,0383*	*0,0006*	*0,0106*	*0,4417*	*0,0025*	*0,1811*	*0,0883*	*0,2054*	*0,6961*	–	-8,1667	46,8333	17,6667
V13	*0,0024*	*0,0080*	***< 0,0001***	*0,0017*	*0,1773*	***0,0003***	*0,0552*	*0,0224*	*0,0649*	*0,8498*	*0,5620*	–	55,0000	25,8333
V14	*0,3812*	*0,2097*	*0,9246*	*0,4417*	*0,0106*	*0,7583*	*0,0468*	*0,1049*	*0,0395*	***0,0002***	*0,0009*	***< 0,0001***	–	-29,1667
V04	*0,2320*	*0,4142*	*0,0303*	*0,1930*	*0,6275*	*0,0778*	*0,9340*	*0,6529*	*0,9906*	*0,1000*	*0,2097*	*0,0666*	*0,0383*	–

71. táblázat: A batávia- és vajfej-salátafajták közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni-korrigált szignifikancia szint: 0,0001)(a táblázat két részletben szerepel, ahol az első oszlop mindig a fajtakód)

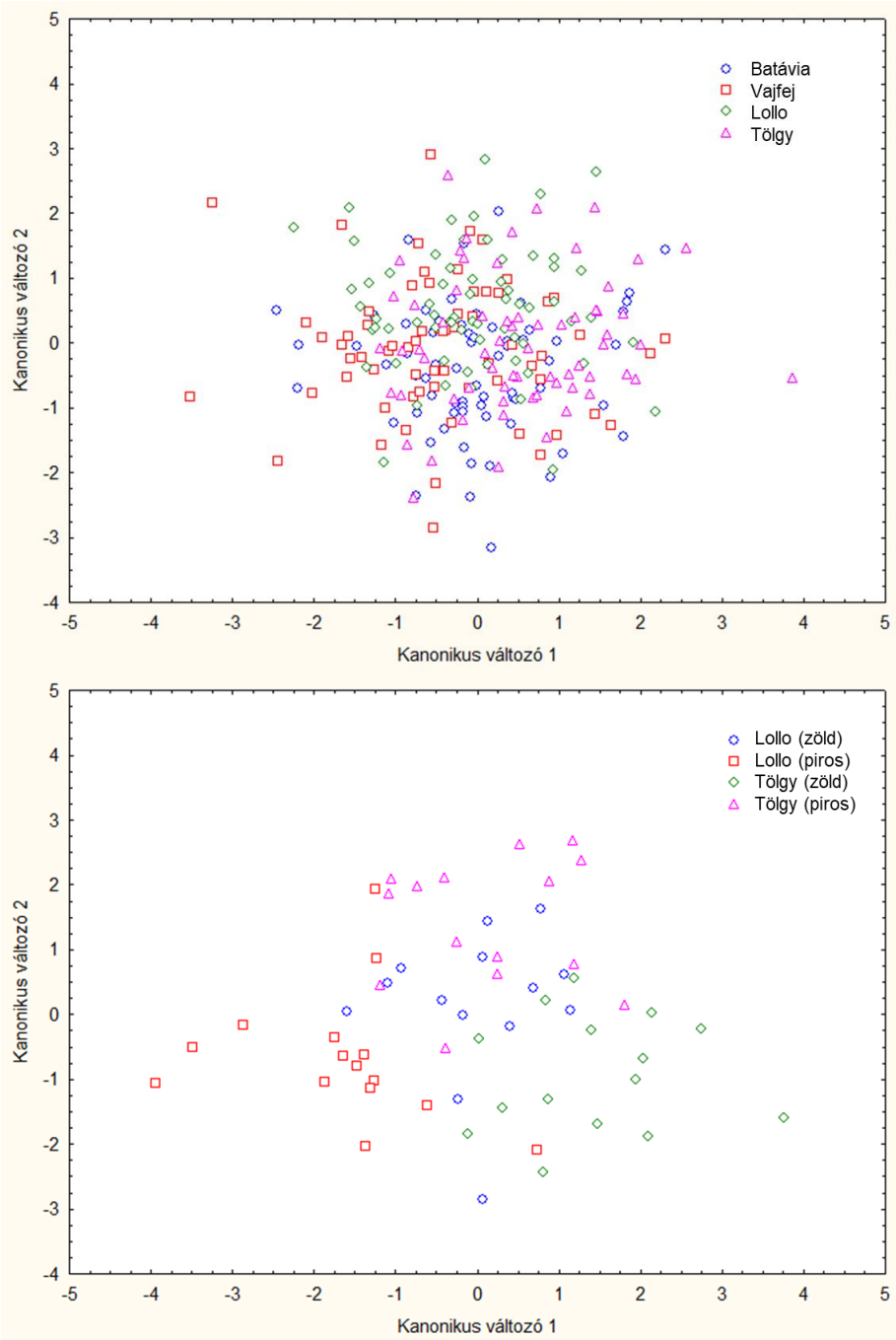
	B02	B03	B04	B06	B07	B05	B01	B09	B08	B10	B11	B12	B13	B14	B15
B02	–	7,0000	-19,0000	27,6667	-14,7500	87,0000	37,1667	72,9167	-17,6667	28,6667	60,9167	36,9167	-40,2500	51,0000	26,7500
B03	*0,8160*	–	-26,0000	20,6667	-21,7500	80,0000	30,1667	65,9167	-24,6667	21,6667	53,9167	29,9167	-47,2500	44,0000	19,7500
B04	*0,5277*	*0,3874*	–	46,6667	4,2500	106,0000	56,1667	91,9167	1,3333	47,6667	79,9167	55,9167	-21,2500	70,0000	45,7500
B06	*0,3577*	*0,4921*	*0,1208*	–	-42,4167	59,3333	9,5000	45,2500	-45,3333	1,0000	33,2500	9,2500	-67,9167	23,3333	-0,9167
B07	*0,6239*	*0,4697*	*0,8877*	*0,1585*	–	101,7500	51,9167	87,6667	-2,9167	43,4167	75,6667	51,6667	-25,5000	65,7500	41,5000
B05	*0,0038*	*0,0078*	*0,0004*	*0,0486*	*0,0007*	–	-49,8333	-14,0833	-104,6667	-58,3333	-26,0833	-50,0833	-127,2500	-36,0000	-60,2500
B01	*0,2167*	*0,3160*	*0,0619*	*0,7522*	*0,0844*	*0,0976*	–	35,7500	-54,8333	-8,5000	23,7500	-0,2500	-77,4167	13,8333	-10,4167
B09	*0,0154*	*0,0284*	*0,0022*	*0,1325*	*0,0036*	*0,6397*	*0,2347*	–	-90,5833	-44,2500	-12,0000	-36,0000	-113,1667	-21,9167	-46,1667
B08	*0,5570*	*0,4122*	*0,9646*	*0,1318*	*0,9228*	*0,0005*	*0,0683*	*0,0026*	–	46,3333	78,5833	54,5833	-22,5833	68,6667	44,4167
B10	*0,3406*	*0,4714*	*0,1131*	*0,9735*	*0,1490*	*0,0525*	*0,7775*	*0,1413*	*0,1235*	–	32,2500	8,2500	-68,9167	22,3333	-1,9167
B11	*0,0429*	*0,0731*	*0,0079*	*0,2690*	*0,0119*	*0,3859*	*0,4298*	*0,6900*	*0,0090*	*0,2837*	–	-24,0000	-101,1667	-9,9167	-34,1667
B12	*0,2198*	*0,3200*	*0,0631*	*0,7585*	*0,0859*	*0,0959*	*0,9934*	*0,2314*	*0,0696*	*0,7839*	*0,4250*	–	-77,1667	14,0833	-10,1667
B13	*0,1809*	*0,1163*	*0,4800*	*0,0240*	*0,3966*	***< 0,0001***	*0,0101*	*0,0002*	*0,4528*	*0,0220*	*0,0008*	*0,0103*	–	91,2500	67,0000
