



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**AZ IPARI PARADICSOM TERMÉSKÉPZÉSÉNEK ÉRTÉKELÉSE
KÜLÖNÖS TEKINTETTEL A RONCSOLÁSMENTES (NIR)
BELTARTALMI VIZSGÁLATOKRA**

DOKTORI (PhD.) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI

DOI: 10.54598/000220

Deák Konrád János

GÖDÖLLŐ

2020

A doktori iskola

megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

tudományága: Növénytermesztési és kertészeti tudományok

vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, az MTA doktora,

Szent István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Kertészeti Intézet

témavezető: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, az MTA doktora,

Szent István Egyetem,

Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar,

Kertészeti Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, KITŰZÖTT CÉLOK

1.1 A kutatás jelentősége és előzményei

A paradicsom a világ legjelentősebb zöldségfaja, melyet jelenleg 4700-4800 ezer hektáron termesztnek és erről 180 millió tonnát takarítanak be. Az összes paradicsomtermesztés kb. 25%-a tekinthető ipari paradicsomnak, azonban az elmúlt három évtizedben jelentős volt a termelés növekedése. Magyarországon 2018-ban megközelítőleg 1700 hektáron állítottak elő, amelyről kb. 125 ezer tonna termést takarítottak be. Szerepe az egészséges táplálkozásban rendkívül fontos, amellet, hogy rendkívül finom, számos olyan antioxidáns vegyületet tartalmaz, amelyekről napról napra derülnek ki az egészségre gyakorolt pozitív hatásai.

Ezek közül is kiemelendő a likopin szerepe, amelyről már köztudott és publikációkkal is megfelelően alátámasztott rákmegelőző, szív és érrendszeri megbetegedésekkel szembeni hatása. Azonban egyre több tanulmány számol be a β -karotinról, zeaxanthinról vagy a fitoinról, melyeknek a szem megfelelő működése szempontjából tulajdonítanak kiemelt fontosságot.

A feldolgozóipar is egyre inkább szigorú követelményeket támaszt a termelők irányába, amelyek az átvételi árat nagymértékben képesek befolyásolni, gondolva itt pl. a Brix^o mértékére, amely, ha nem éri el a legalább 5-ös értéket, a termelő akár pénzbeli levonásra számíthat az átvételkor.

Ezen kívül azonban rendkívül fontos a megfelelő piacképes hozamok elérése is a gazdaságosság szempontjából, amely jelenleg, függően a termelési körülményektől 65-70 tonna/hektárnál tart, ez alatt veszteséges a termesztése.

Azonban köztudott az is, hogy az egyes paradicsom fajták és az egyes termesztéstechnológiai és abiotikus tényezők (pl: csapadék, hőmérséklet, napfény) milyen hatással lehetnek a beltartalmi paraméterekre és a gazdaságosság alakulására. Tény, hogy a megfelelő vízellátottság nagymértékű termésnövekedést eredményez, éppen ezért a precízen megtervezett öntözési folyamat fontos szerepet kell kapjon a technológiában.

Mindezek mellett nem elhanyagolható tényező a laborvizsgálatok menete sem, hiszen jelenleg egy analitikai eredményre napokat kell várni és ezek költsége rendkívül magas. A közeli infravörös spektroszkópia lehetőség a gyors és roncsolásmentes vizsgálatok elvégzésére, ehhez azonban megfelelő kalibráció szükséges, amelynek kutatása jelenleg még nem elég kiforrott, mikron komponensekre csak korlátozottan terjed ki.

Doktori értekezésemben a fent említett kérdéskörökre keresem a válaszokat és a megoldásokat, igyekezve azokat a lehető legszélesebb körben megvizsgálni, kielemezni.

1.2 Célkitűzések

Célkitűzéseimet az alábbiakban fogalmaztam meg:

- Két, egymástól jelentősen eltérő különböző paradicsom hibrid (Uno Rosso F₁, Strombolino F₁) összehasonlítása különböző öntözési kezelésekkel, termésmennyiség, szárazanyag és karotinoid tartalom és összetétel tekintetében.
- A likopin tartalom és hozam vizsgálata, külön kiemelve az all-transz és cisz likopin arányát, mennyiségét.
- Négy, egymástól jelentősen eltérő évjárat vizsgálata, melyek között szerepelt rendkívül aszályos (2013) és csapadékos (2014) év is.
- A közeli infravörös spektroszkópia alkalmazása paradicsom beltartalmi paramétereinek vizsgálatára, különös tekintettel a Brix^o-re és a karotinoid összetevőkre.

2 ANYAG ÉS MÓDSZER

Kísérleteimet a gödöllői Szent István Egyetem Kertészeti Intézetének tanüzemében állítottam be 2012 és 2015 között. A négy egymást követő évet egymástól jelentősen eltérő időjárási körülmények jellemezték. Két, egymástól különböző fajtát vizsgáltam, a hagyományos bogyóátlagtömegű Uno Rosso F₁-et és egy cseresznyeparadicsom hibridet a Strombolinot. Az egyes kezeléseket azonos termesztéstechnológiai paraméterek mellett állítottuk be. Az öntözést a kiültetést követő második héten kezdtük meg és az időjárási körülményekhez mértem heti háromszor végeztük el. Az optimális vízadagot a következő képlet segítségével állapítottam meg: *napi öntözővíz adag (mm) = napi középhőmérséklet × 0,2*.

