

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**BOROS ILDIKÓ FRUZZSINA**

**BUDAPEST**

**2021**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

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

DOI: 10.54598/000530

**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 Minősítés Tanszék

.....  
Az iskolavezető jóváhagyása

.....  
A témavezetők jóváhagyása

## 1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A saláta (*Lactuca sativa* L.) széles körben termesztett és világszerte gyakran fogyasztott zöldségnövény, mely legtöbbször nyersen, friss vagy előre mosott és csomagolt, kényelmi terméként értékesítik.

A mezőgazdaság fokozott nyomás alatt áll, így újra előtérbe kerültek olyan termesztési megoldások, ahol kis alapterületen maximalizálni lehet a termelést. Ilyen megoldás a mesterséges megvilágítással ellátott zárt termesztési rendszerek alkalmazása. Növényfajtól és -fajától függően a rendszer elterjedéséhez és megbízható használatához nagyfokú kutatási támogatásra van szükség, melynek fókuszában egyre inkább a növény-specifikus LED alapú fényreceptek kutatása áll.

A saláta LED-es fényprogramokra adott növényélettani-válaszokkal, fitonutriens változásokkal kapcsolatban relatíve kevés, nehezen összehasonlítható információ áll rendelkezésre. Ez elsősorban annak köszönhető, hogy az egyes kísérletekben a fajták és a beállított paraméterek nagyon változatosak (fényprogramok, tápanyagellátás, hőmérséklet, pára-, CO<sub>2</sub>-tartalom, kiültetési elrendezés, stb.). Így fontos annak tisztázása, hogy a kutatásokban a fényforrások egyes paraméterei (spektrumtartomány, fényintenzitás, fotoperiódus) és azok jellemzése mekkora jelentőséggel bír egy növénykísérlet tervezése, bemutatása során.

Élelmiszerként a salátának meg kell felelnie az élelmiszer-biztonsági előírásoknak, ahol kulcselem a nitráttartalmának meghatározása. Habár közkedvelt termék és bővülő piaci kínálat jellemzi, a különböző salátatípusok lehatárolása a köztudatban nem terjedt el. Ezért a fogyasztók véleményét, vásárlási szokásait, motivációját és a salátára vonatkozó preferenciáit fel kell térképezni. Döntéstámogató módszerekkel információt és segítséget kell nyújtani számukra az optimális termék/termékek megismeréséhez és kiválasztásához.

## **Tudományos célkitűzéseim:**

1. Célom a növénytermesztésben alkalmazott LED alapú világítórendszerek növények szempontjából elsődlegesen fontos paraméterinek meghatározása és a kísérletben alkalmazott LED világítórendszerek növény szempontú értékelése.
2. Célom LED-es fénykörnyezetek tesztelése batávia salátafajtával (*Lactuca sativa* L.). A vegetatív fejlődésre, a fitonutriensek mennyiségére, a makroelem-tartalomra és a színparaméterekre vonatkozó hatásainak meghatározása.
3. Célom új analitikai gyorsmódszer kidolgozása, 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 levélzöldegeken a szemkamerás vizsgálati módszer és értékalapú szegmentáció kombinációjának tesztelése.
6. Célom a salátatípusok fitonutriens értékeinek együttes figyelembevételével történő komplex értékelése statisztikai módszerek kombinálásával.

## **2. ANYAG ÉS MÓDSZER**

A kísérletek Gödöllőn, a Géptani és Informatikai Intézet (GINI) által kialakított növénytermesztésre alkalmas, számítógép által szabályozott és monitorozott, zárt termesztőtérben különböző LED alapú növény megvilágítási rendszerekkel (420 LED Grow Circle Series 4 (Hurley Enterprises LLC, Hartwell, GA, USA); Roleadro HYG05-1\*200W-W COB LED (Shenzhen Houyi Energy Efficiency Co. Ltd., Shenzhen, Kína); Lágymányosi féle LED (Lágymányosi Péter, GINI, Gödöllő)) kiegészített laborjában blokkosítva (két alkalom) kerültek beállításra. A LED

világítórendszerek PPF<sub>D</sub> eloszlásának figyelembevételével készült el a kiültetési terv.