B14	*0,0900*	*0,1436*	*0,0200*	*0,4380*	*0,0288*	*0,2314*	*0,6456*	*0,4663*	*0,0225*	*0,4579*	*0,7417*	*0,6397*	*0,0024*	–	-24,2500
B15	*0,3739*	*0,5115*	*0,1283*	*0,9757*	*0,1677*	*0,0452*	*0,7291*	*0,1249*	*0,1398*	*0,9492*	*0,2561*	*0,7354*	*0,0259*	*0,4202*	–
B16	*0,1391*	*0,0869*	*0,3966*	*0,0164*	*0,3227*	***< 0,0001***	*0,0066*	***< 0,0001***	*0,3724*	*0,0150*	*0,0005*	*0,0068*	*0,8877*	*0,0015*	*0,0179*
V01	*0,0589*	*0,0976*	*0,0117*	*0,3323*	*0,0173*	*0,3160*	*0,5133*	*0,5929*	*0,0133*	*0,3491*	*0,8920*	*0,5079*	*0,0013*	*0,8462*	*0,3173*
V02	*0,1004*	*0,1585*	*0,0230*	*0,4697*	*0,0329*	*0,2115*	*0,6839*	*0,4347*	*0,0258*	*0,4903*	*0,7023*	*0,6778*	*0,0029*	*0,9580*	*0,4512*
V03	*0,0036*	*0,0073*	*0,0004*	*0,0461*	*0,0007*	*0,9823*	*0,0932*	*0,6239*	*0,0005*	*0,0499*	*0,3739*	*0,0916*	***< 0,0001***	*0,2229*	*0,0429*
V05	*0,0318*	*0,0556*	*0,0055*	*0,2198*	*0,0084*	*0,4562*	*0,3621*	*0,7818*	*0,0063*	*0,2325*	*0,9030*	*0,3577*	*0,0005*	*0,6516*	*0,2085*
V06	*0,6377*	*0,8117*	*0,2702*	*0,6536*	*0,3364*	*0,0155*	*0,4445*	*0,0508*	*0,2900*	*0,6298*	*0,1202*	*0,4495*	*0,0705*	*0,2208*	*0,6757*
V07	*0,0141*	*0,0263*	*0,0020*	*0,1249*	*0,0032*	*0,6616*	*0,2229*	*0,9757*	*0,0024*	*0,1333*	*0,6677*	*0,2198*	*0,0001*	*0,4478*	*0,1176*
V08	*0,3213*	*0,4478*	*0,1045*	*0,9426*	*0,1383*	*0,0574*	*0,8074*	*0,1521*	*0,1143*	*0,9691*	*0,3015*	*0,8139*	*0,0198*	*0,4817*	*0,9184*
V09	*0,1836*	*0,2727*	*0,0499*	*0,6818*	*0,0688*	*0,1182*	*0,9250*	*0,2739*	*0,0552*	*0,7064*	*0,4869*	*0,9184*	*0,0076*	*0,7146*	*0,6596*
V10	*0,3491*	*0,4817*	*0,1169*	*0,9867*	*0,1537*	*0,0505*	*0,7648*	*0,1369*	*0,1276*	*0,9867*	*0,2763*	*0,7712*	*0,0230*	*0,4478*	*0,9624*
V11	*0,6141*	*0,4612*	*0,8986*	*0,1545*	*0,9889*	*0,0007*	*0,0819*	*0,0034*	*0,9338*	*0,1451*	*0,0114*	*0,0834*	*0,4044*	*0,0278*	*0,1635*
V12	*0,8636*	*0,6859*	*0,6456*	*0,2751*	*0,7501*	*0,0022*	*0,1594*	*0,0094*	*0,6778*	*0,2607*	*0,0280*	*0,1618*	*0,2435*	*0,0619*	*0,2887*
V13	*0,4903*	*0,3563*	*0,9536*	*0,1075*	*0,8419*	*0,0003*	*0,0542*	*0,0018*	*0,9184*	*0,1004*	*0,0066*	*0,0552*	*0,5169*	*0,0171*	*0,1143*
V14	*0,0052*	*0,0105*	*0,0006*	*0,0611*	*0,0010*	*0,9206*	*0,1195*	*0,7126*	*0,0007*	*0,0659*	*0,4429*	*0,1176*	***< 0,0001***	*0,2727*	*0,0570*
V04	*0,3563*	*0,4903*	*0,1202*	*0,9978*	*0,1577*	*0,0489*	*0,7543*	*0,1333*	*0,1311*	*0,9757*	*0,2702*	*0,7606*	*0,0238*	*0,4396*	*0,9735*