A betakarítást követően a mintákat osztályoztuk piacképes és nem piacképes (repedt, sérült, beteg) kategóriákba, melyet követően a Szent István Egyetem Regionális Tudásközpontjába szállítottuk laborvizsgálatokra. A laborban a lehető leggyorsabban a friss mintákat megmértük Brix°-ra, KRÜSS DR201-95 típusú refraktométer segítségével. Ezt követően a karotinoid összetevők vizsgálatát nagyhatékonyságú folyadékkromatográf (Hitachi Chromaster) segítségével határoztuk meg, amely kiterjedt összes karotinoid tartalomra, likopin, β-karotin, lycopanthin, zeaxanthin, fitoin és C-vitamin vizsgálatára.

Ezzel párhuzamosan ugyanazon mintákat Perten DA7200 (Perten Instruments) közeli infravörös spektrométerrel is megvizsgáltuk, amely segítségével minden egyes mintáról egy spektrumot kaptunk 950 és 1650 nm tartományban. A műszer hatásmechanizmusa, hogy a homogén mintát egy fehér lámpával világítja meg, ezáltal a fény egy része elnyelődik, a többi pedig tükröződik. A visszaverődő fény egy rácsot érint, amely a fényt hullámhosszonként külön szeparálja. A fehér fényből így egy szivárványszín képződik, amelyeket a detektor képes mérni és spektrummá alakítani. Az így kapott spektrum információkat Unscrambler 10.3 (Camo Software) statisztikai szoftverrel vettem össze az analitikai eredményekkel, keresve, hogy mely hullámhossz adatokkal mutatják a legerősebb összefüggést. Az eredményesség érdekében a szoftver segítségével az adatokat spektrumtranszformációs műveletekkel tovább vizsgáltam, melyek között szerepelt az első és második deriváltak, többszörös szóródási korrekció (MSC), valamint a standard normál változó (SNV). Az összefüggéseket részleges legkisebb négyzetek (PLS) regresszió segítségével állapítottam meg, amely megadta a kalibráció és a keresztvalidáció eredményeit és hibáit.

3 EREDMÉNYEK

3.1 A négy évjáratban a piacképes termésmennyiségek alakulása (2012-'15)

Szabadföldi kísérleteim során négy egymástól jelentősen eltérő évjáratot értékeltem, melyek között megtalálható rendkívül száraz, illetve az átlagtól jelentősen eltérő csapadékos év is. Az ipari paradicsomot termelők számára a minimum 65-70 tonna/hektár fölötti piacképes termésmennyiség hoz anyagi hasznot, így a cél az ennél nagyobb hozam elérése. Az eredményeim alapján megállapítható, hogy ennek megvalósítása öntözés nélkül nem lehetséges, a termésátlagok a négy év átlagában is mindössze 25,89 tonna/hektárt mutattak a kontroll, vagyis az öntözés nélküli állományban Uno Rosso hibridnél, a Strombolino esetében még ennél is alacsonyabb 20,37 tonna/hektárt. Ezzel szemben az Uno Rosso F₁ optimálisan öntözött állományok a 2014-es évet leszámítva (26,41 t/ha) sikeresen túlteljesítették az elvárásokat, ha a négy év átlagát nézzük akkor ezekről 78,43 tonna/hektárt takarítottunk be. Strombolino F₁ esetében ez az érték 45,08 tonna/hektár (1. táblázat).

1. táblázat: A piacképes termésmennyiség alakulása évjárat és a vízellátottság mértéke szerint Uno Rosso F₁ (UR) és Strombolino (STR) esetében (2012-2015).

K=Kontroll, 50 %-os és a 100%-os vízellátottságú kezelésekben. (n=4)

	2012	2013	2014	2015
URK (t/ha)	47,02±5,59a	20,21±7,06a	17,60±4,80a	18,74±3,66a
UR50 (t/ha)	68,22±9,56b	56,63±6,60b	19,12±2,92a	60,20±1,82b
UR100 (t/ha)	118,43±4,59c	97,60±12,06c	26,41±5,50a	71,30±2,65c
STRK (t/ha)	25,42±8,45a	27,15±1,60a	15,10±6,80a	13,84±2,07a
STR100 (t/ha)	59,15±5,26b	50,35±5,87b	10,39±11,40a	60,45±2,92b

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten, fajtánként külön vizsgálva.