A kezelések hatását az egyes termesztőállomásokon 7-7 db (MINERAL RZ (81-551)) piros levelű, nem fejesedő, hullámos levélszélű batávia típusú salátán vizsgáltam.

### 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.

## 2.1. A kutatás módszerei

### 2.1.1. Műszeres és analitikai vizsgálatok

A non-invazív mérésekre 10 naponta került sor.

#### 2.1.1.1. Klorofill fluoreszcencia vizsgálata (non-invazív módszer)

A saláta leveleinek klorofill fluoreszcenciáját (a saláta 3 teljesen kifejlett levelén) a sötétadaptációt (30 perc, DLC-8 (Walz, Németország) levélcspesz) követően, egy impulzus-amplitúdó-moduláció (*pulse-amplitude-modulated* (PAM)) elvén működő PAM-2500 (Walz, Németország) klorofill fluoriméterrel (2030-B levél-klipsz, kiegészítő: mini-kvantum-szenzor (PAR-tartomány), NiCr-Ni hőelem) mértük (0,8 s időtartamú ( $\lambda \approx 650$  nm) telítési fényimpulzus (1100  $\mu\text{mol}$  foton  $\text{m}^2/\text{s}$ ), 20 kHz modulációs frekvencia).

#### 2.1.1.2. Relatív klorofill-tartalom mérése (non-invazív módszer)

A saláta levéllemezen (4 eltérő levélen 6  $\text{mm}^2$ ) a relatív-klorofill méréséhez egy Minolta SPAD-502A (Konica Minolta, Tokió, Japán) készülék (650 nm, 940 nm hullámhosszon történő mérés, szilikon fotodióda érzékelő) került használatra.

### **2.1.1.3. Klorofill-a, klorofill-b és összes karotinoid tartalom meghatározása**

A módszer során Yang et al. (1998) leírása alapján, spektrofotometriásan került meghatározásra a saláta kivonat növényi pigment-tartalma. A számításokat a klorofill esetében Porra et al. (1989), a karotin esetében Holm (1954) egyenletei alapján végeztem.

### **2.1.1.4. Ásványi-anyag meghatározása ICP-OES módszerrel**

Az összes mintát az atomspektroszkópiás elven működő induktív csatolású plazma optikai emissziós (ICP-OES) módszer (Optima 8000 ICP OES, PerkinElmer, Waltham, MA, USA) (elnyelés:  $\lambda=160-900$  nm, injektorcső plazmaégő (torch) átmérője:  $d=2,0$  mm) segítségével került elemzésre és értékelésre (WinLab32 szoftver).

### **2.1.1.5. Összes polifenol-tartalom (TPC) meghatározása**

Az összes polifenol-tartalom (*total polifenol content*, **TPC**) meghatározása Folin-Ciocalteu reagens használatával történt, Singleton & Rossi (1965) módszere szerint.

### **2.1.1.6. Nitrát tartalom meghatározása**

A 17 vajfej, 14 batávia, 2 fodros levelű (lollo) és 2 tölgylevelű salátafajta/fajtajelölt legalább 6 biológiai párhuzamosát mértem meg önálló mintaként, melyek Felgyőről származtak (szedés ideje: 2017.04.04., 2017.10.09.).

A nitrát-meghatározás Cataldo et al. (1975) módszere alapján, módosított mintaelőkészítéssel (forró extrakció, feltárás Carrez oldatokkal) történt. A fotometriás méréseket ( $\lambda=410$  nm) Thermo Scientific (Walthman, Massachusetts, USA) UV/VIS spektrofotométerrel végeztem, majd értékeltem az eredményeket (VISIONpro V2.02 (Thermo Scientific, Walthman, USA)).

### **2.1.2. Műszeres színmérés**

A színmérés egy kalibrált (fehér standard) mobil Sheen Micromatch Plus spektrofotométerrel (modell: 181/3; Sheen Instruments, Egyesült Királyság) történt (mérési tartomány:  $\lambda=400-700$  nm,  $\Delta\lambda\approx 20$  nm).