	B16	V01	V02	V03	V05	V06	V07	V08	V09	V10	V11	V12	V13	V14	V04
B02	-44,5000	56,8333	49,4167	87,6667	64,5833	14,1667	73,8333	29,8333	40,0000	28,1667	-15,1667	-5,1667	-20,7500	84,0000	27,7500
B03	-51,5000	49,8333	42,4167	80,6667	57,5833	7,1667	66,8333	22,8333	33,0000	21,1667	-22,1667	-12,1667	-27,7500	77,0000	20,7500
B04	-25,5000	75,8333	68,4167	106,6667	83,5833	33,1667	92,8333	48,8333	59,0000	47,1667	3,8333	13,8333	-1,7500	103,0000	46,7500
B06	-72,1667	29,1667	21,7500	60,0000	36,9167	-13,5000	46,1667	2,1667	12,3333	0,5000	-42,8333	-32,8333	-48,4167	56,3333	0,0833
B07	-29,7500	71,5833	64,1667	102,4167	79,3333	28,9167	88,5833	44,5833	54,7500	42,9167	-0,4167	9,5833	-6,0000	98,7500	42,5000
B05	-131,500	-30,1667	-37,583	0,6667	-22,4167	-72,8333	-13,1667	-57,1667	-47,0000	-58,8333	-102,1667	-92,1667	-107,7500	-3,0000	-59,2500
B01	-81,6667	19,6667	12,2500	50,5000	27,4167	-23,0000	36,6667	-7,3333	2,8333	-9,0000	-52,3333	-42,3333	-57,9167	46,8333	-9,4167
B09	-117,417	-16,0833	-23,500	14,7500	-8,3333	-58,7500	0,9167	-43,0833	-32,9167	-44,7500	-88,0833	-78,0833	-93,6667	11,0833	-45,1667
B08	-26,8333	74,5000	67,0833	105,3333	82,2500	31,8333	91,5000	47,5000	57,6667	45,8333	2,5000	12,5000	-3,0833	101,6667	45,4167
B10	-73,1667	28,1667	20,7500	59,0000	35,9167	-14,5000	45,1667	1,1667	11,3333	-0,5000	-43,8333	-33,8333	-49,4167	55,3333	-0,9167
B11	-105,42	-4,0833	-11,500	26,7500	3,6667	-46,7500	12,9167	-31,0833	-20,9167	-32,7500	-76,0833	-66,0833	-81,6667	23,0833	-33,1667
B12	-81,42	19,9167	12,5000	50,7500	27,6667	-22,7500	36,9167	-7,0833	3,0833	-8,7500	-52,0833	-42,0833	-57,6667	47,0833	-9,1667
B13	-4,2500	97,0833	89,6667	127,9167	104,8333	54,4167	114,0833	70,0833	80,2500	68,4167	25,0833	35,0833	19,5000	124,2500	68,0000
B14	-95,500	5,8333	-1,5833	36,6667	13,5833	-36,8333	22,8333	-21,1667	-11,0000	-22,8333	-66,1667	-56,1667	-71,7500	33,0000	-23,2500
B15	-71,250	30,0833	22,6667	60,9167	37,8333	-12,5833	47,0833	3,0833	13,2500	1,4167	-41,9167	-31,9167	-47,5000	57,2500	1,0000
B16	–	101,3333	93,9167	132,1667	109,0833	58,6667	118,3333	74,3333	84,5000	72,6667	29,3333	39,3333	23,7500	128,5000	72,2500
V01	*0,0008*	–	-7,4167	30,8333	7,7500	-42,6667	17,0000	-27,0000	-16,8333	-28,6667	-72,0000	-62,0000	-77,5833	27,1667	-29,0833
V02	*0,0018*	*0,8053*	–	38,2500	15,1667	-35,2500	24,4167	-19,5833	-9,4167	-21,2500	-64,5833	-54,5833	-70,1667	34,5833	-21,6667
V03	***< 0,0001***	*0,3054*	*0,2036*	–	-23,0833	-73,5000	-13,8333	-57,8333	-47,6667	-59,5000	-102,8333	-92,8333	-108,4167	-3,6667	-59,9167
V05	*0,0003*	*0,7967*	*0,6141*	*0,4429*	–	-50,4167	9,2500	-34,7500	-24,5833	-36,4167	-79,7500	-69,7500	-85,3333	19,4167	-36,8333
V06	*0,0512*	*0,1561*	*0,2413*	*0,0146*	*0,0938*	–	59,6667	15,6667	25,8333	14,0000	-29,3333	-19,3333	-34,9167	69,8333	13,5833
V07	***< 0,0001***	*0,5720*	*0,4170*	*0,6456*	*0,7585*	*0,0473*	–	-44,0000	-33,8333	-45,6667	-89,0000	-79,0000	-94,5833	10,1667	-46,0833
V08	*0,0135*	*0,3694*	*0,5151*	*0,0545*	*0,2480*	*0,6025*	*0,1436*	–	10,1667	-1,6667	-45,0000	-35,0000	-50,5833	54,1667	-2,0833
V09	*0,0050*	*0,5758*	*0,7543*	*0,1131*	*0,4138*	*0,3905*	*0,2607*	*0,7354*	–	-11,8333	-55,1667	-45,1667	-60,7500	44,0000	-12,2500
V10	*0,0157*	*0,3406*	*0,4800*	*0,0479*	*0,2261*	*0,6417*	*0,1290*	*0,9558*	*0,6941*	–	-43,3333	-33,3333	-48,9167	55,8333	-0,4167
V11	*0,3295*	*0,0167*	*0,0318*	*0,0006*	*0,0080*	*0,3295*	*0,0031*	*0,1347*	*0,0667*	*0,1497*	–	10,0000	-5,5833	99,1667	42,9167
V12	*0,1910*	*0,0393*	*0,0696*	*0,0020*	*0,0204*	*0,5204*	*0,0086*	*0,2446*	*0,1333*	*0,2678*	*0,7396*	–	-15,5833	89,1667	32,9167
V13	*0,4298*	*0,0099*	*0,0197*	*0,0003*	*0,0046*	*0,2458*	*0,0017*	*0,0927*	*0,0434*	*0,1039*	*0,8528*	*0,6045*	–	104,7500	48,5000
V14	***< 0,0001***	*0,3665*	*0,2503*	*0,9030*	*0,5186*	*0,0203*	*0,7354*	*0,0718*	*0,1436*	*0,0635*	*0,0010*	*0,0030*	*0,0005*	–	-56,2500
V04	*0,0163*	*0,3337*	*0,4714*	*0,0464*	*0,2208*	*0,6516*	*0,1256*	*0,9448*	*0,6839*	*0,9889*	*0,1537*	*0,2739*	*0,1069*	*0,0615*	–

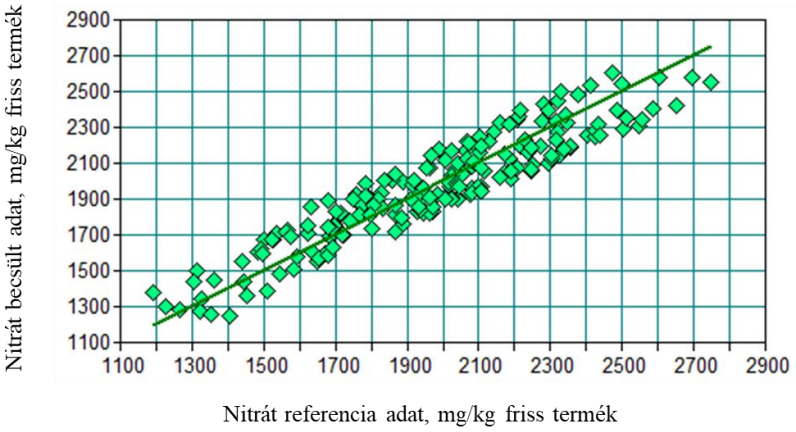
72. táblázat: A salátatípusok közötti szignifikáns különbségek (jobb felső félmátrix) és a szignifikancia szintje (bal alsó félmátrix), (Bonferroni korrigált érték: 0,005)

	Zöld vajfej	Zöld lollo	Piros lollo	Zöld tölgylevelű	Piros tölgylevelű
Zöld vajfej	–	-3,800	-17,667	19,067	-18,600
Zöld lollo	*0,633*	–	-13,867	**22,867**	-14,800
Piros lollo	*0,026*	*0,081*	–	**36,733**	-0,933
Zöld tölgylevelű	*0,017*	***0,004***	***< 0,0001***	–	**-37,667**
Piros tölgylevelű	*0,019*	*0,063*	*0,907*	***< 0,0001***	–

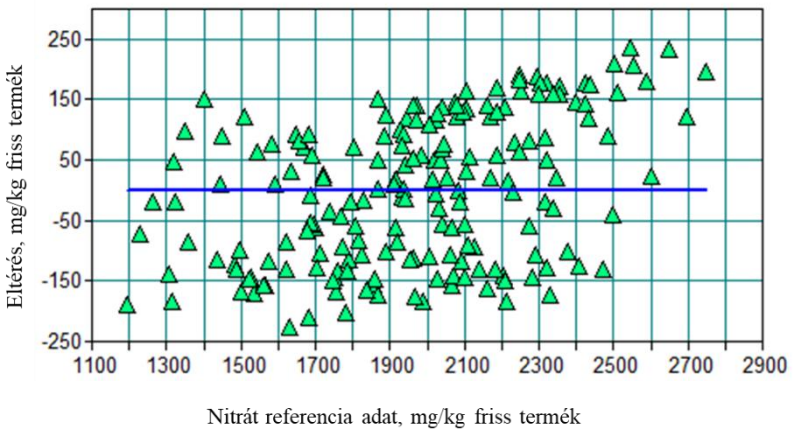
Bonferroni corrected significance level: 0,005



52. ábra: Salátatípusok mintázatfelismerési/osztályozási modelljének random csoportosításos ellenőrzése. A második kanonikus változó ábrázolása az első kanonikus változó függvényében történt.



53. ábra: A validált becslési modell



54. ábra: A validált becslési modellre vonatkozó átlagos hiba megoszlása

73. táblázat: A conjoint kártyák létrehozásához használt syntax, attributumokra és faktoraikra vonatkozó része

ORTHOPLAN

/FACTORS=type (1 'green iceberg' 2 'green butterhead' 3 'green loose-leaf' 4 'red loose-leaf' 5 'green oak leaf' 6 'red oak leaf' 7 'romaine')

appearance (1 'whole head without roots' 2 'whole head with roots' 3 'leaves' 4 'cutted leaves')

packaging (1 'unsealed plastic bag' 2 'sealed plastic bag' 3 'plastic box' 4 'plastic wrap')

label (1 'not labelled' 2 'labelled')

production (1 'organic soil system' 2 'non-organic soil system' 3 'hydroponic system')

74. táblázat: A conjoint elemzéshez használt kérdőív, a fogyasztók szocio-demográfiai megoszlására (%-ban kifejezve) és a döntésüket befolyásoló faktorok fontosságára (sötét→ világos) vonatkozó adatok összefoglaló táblázata klaszterenként és együttesen bemutatva