## **2.1.3. Fogyasztói vizsgálatok**

### **2.1.3.1. Conjoint analízis**

A conjoint analízist Thaiföldön végeztem, a Mae Fah Luang Egyetem közreműködésével. A fogyasztói fókuszcsoporthoz vizsgálataim során célom volt megismerni a salátát vásárló thai fiatal felnőttek gondolkodási formáit, attitűdjeit, valamint feltárni azon választási kritériumokat, amelyek hatással vannak a döntésük során. A feltáró vizsgálatokkal meghatároztam a saláta vásárlás szempontjából fontos termékjellemzőket (5 db) és azok szintjeit (összesen 20) lehatároltam.

### **2.1.3.2. Szemkamerás vizsgálatok**

Gere (2015) munkája alapján végeztem a szemkamerás vizsgálatokat a Szent István Egyetem, Élelmiszertudományi Karának Érzékszervi Minősítő Laboratóriumában. A vizsgálatban összesen 163 fő vett részt, ebből összesen 140 felvételezés eredménye volt tökéletesen alkalmas a 6 levélzöldséget tartalmazó kép adatelemzéséhez. A résztvevők szemmozgásának rögzítésére a kísérlet során a Tobii X2-60 típusú statikus szemkamerát, az adatok feldolgozásához pedig a Tobii Studio (version 3.0.5, Tobii Technology AB, Svédország) adatfeldolgozó szoftvert alkalmaztam. A képek, melyek a vizuális ingerekről gondoskodtak egy 1280x1024 felbontású Samsung SyncMaster 757MB monitoron kerültek megjelenítésre.

### **2.1.3.3. A salátatípusok fitonutriens értékeinek komplex értékelése SRD-módszerrel**

A futtatásokat a Visual Basic programnyelven megírt SRD programmal végeztem. Célom volt meghatározni, hogy a nemzetközi szakirodalomban megtalálható salátatípusokra vonatkoztatott fitonutriens értékek alapján, minden tényezőt figyelembe véve melyik a legegészségesebb. Bemenő adattábla (Kim et al., 2016 adatai alapján): objektumok (sorok) = fitonutriensek; összehasonlítandó elemek (oszlopok) = salátatípusok; referencia oszlop (Max) = salátatípusok legjobb értékei. Az adatok transzformációjához a Box-cox transzformációt alkalmaztam. A számításhoz az SRDrepV6T4\_CrossVal\_V8D.xlsm szoftvert alkalmaztam (letölthető: <http://www.ttk.hu/rolunk/adatbazisok-programok>). Az ideális salátatípus



adja az SRD zérus pontját, mivel önmagától nem különbözik. Adott salátatípus rangszámkülönbség összege (SRD értékek) minél kisebb, annál inkább hasonló az ideális fajtaéhoz. A módszer segítségével rangsor állítható fel a salátatípusok között. Az SRD értékének soronként egy elemű kihagyásos validációval végeztük (LOO), a szignifikanciát ezután Sign-teszttel vizsgáltuk.

### 3. EREDMÉNYEK

Az eredmények közül azokat mutatom be, melyek új megközelítésűek, illetve szignifikáns különbségeket mutattak.

#### 3.1. LED világítórendszerek értékelése

A spektrális összetételre vonatkozó mérések rámutattak, hogy a Kind LED K5 XL750, 420 LED Grow Circle Series 4 LED, Roleadro HYG05 1\*200W-W COB LED és a Lágymányosi féle (épített) LED világítórendszerek spektrális összetétele eltérő. A kísérlet beállításakor, a növények szintjén PAR tartományban mért, hullámhosszonként beérkező fotonáramsűrűség (PPFD) és a területre vonatkozó PPFD-eloszlás rámutatott, hogy a világítórendszerek a természetőterület bizonyos részein eltérnek. Hullámhossz-tartományonként nézve a fotonáramsűrűség-eloszlás külön-külön vizsgálva egyenletesnek bizonyult.

#### 3.2. Vegetatív fejlődés eredményei

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. A 0-30. nap között eltelt időszakban, a mért növekedés nem mutatott szignifikáns különbséget a kezelések között.