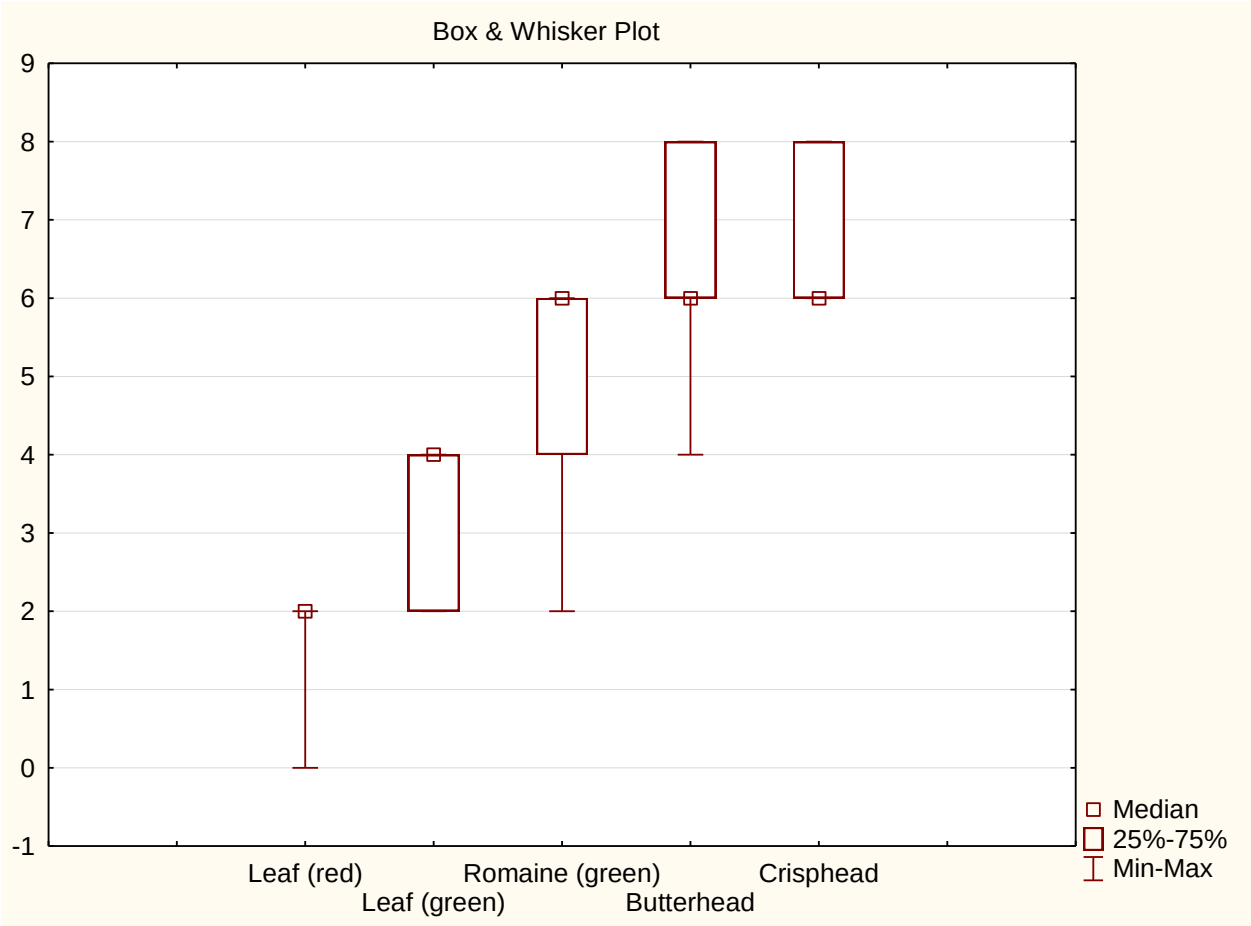
Szocio-demográfiai és választásra vonatkozó információk		Teljes (N=252)	Klaszter 1 (N=82)	Klaszter 2 (N=30)	Klaszter 3 (N=140)
		%	%	%	%
nem	férfi	23,4	25,6	13,3	24,3
	nő	76,6	74,4	86,7	75,7
életkor	<20	32,5	31,7	30,0	33,6
	20-30	67,5	68,3	70,0	66,4
képzettség szintje	középiskola	23,0	13,4	43,3	24,3
	alapképzés (BA, BSc)	71,0	82,9	53,3	67,9
	mesterképzés (MA, MSc)	5,6	2,4	3,3	7,9
	doktori (PhD+)	0,4	1,2	0,0	0,0

háztartás havi nettó keresete (TBH)	<10000	65,9	72,0	50,0	65,7
	10000-20000	21,8	19,5	30,0	21,4
	20001-30000	5,6	1,2	6,7	7,9
	30001-40000	2,4	2,4	3,3	2,1
	40000-50000	0,8	0,0	0,0	1,4
	50000<	3,6	4,9	10,0	1,4
lakóhely	Észak	55,6	64,6	53,3	50,7
	Dél	13,5	12,2	20,0	12,9
	Kelet	6,3	8,5	3,3	5,7
	Nyugat	1,2	0,0	0,0	2,1
	Északkelet	4,4	6,1	6,7	2,9
	Középső	19,0	8,5	16,7	25,7
saláta ismeret	zöld levelű tépősaláta	98,8	98,8	96,7	99,3
	piros levelű tépősaláta	92,9	93,9	90,0	92,9
	zöld tölgylevelű saláta	90,9	90,2	93,3	90,7
	piros tölgylevelű saláta	83,7	85,4	76,7	84,3
	zöld vajfej saláta	51,6	50,0	50,0	52,9
	zöld jégsaláta	70,2	73,2	50,0	72,9
	zöld római saláta	65,9	58,5	63,3	70,7
salátafogyasztás gyakorisága	5+ alkalom / hét	6,7	7,3	6,7	6,4
	3-4 alkalom / hét	9,5	7,3	10,0	10,7
	1-2 alkalom / hét	29,8	17,1	33,3	36,4
	1-2 alkalom / hónap	33,7	37,8	30,0	32,1
	1-2 alkalom / 3 hónap	7,1	3,7	13,3	7,9
	1-2 alkalom / 6 hónap	8,3	22,0	0,0	2,1
	<6 alkalom / év	4,8	4,9	6,7	4,3
salátafogyasztási forma	friss	95,6	97,6	96,7	94,3
	párolt	11,9	8,5	13,3	13,6
	pirított	15,5	9,8	6,7	20,7
	olajban sült	3,2	3,7	0,0	3,6
	grillezett	1,6	2,4	0,0	1,4
	ital	1,6	2,4	0,0	1,4
saláta-vásárlás helye	piac	64,3	72,0	66,7	32,9
	szupermarket	86,1	91,5	70,0	48,0
	hipermarket	38,9	32,9	33,3	24,2
	étterem	0,8	1,2	3,3	0,0
vásárolt salátatípus	zöld levelű tépősaláta	61,1	50,0	46,7	70,7
	piros levelű tépősaláta	26,2	24,4	10,0	30,7
	zöld tölgylevelű saláta	63,5	67,1	46,7	65,0
	piros tölgylevelű saláta	36,5	43,9	36,7	32,1
	zöld vajfej saláta	15,5	7,3	6,7	22,1
	zöld jégsaláta	17,1	14,6	16,7	18,6
	zöld római saláta	25,8	19,5	26,7	29,3
íz	Egyáltalán nem fontos	6,3	11,0	3,3	4,3
	Kevéssé fontos	10,7	9,8	16,7	10,0
	Közepesen fontos	17,1	12,2	6,7	22,1
	Fontos	34,5	39,0	26,7	33,6
	Nagyon fontos	31,3	28,0	46,7	30,0
csomagolás	Egyáltalán nem fontos	6,7	9,8	6,7	5,0
	Kevéssé fontos	16,7	13,4	13,3	19,3
	Közepesen fontos	40,1	42,7	33,3	40,0
	Fontos	24,6	24,4	23,3	25,0
	Nagyon fontos	11,9	9,8	23,3	10,7

tisztaság	Egyáltalán nem fontos	3,6	3,7	6,7	2,9
	Kevéssé fontos	4,0	3,7	6,7	3,6
	Közepesen fontos	7,9	4,9	3,3	10,7
	Fontos	23,8	31,7	13,3	21,4
	Nagyon fontos	60,7	56,1	70,0	61,4
frissesség	Egyáltalán nem fontos	3,6	4,9	3,3	2,9
	Kevéssé fontos	3,2	2,4	6,7	2,9
	Közepesen fontos	7,1	6,1	6,7	7,9
	Fontos	18,3	12,2	13,3	22,9
	Nagyon fontos	67,9	74,4	70,0	63,6
termesztés-mód	Egyáltalán nem fontos	7,1	13,4	0,0	5,0
	Kevéssé fontos	24,2	30,5	26,7	20,0
	Közepesen fontos	34,1	26,8	33,3	38,6
	Fontos	22,6	17,1	26,7	25,0
	Nagyon fontos	11,9	12,2	13,3	11,4
ár	Egyáltalán nem fontos	4,8	7,3	0,0	4,3
	Kevéssé fontos	9,5	9,8	20,0	7,1
	Közepesen fontos	25,8	36,6	16,7	21,4
	Fontos	32,1	25,6	16,7	39,3
	Nagyon fontos	27,8	20,7	46,7	27,9
ökológiai termesztésből származó	Egyáltalán nem fontos	6,0	4,9	3,3	7,1
	Kevéssé fontos	15,9	29,3	20,0	7,1
	Közepesen fontos	25,4	18,3	16,7	31,4
	Fontos	30,6	28,0	23,3	33,6
	Nagyon fontos	22,2	19,5	36,7	20,7
tápérték	Egyáltalán nem fontos	5,2	7,3	3,3	4,3
	Kevéssé fontos	9,5	7,3	20,0	8,6
	Közepesen fontos	24,2	30,5	13,3	22,9
	Fontos	28,2	24,4	23,3	31,4
	Nagyon fontos	32,9	30,5	40,0	32,9
látható hibák	Egyáltalán nem fontos	2,0	3,7	0,0	1,4
	Kevéssé fontos	10,3	11,0	10,0	10,0
	Közepesen fontos	19,8	11,0	23,3	24,3
	Fontos	29,4	24,4	30,0	32,1
	Nagyon fontos	38,5	50,0	36,7	32,1
címke információ	Egyáltalán nem fontos	7,1	7,3	0,0	8,6
	Kevéssé fontos	18,7	32,9	26,7	8,6
	Közepesen fontos	27,8	23,2	13,3	33,6
	Fontos	25,4	15,9	23,3	31,4
	Nagyon fontos	21,0	20,7	36,7	17,9
a címkén fontos, hogy szerepeljen az alábbi faktor	ár	93,3	93,9	96,7	92,1
	tömeg	84,5	85,4	86,7	83,6
	tárolási információ	73,0	62,2	73,3	79,3
	elkészítési javaslat	55,6	48,8	53,3	60,0
	tápérték információ	83,3	87,8	83,3	80,7
	szedés dátuma	75,8	62,2	90,0	80,7
	eltarthatóság dátuma	91,3	92,7	93,3	90,0
	márkanév	70,2	75,6	76,7	65,7
	gyártó elérhetősége	72,2	79,3	70,0	68,6
	termesztő neve	66,3	68,3	60,0	66,4
	termék származása	81,3	84,1	86,7	78,6
	termesztésmód	77,4	79,3	83,3	75,0
	Bio tanúsítvány	78,6	82,9	83,3	75,0
	GMO/ GMO mentes	69,8	74,4	76,7	65,7
	GAP tanúsítvány	82,9	86,6	93,3	78,6
	GMP tanúsítvány	82,5	86,6	86,7	79,3
	HACCP tanúsítvány	80,6	84,1	90,0	76,4