Az **átlagos relatív klorofilltartalom mennyiségét** elemezve csak 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 vizsgálva az mutatkozott, hogy szignifikáns különbség adódott a 0. és 10. nap, illetve a 10. és 20. vagy 30. nap eredményei között az 1-3. kezelések között.

Az **átlagos maximális kvantumhatékonyság** esetében az  $F_v/F_m$  sötétadaptált értékek normális tartományon belül maradtak, stresszhatás nem volt.

A legmagasabb **átlagos friss tömeggel** 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 salátáitól 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.

### **3.3. 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.

A saláták **átlagos klorofill-a mennyiségét** vizsgálva az mutatkozott, hogy a legmagasabb az 5. kezelésben nevelt növényekben volt (63,07  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ), 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  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ), melyek szignifikánsan eltértek a 4. és a 6. kezelések salátáitól (54,18; 53,54  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ), melyek egymástól nem tértek el. A **klorofill-b tartalom** is az 5. kezelés növényeiben volt a legmagasabb (30,43  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ), amitől – az egymástól nem különböző – 3., 1., és 2. kezelésű saláták (24,88; 21,1; 20,28  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) tértek el szignifikánsan. Az 1. és a 2. kezelés növényeitől a 4. és a 6. kezelésű saláták (28,09; 27,18  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ) is szignifikánsan magasabb értékekkel rendelkeztek. A legmagasabb **átlagos karotin mennyiség** az 5. kezelésben nevelt növényekben volt (12,77  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ), melyekhez képest szignifikánsan alacsonyabb szint volt mérhető a 3., 2. és az 1. kezelések salátái esetében (10,02; 8,93; 8,03  $\mu\text{g}/\text{mg}$ ).

A legmagasabb **átlagos polifenol tartalommal** a 2. és az 1. kezelés növényei rendelkeztek (101,9; 101,1  $\mu\text{mol GS}/100\text{ g}$ ), 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  $\mu\text{mol GS}/100\text{ g}$ ) volt, melyektől a 6. kezelés növényei szignifikánsan magasabb értékkel (96,9  $\mu\text{mol GS}/100\text{ g}$ ) rendelkeztek.

### **3.4. Elemtartalom meghatározás eredményei**

A legnagyobb **átlagos vas-tartalommal** 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).

Az **átlagos kálium-tartalom** az 5. kezelésben nevelt növények esetében volt a legmagasabb (4047 mg/kg friss tömeg), ezt a 6. kezelésű saláták követték (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), melytől az 5. és 6. kezelés növényei és a 2. kezelés salátái (3595 mg/kg friss tömeg) különböztek szignifikánsan.

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.

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

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.

### **3.5. Színparaméterek és koordináták elemzése**

A CIE Lab 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).

Az  $L^* a^* b^*$  koordinátákból származtatott értékek ( $C^*$ ,  $h^*$ ) alapján kiszámítottam a kezelések közötti különbségeket ( $\Delta E^*_{ab}$ ,  $\Delta L^*_{ab}$ ,  $\Delta C^*_{ab}$ ,  $\Delta h^*_{ab}$ ). A  $\Delta E^*_{ab}$  esetében a Mokrzycki & Tatol (2011) által leírt értékhatárok alapján meghatározható, hogy a színeltérés szemmel látható-e, illetve milyen mértékben érzékelhető az. Az eredmények alapján a szemlélő határozottan el tudja különíteni ( $5 < \Delta E$ ) az 5. kezelést a 2. illetve a 3. kezelésektől. Egyértelműen látható a 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 már szemmel nem érzékelhető ( $0 < \Delta E < 1$ ).

### **3.6. Módszerfejlesztés a nitrát-tartalom meghatározására FT-NIR és UV-Vis módszer kombinálásával**

#### **3.6.1. A nitrát mennyiség UV-Vis mérési eredményei**

##### **3.6.1.1. Batávia (B) fajták közötti különbség**

A tavaszi szedésű batávia típusú salátafajták közül B05 és B09 fajták esetében mutatkozott szignifikáns különbség a B13 és B16 fajtáktól. A többi fajta nem különbözött szignifikánsan egyik csoporttól sem a nitrát-tartalmat tekintve.