75. táblázat: Az értékjellemzők alapján létrehozott klaszterek szemmozgás paraméterei

Szemmozgás paraméterek	Klaszter 1	Klaszter 2	Klaszter 3	Klaszter 4	Kruskal-Wallis
Fixációk száma (total fixation count, TFC)	**21,85±4,15b**	**21,24±3,80b**	**15,11±2,95a**	**17,26±3,46a**	**< 0,0001**
Fixációk hossza (fixation duration, FD)	**5,37±2,30b**	**4,40±2,05a**	**3,74±1,52a**	**3,54±1,71a**	**0,002**
Látogatások száma (dwell count, DC)	**14,73±3,81c**	**13,53±4,13bc**	**12,53±2,84ab**	**11,06±2,67a**	**0,0027**
Látogatások hossza (dwell duration, DD)	**6,18±3,22b**	**5,08±2,43ab**	**4,42±2,64a**	**3,87±1,46a**	**0,0112**



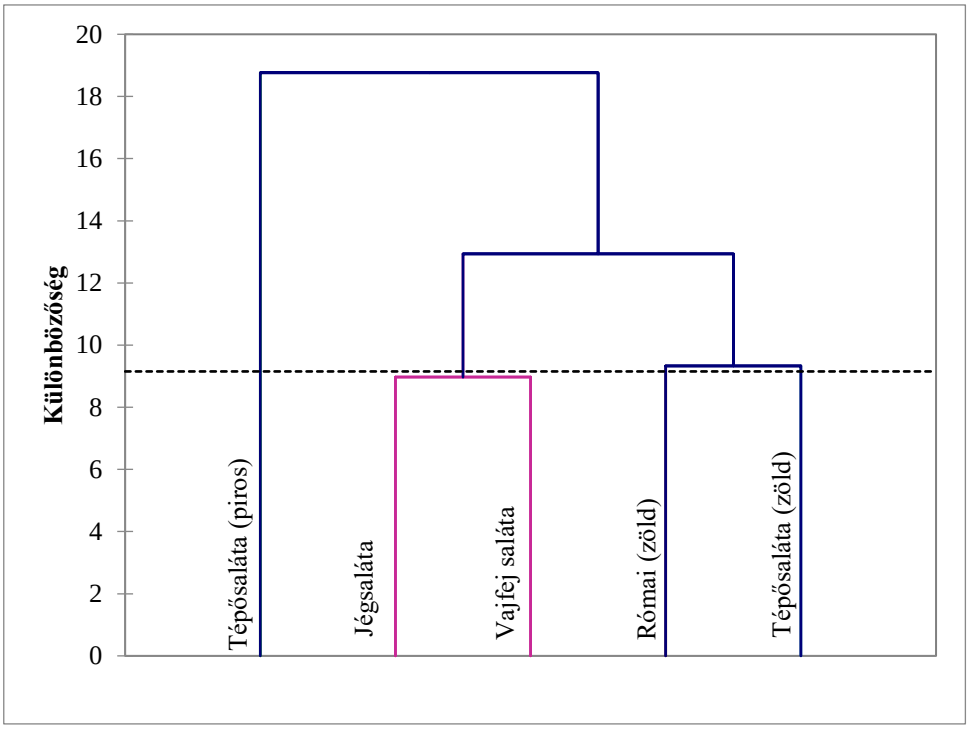
55. ábra: Az SRD értékekből létrehozott doboz-bajusz ábra (Box & Whisker plot) a LOO validálást követően (leaf=lollo, romaine=római, butterhead=vajfej, crisphead=jégsaláta; red=piros, green=zöld)

76. táblázat: Az ismeretlen rangsor páronkénti szignifikáns különbségeinek (félkövér, (p<0,05) összevetése Sign próbával az SRD LOO értékek alapján (p-értékek és Z-értékek)

	Tépősaláta (piros)	Tépősaláta (zöld)	Római saláta (zöld)	Vajfej saláta	Jégsaláta
Tépősaláta (piros)	**x**	**2,267787**	**2,846050**	**3,015113**	**3,015113**
Tépősaláta (zöld)	**0,023342**	**x**	**2,666667**	**3,015113**	**3,015113**
Római saláta (zöld)	**0,004427**	**0,007661**	**x**	**2,666667**	**2,267787**
Vajfej saláta	**0,002569**	**0,002569**	**0,007661**	**x**	-0,500000
Jégsaláta	**0,002569**	**0,002569**	**0,023342**	0,617075	**x**

77. táblázat: A változók koszinusz négyzete (A félkövér betűvel szedett értékek megfelelnek azon változóknak, ahol a legnagyobb négyzet koszinusszal rendelkeztek a faktorok esetében)

	F1	F2	F3	F4
Vas	**0,8050**	0,0877	0,0050	0,1023
Folsav	0,3181	0,0212	**0,6142**	0,0466
C-vitamin	0,1899	**0,5476**	0,1720	0,0904
β-karotin	0,2503	**0,4284**	0,0796	0,2418
Összes polifenol	**0,9506**	0,0363	0,0001	0,0130
DPPH szabadgyökfogó-kapacitás	0,3186	0,1134	0,1090	**0,4591**
E-vitamin	0,0477	0,0551	**0,6491**	0,2481
Lutein	0,2134	**0,7189**	0,0146	0,0531
Flavonoidok	**0,8199**	0,0892	0,0004	0,0905
Fenolsavak	**0,7819**	0,1814	0,0361	0,0006



56. ábra: Az SRD értékek agglomeratív, hierarchikus klaszteranalízise (euklidészi távolság, Ward módszer). A szaggatott vonal jelenti a klaszterek optimális számát.

8. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet szeretnék mondani konzulenseimnek, dr. Kappel Noéminek és dr. Sipos Lászlónak, akik mindent megtettek annak érdekében, hogy disszertációm elkészülhessen, türelemmel voltak felém és támogattak munkámban. Hálás vagyok, hogy egyetértésben tudtunk közösen dolgozni.

Köszönöm a Zöldség- és Gombatermesztési Tanszék munkatársainak, hogy támogattak kísérleteim megvalósításában. Külön köszönöm dr. Geösel Andrásnak, Dajka Erzsébetnek és Füri Mariannak a segítségüket.

Köszönöm az Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék munkatársainak, elsősorban az Érzékszervi Laboratórium csapatának. dr. Kókai Zoltánnak – aki vezetőként is példaértékkel szolgált számomra –, dr. Gere Attilának és Bálint Melindának, hogy kollégaként fogadtak és szakmai segítséget tudtak nyújtani, valamint, hogy nap mint, nap bíztattak.

Szeretném megköszönni az Alkalmazott Kémia Tanszék munkatársainak, hogy lehetőséget biztosítottak a méréseim megvalósítására. Nagyon köszönöm dr. Fodor Mariettának és Lippai Erzsébetnek; Jókainé dr. Szatura Zsuzsának és Firisz Zsuzsának; Stefanovicsné Dr. Bányai Évának Rédei Rékának és Oszlányi Rékának, akik nem csak szakmai, de lelki támogatást is nyújtottak.

Köszönöm az Óbudai Egyetem Kandó Kálmán Villamosmérnöki Karának, elsősorban dr. Balázs Lászlónak, aki a fénytani mérésekben segített és átadott szakmai tudásából, köszönöm Rakonczai Kristóf és Hetyei Gina hallgatók segítségét.

Köszönöm Tóth Kamillnak és Simon Dánielnek a gyakorlati tudásukon alapuló szakmai segítséget. Továbbá köszönöm Tarnóczy Zoltánnak a feldolgozói oldalról nyújtott szakmai támogatását is. A segítségük nélkül ez a disszertáció sokkal kevesebb lenne. Köszönöm a RijkZwaannak és az Eisbergnek.

Köszönöm dr. Ombódi Attilának a rengetek segítséget és többszöri iránymutatását a növénykísérletek során. Köszönöm mindazoknak, akik lehetővé tették, hogy Gödöllőn méréseket folytathassak. Közvetlen segítségét köszönöm Lágymányosi Péternek és Buza Dánielnek, remélem több újítás is fog még a nevükhöz kapcsolódni!

Köszönöm dr. Csambalik László és Dr. Székely Géza szakmai segítségét és örömömre szolgált több publikációban is velük dolgozni. Köszönöm és az Növényélettan Tanszék közreműködését, dr. Szegő Anita és Gyöngyik Márta segítségét. Köszönöm a Műszaki Tanszék támogatását dr. Jung Andrásnak, Varga Zsófiának és Gecse Jánosnak. Köszönettel tartozom dr. Simon Gergelynek, aki lehetőséget biztosított a Gyümölcstermő Növények Tanszék hűtőtárolójának használatára.

Köszönet illeti a vizsgálataimban résztvevő személyeket, hallgatótársaimat is. Köszönöm a saláta mintaelőkészítés során nyújtott segítségét, Rádli Nikolettnek, Rácmolnár Milánnak, Szukács Gergelynek, Dobson Dánielnek, Trugly Bencének, Tárnok Balázsnak, Sillinger Fanninak, Nyitrai Ákosnak és Iváncsik Bencének, továbbá Benes Eszter és Biró Barbara önzetlen segítségét. Köszönöm mindazoknak, akiktől egyetemi éveim alatt, tanulmányaim során tanulhattam és ezt a tudást kamatoztatni tudtam jelen munkám során. Köszönöm a szabadelérésű folyóiratoknak; mindazoknak akik tetteikkel, jelenlétükkel és szavaikkal is a doktorim elkészülését segítették, de legalábbis nem akadályozták. A köszönet megilleti az informatikai főosztály, a műhely, a könyvtár és a portaszolgálat munkatársait is. Köszönöm a spanyol nyelvvizsgára való felkészítést Károlyi Hangának és Dorcsák Rékának. Köszönöm dr. Rácz Istvánné és az EFOP-3.6.1-16-2016-00016, valamint az Erasmus Mundus gLink programjának (552099-EM-1-2014-1-UK-ERA MUNDUS-EMA21) támogatását.

I would like to thank to Francia Seconde Ravalomba who contributed in the nitrate measurements. Special thanks to dr. Piyaporn Chueamchaitrakun, who supervised my research at Mae Fah Luang University, I also grateful for her advices and for the unforgettable field trips. Big thanks to Muhammad Rafiq, and Anakkawee Sriprom for their help and their friendship. I would particularly like to thank participants of the focus groups.

Köszönöm PhD társaimnak, barátaimnak: Benes Eszternek, Biró Barbarának, Fekete Katalinnak, Kecskeméti Sándornak, Nyitrai Ákosnak és Szukács Gergelynek, akikkel felejthetetlen perceket töltöttünk együtt. Nagyon köszönöm Henis Tamásnak, hogy számtalan és indokolatlan időpontokban is számíthattam a segítségére. Köszönöm Skorka Olivér és Hóbely Richárd baráti segítségét és optimista hozzáállásukat. Köszönet illeti barátaimat, akik ha kellett a kísérletekben segítettek, ha kellet lelki támogatást nyújtottak, elfogadták távolmaradásaim és türelemmel voltak. Külön köszönöm Pazsák Zsófinak, Mányoki Bencének, Kokas Fábiánnak, Idei Mártonnak és Szoláry Bencének a támogatásukat! Köszönöm Petri Tamásnak és Máté Attilának, akik középiskolás korom óta támogatnak és a sport révén életre neveltek.

Köszönöm családomnak, hogy fantasztikus gyermekkorommal megalapozták a jövőmet, hagyták, hogy tapasztalati úton is tanuljak, és mindig támogattak. Hálás vagyok, hogy ilyen családom van!