##### **3.6.1.2. Vajfej (V) fajták közötti különbség**

A tavaszi szedésű vajfej saláták közül 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.

##### **3.6.1.3. Vajfej és Batávia fajták közötti különbség**

A vajfej és batávia salátafajták nitrát tartalmának összehasonlításakor a B16 szignifikánsan magasabb nitrát-tartalommal rendelkezett a V03, B05, V14, V07, B09 fajtákhoz képest. V03 B05 V14 fajták szignifikánsan alacsonyabbak voltak még B13 fajtától. A többi esetben nem mutatkozott különbség.

##### **3.6.1.4. Salátatípusok közötti különbség**

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. Az Uniós megengedett maximális határértéket (szabadföldi termesztés, október 1. és március 31. között szedett: 4000 mg NO<sub>3</sub>/kg) nem haladta meg egyik saláta sem.

### **3.6.1.5. Saláta fajták FT-NIR spektrumának kemometriai elemzése**

A lineáris diszkriminancia analízis (LDA) során a vizsgált salátatípusok közül a fodros levelű, a batávia és vajfej salátatípusoktól egymástól egyértelműen eltérnek. A salátatípusokon belül a fodros- és a tölgylevelű salátatípusok vörös, illetve zöld levelű fajtái is egyértelműen elkülönülnek egymástól.

### **3.6.1.6. Mennyiségi becslési függvény jellemzése**

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

## **3.7. Conjoint analízis eredményei**

A conjoint analízis során 252 fő (fiatal felnőttek) válaszait elemeztem. 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 %).

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 jégсалáta (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.

A fogyasztók válaszai alapján három fogyasztói szegmenst határoztam meg (agglomeratív hierarchikus klaszterezés, Euklideszi távolság, Ward módszer).

Az első klaszterben (N=82) a termékjellemzők relatív fontossági tényezőinek 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 szintekkel 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 első klaszter esetében: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés.

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 klaszterben (N=30) a termékjellemzők relatív fontossági tényezőinek 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 szintekkel 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 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 klaszterben (N=140) a termékjellemzők relatív fontossági tényezőinek 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 szintekkel 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 termék kombináció az hármasklaszter esetében: zöld tölgylevelű saláta, darabolt levelek, műanyag fólia, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés.

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 legkevesbé hasznos termék kombinációnak adódott mindhárom klaszter esetében: piros tölgylevelű saláta, egész fej gyökérrel, zárt műanyag tasak, címkézett, vízkultúrás termesztés.

### **3.8. Szemkamerás vizsgálatok eredményei**

Az **értékjellemzők alapján** egy kivétellel (élvezetes élet) az összes értékjellemző, a szemmozgás paraméterek mindegyike szignifikánsnak ( $\alpha=0,05$ ) adódott a Kruskal-Wallis teszt alapján. A jellemző értékek alapján 4 klasztert határoztunk meg (Ward módszer, Euklideszi távolság; Dunn-féle páronkénti összehasonlítás Bonferroni korrekció).

Az 1. klaszter tagjai konzervatív családközpontú emberek tradicionális értékekkel, ugyanakkor a család, a barátság, az önmegvalósítás, az anyagi biztonság és a magas szintű képzettség a legfontosabb értékek számukra. A szemmozgás paramétereik alapján a leghosszabb ideig figyelték meg a képeket, a fixációk száma és a látogatások száma egyaránt a legtöbbnek adódott.



A 2. klaszterbe tartozók számára a legfontosabb a barátság, az anyagi biztonság, az élvezetes élet, a függetlenség. A szemmozgás paraméterek alapján elmondható, hogy többször rövid ideig figyelték meg a képeket.

A 3. klaszter számára a legfontosabb a személyes és anyagi biztonság, az igaz barátság és a magas szintű képzettség. Minden érték a közepesnél fontosabb számukra. A látogatások száma a többi klaszterhez képest közepes volt, de a fixációk hossza, száma és a látogatások hossza hasonlóan a 4. klaszterhez alacsony volt.

A 4. klaszterbe kerültek, akiknek ténylegesen csak a családi élet, az igaz barátság és élvezetes élet a fontos, minden más tényező közepesen jelentős. A szemmozgás paramétereik alapján minden jellemzőjük a legrövidebb/legkevesebb volt.

### **3.9. A salátatípusok produkcióbiológiai jellemzőinek komplex értékelése**

A salátatípusok fitonutriens értékei alapján az SRD módszer segítségével rangsort állítottunk fel. A salátatípusok minden fitonutriens együttes figyelembevétele alapján a legjobbnak a Tépősaláta (bordó) adódott, utána következett a Tépősaláta (zöld), Római saláta (zöld), majd a leggyengébbnek a Jégсалáta és a Vajfej salátatípusok adódtak.

Amennyiben az SRD értékek bizonytalanságát is meghatározzuk, egy elem kihagyásos kereszt ellenőrzés segítségével (LOO) és a bizonytalanságokat Box & Whisker plotban ábrázoljuk, úgy a mediánok és szórások átfedése alapján vizsgálhatjuk az egyes csoportokat. 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. Az eredmények alapján megerősítettük korábbi eredményeinket, miszerint a salátatípusok minden fitonutriens együttes figyelembevétele alapján a legjobbnak a Tépősaláta (bordó) adódott, utána következett a Tépősaláta (zöld), Római saláta (zöld), majd a leggyengébbnek a Jégсалáta és a Vajfej salátatípusok adódtak. Mind a Sign, mind a Wilcoxon teszt igazolta, hogy minden salátatípus minden salátatípustól

szignifikánsan ( $\alpha=0.05$ ) különbözött, kivéve Jégсалáta és a Vajfej saláta csoportját, mert ezek egymástól nem különböztek.

#### 4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

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. 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. Ráműtattam, hogy a PPFД eloszlás ismerete hozzájárul a növénykísérlet céljának pontosításához és a kiültetés helyének megválasztásához.

A saláták vegetatív és beltartalmi paramétereinek vizsgálata során arra jutottam, hogy a 30. termesztési napon szignifikáns különbségek adódtak az átlagos levélhosszúságban a 2. kezelés növényei és a 4. (13,6 cm) és 6. (13,7 cm) kezelésű növények között. A non-invazív mérések (maximális kvantumhatékonyság (0,804-0,808  $F_v/F_m$  érték), relatív klorofill-tartalom (19,83-23,38 SPAD érték)), során nem adódott különbség a kezeléseik között. Az átlagos friss tömeg esetében szignifikáns különbség adódott a legnehezebb, 2. (249 g), és a többi kezelésű saláta, illetve az 1., 3. (210, 209 g) és az 5., 6. (153, 147 g) kezelésű saláták között. A szárazanyagtartalom az 1-4. kezelés szignifikánsan különbözött az 5-6. kezeléseik növényei esetében. A friss tömegben és szárazanyagtartalomban tapasztalt eltérés (a 4. és 6. kezelés alapján) arra utal, hogy az eltérő időben termesztett saláták tápanyagfelhasználása más ütemben történt meg, a klímakomputer adatok nem utalnak környezeti eltérésre. A fitonutriensek mennyiségét tekintve szignifikáns

különbségek adódtak a nitrát-, klorofill-a-, klorofill-b-, klorofill-a+b-, karotin és TPC-tartalomban. A nitrát mennyisége (2334-2596 mg/kg) egyik kezelés esetében sem érte el az EC 1258/2011/EU rendeletben, erre az időszakra meghatározott határértéket (4000 mg NO<sub>3</sub>/kg friss tömeg, nem jégسالáta esetében). Az ásványianyag-tartalom esetében a vas-tartalom kiemelkedő volt a 4. kezelésű növények esetében, ami a klorofill-tartalommal nem hasonul. Szignifikáns különbség adódott a többi vizsgált ásványi anyag esetében is.

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

Tekintve, hogy a nemzetközi szakirodalom, salátamegvilágítási kutatásaiban nem találtam olyan irodalmat, ami egy az egyben lefedné az általam beállított kísérleti megvilágítást, így csak részleges és viszonylagos összehasonlítást tudok végezni, melyeket fenntartásokkal kell kezelni.

Kísérleteink során az állandó átlagos PPFD (200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) érték mellett a LED-ek hullámhossztartománya által nyújtott különbségek egyértelműen megmutatkoztak az átlagos friss tömeg, klorofill-a-, klorofill-b-, klorofill-a+b- és karotin-, TPC-tartalomban, valamint a vas, kalcium, kálium, foszfor és a magnézium mennyiségének, CIE  $\Delta E^*_{ab}$  eltérése is egyértelműen betudható a spektrális hatásnak. A kalcium felvétele a hajtásokon keresztül is megvalósítható, így közvetlenül a felhasználás helyén hasznosul, nem feltételeztem annak modifikációs hatását.

Az UV besugárzás vizsgálata (3. és 4. kezelések, valamint 5. és 6. kezelések kombináltan) alapján eredményeinkben csak a fitonutriensek mennyiségében és az ásványianyag-tartalomra és színeltérésre ( $\Delta E^*_{ab}$ ) vonatkozóan mutatott szignifikáns mértékű eltérést. Bebizonyosodott, hogy az UV-A és a FR kombinált szabályozásával elérhető a klorofill-a-tartalom, kálium, foszfor, magnézium, kalcium szint szignifikáns emelkedése, valamint a CIE a\* és b\* alapján pirosasabb és sárgásabb levélszín alakul ki.

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

Az Európai Bizottság 1258/2011/EK 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  $\text{NO}_3/\text{kg}$  saláta a megengedett határérték, a legkisebb pedig 2000 mg  $\text{NO}_3/\text{kg}$  szabadföldön termesztett jégсалáta esetében. 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 (lollo), tölgylevelű) zöld és piros levelű fajtáit elemeztük, összesen 266 salátafejet.

Az UV-Vis 410 nm-en végzett mérések alapján a nitrát tartalmat tekintve megállapítható, hogy az eltérő termesztési mód és időszak a vajfej típusú saláta esetében nem mutatott jelentős különbséget a nitrát mennyiségben. 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 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  $5000 - 3900 \text{ cm}^{-1}$  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  $5200-5000, 6900-6800 \text{ cm}^{-1}$ -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).

Alátámasztásra került, hogy az FT-NIR non-invazív 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 3 homogén csoportot határoltam le. 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 jégсалáta (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 termék kombináció: piros levelű tépősaláta, levelek, nyitott műanyag tasak, címke nélküli, nem ökológiai talajos termesztés. A klaszterek lehatárolását követően egyértelművé vált, hogy 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 féle páronkénti összehasonlítás) történt meg. Az értékszegmentáció alapján létrejött klaszterek és a szemmozgás paraméterek együttes felhasználásával négy klasztert határoztam le, ahol a csoportra jellemző értékek összhangban álltak a szemmozgás paraméterekkel és a döntési idővel. Ezen eredmények a továbbiakban is felhasználhatók, mivel célzottan a klaszterek igényeinek megfelelően lehet optimalizálni a csomagolást és a saláta mixek összetételét.

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.

## 5. 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 érték alapú-szegmentáció kombinációját statisztikai módszerekkel kiegészítve. A létrehozott klaszterek szemmozgás paramétereit 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. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

### *Impakt faktoros folyóiratcikkek*

**Boros, I. F.**, Sipos, L., Kappel, N., Csambalik, L., Fodor, M. (2020) Quantification of nitrate content with FT-NIR technique in lettuce (*Lactuca sativa* L.) variety types: a statistical approach. JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY (NEW DELHI) (Q2, **IF: 1.946** (2019))

Sipos, L., **Boros, I. F.**, Csambalik, L., Székely, G., Jung, A., Balázs, L. (2020) Horticultural lighting system optimalization: A review. SCIENTIA HORTICULTURAE 273: 109631 (Q1, **IF: 2,769** (2019))

### *Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények:*

Sipos L., **Boros I. F.**, Purcel. Á., Varga. Zs., Szőke A., Székely G. (2017) LED-ek hasznosítási lehetőségei a növénytermesztésben. KERTGAZDASÁG: 49:(3) pp. 11-22.

### *Konferencia full paper:*

Ombódi, A.; **Boros, I. F.** (2020) Review of LED lighting for leafy vegetables produced in closed plant production systems. In: Jakab, Gusztáv; Csengeri, Erzsébet (szerk.) Water management: Focus on Climate Change, Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Öntözési és Vízgazdálkodási Intézet, pp. 131-136.

**Boros, I. F.** (2020) Nitrate level and its main changing factors in leafy vegetables especially in lettuce (*Lactuca sativa* L.) In: Jakab, Gusztáv; Csengeri, Erzsébet (szerk.) Water management: Focus on Climate Change, Szarvas, Magyarország: Szent István Egyetem Öntözési és Vízgazdálkodási Intézet, pp. 41-48.



**Boros, I. F.,** Kappel, N., Gere, A., Sipos L. (2016) Comparison of different lettuce types (*Lactuca sativa* L.) based on their bioactive compounds. 1st International Conference on Biosystems and Food Engineering. 8.12.2016. Budapest, Hungary Proceedings:<http://physics2.kee.hu/BiosysFoodEng/cdrom/>)

**Boros I. F.,** Sipos L., Gere A. (2017) Eye-tracking analysis of leafy vegetables. Review on agriculture and rural development. 6: 32-37.

**Boros I. F.,** Kappel N., Krisztina Madaras K., Gere A., Sipos L. (2017) Applications of SRD-method in horticultural and food sciences. Review on agriculture and rural development. 6: 38-43.

*Konferencia összefoglalók:*

**Boros, F.,** Rakonczay, K., Hetyei, G., Sipos, L., Balázs, L. (2019) Saláták beltartalmi és érzékszervi paramétereinek javítása LED alapú világítórendszerrel. In: Nádas, József (szerk.) X. LED Konferencia: 2019. február 5-6., Programfüzet MEE Világítástechnikai Társaság, pp. 21-22.

Sipos, L., **Boros, F.,** Madaras, K., Csambalik, L., Gere, A. (2019) Multi-criteria decision making–Comparing lettuce types by their phytonutrient content. In: Héberger, Károly (szerk.) Conferentia Chemometrica 2019, pp. P18.

**Boros, I. F.,** Kappel, N., Sipos, L., Fodor, M. (2018) Különböző saláta fajtatípusok (*Lactuca sativa* L.) nitrát felhalmozása. In: Sipos, László; Gere, Attila (szerk.) MTA, Kertészeti és Élelmiszertudományi Bizottság, Élelmiszertudományi Albizottság Workshop. Budapest, Magyarország: MTA, Kertészeti és Élelmiszertudományi Bizottság, Élelmiszertudományi Albizottság, pp. 19-20.

Madaras K., **Boros F.,** Nyitrai Á., Csambalik L., Gere A., Sipos L. (2018) A rangszámkülönbségek összege (Sum of Rank-Differences, SRD) módszerkombináció táplálkozástudományi lehetőségei. In: Gelencsér Éva, Lugasi Andrea (szerk.) Táplálkozástudományi kutatások VIII. PhD konferencia Program és előadás összefoglalók. Konferencia helye, ideje: Budapest, Magyarország, 2018.01.25. (Magyar Táplálkozástudományi Társaság). Budapest: Magyar Táplálkozástudományi Társaság, pp. 18.

Sipos L., **Boros F.**, Madaras K., Gere A. (2017) Statisztikai módszerek a szemkamera kutatások vizsgálati eredményeinek értékelésében. In: Iván Devosa, János Steklács, Zsuzsanna Buzás, Ágnes Maródi. III. Magyar Szemmozgáskutatás Konferencia. 26 p. Konferencia helye, ideje: Kecskemét, Magyarország, 2017.06.01. Kecskemét: Pallasz Athéné Egyetem, 2017. pp. 17.