3.2 Brix° és a szárazanyag-hozam alakulása

A feldolgozó ipari elvárások egyik fő alappillére a Brix°, amelynek gazdaságossági szempontból legalább 5-nek kell lennie, ezalatt már az átvételi ár csökkentését eredményezheti. Ezzel szemben tény, hogy a megnövelt vízmennyiség a termésmennyiségre pozitívan, viszont a Brix°-ra negatívan hat. Ez az általam vizsgált négy év adataiból is egzakt leolvasható, az

öntözővíz mennyiségének növelésével arányosan csökkent a Brix^o is. Az évjáratok között is jelentős az eltérés, az optimálisan öntözött Uno Rosso F₁ állomány esetében a legmagasabb (2012 – 5,20 Brix^o) és a legalacsonyabb (2015 – 3,73 Brix^o) érték között 39%-os, a Strombolino F₁ esetében pedig 43%-os eltérés (6,30 vs. 4,40 Brix^o) mutatkozott. A fajták közötti eltérés erősen megmutatkozott a cseresznyeparadicsom javára, a 2014-es évet leszámítva mindenhol legalább 20%-al magasabb értékeket mértem. Olyan kezelés, amely során a termésmennyiség elérte a nyereségesnek számító 70 tonna/hektárt és az 5 Brix^o-ot mindössze egy esetben valósult meg, 2012-ben az Uno Rosso F₁ optimálisan öntözött kezelésekor (2. táblázat).

2. táblázat: Brix^o alakulása a fajta, az évjárat és az eltérő vízellátottságú kezelések alapján (n=4)

Kezelések	2012	2013	2014	2015
URK	7,20±0,30a	6,20±0,59a	5,10±0,10a	8,03±0,26a
UR50	6,10±0,50b	5,00±0,40b	4,40±0,20b	5,02±0,44b
UR100	5,20±0,30c	4,80±0,50b	4,40±0,10b	3,73±0,15c
STRK	7,60±0,20a	6,60±0,88a	4,60±0,20a	7,35±0,10a
STR100	6,30±0,30b	6,00±0,61a	4,40±0,00a	4,53±0,33b

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, p≤0,05 valószínűségi szinten, fajtánként külön vizsgálva.

A Brix hozam az egy hektárról betakarított szárazanyag mennyiséget mutatja meg, értéke a piacképes termésmennyiségből és a Brix^o-ból számítható ki.

A 3. táblázat adatai alapján hasonló tendencia olvasható le az évjáratok esetében, mint a Brix^o-nál, ez esetben Uno Rosso F₁ optimálisan öntözött kezelésnél a legnagyobb és a legkisebb érték között a különbség több, mint duplája (5,10 t/ha vs. 2,10 t/ha), Strombolino F₁ esetében még nagyobb, több, mint háromszorosa (4,97 t/ha vs. 1,30 t/ha) volt. Az egy hektárról betakarított szárazanyag hozam vizsgálatakor a Strombolino F₁ nem mutat szignifikáns eltérést az Uno Rosso F₁-hez képest, amiből megállapítható, hogy a magasabb Brix^o kompenzálni tudta az alacsonyabb termésmennyiséget.

3. táblázat: Brix hozam (t/ha) alakulása évjárat és az öntözési kezelések alapján (n=4)

Kezelések	2012	2013	2014	2015
URK	2,12±0,25a	1,60±0,51a	1,50±0,20a	1,17±0,19a
UR50	3,45±0,44b	2,61±0,51b	1,60±0,20a	2,83±0,22b
UR100	5,10±0,49c	4,35±0,65c	2,10±0,10b	2,55±0,23b
<hr/>				
STRK	2,94±0,36a	1,70±0,22a	1,20±0,40a	1,07±0,10a
STR100	4,97±0,43b	3,20±0,60b	1,30±0,30a	2,93±0,33b

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten, fajtánként külön vizsgálva.

3.3 Összes karotinoid tartalom alakulása

A fitonutriensek közül a paradicsomban található, több mint 60 féle karotinoid vegyület mennyiségének összességét adja meg az összes karotinoid tartalom. Az adatok alapján egyértelmű összefüggést nem lehet kimutatni az egyes évjáratok és kezelések között, volt, hogy az öntözés pozitívan, volt, hogy negatívan hatott a mennyiségére.

4. táblázat: Összes karotinoid tartalom alakulása a vizsgált években (2012-2015) (n=4)

Kezelés/Év	2012	%	2013	%	2014	%	2015	%
URK ($\mu\text{g/g}$)	116,98±2,46a	100	80,32±3,59a	100	40,89±1,63a	100	137,37±6,32a	100
UR50 ($\mu\text{g/g}$)	128,80±3,25b	110	98,24±2,22b	122	41,19±1,22a	101	138,10±5,63a	101
UR100 ($\mu\text{g/g}$)	116,92±5,21a	100	90,44±2,36c	113	31,85±1,45b	78	94,27±4,85b	68
<hr/>								
STRK ($\mu\text{g/g}$)	168,67±1,69a	100	121,16±1,22a	100	64,14±3,15a	100	n.a.	n.a.
STR100 ($\mu\text{g/g}$)	159,94±2,47b	95	126,56±2,49b	104	56,05±4,56b	87	n.a.	n.a.

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten, fajtánként külön vizsgálva.

Ami viszont szignifikáns eltérést mutat, az a fajták közötti különbség. A Strombolino F₁ évjárattól függően az optimálisan öntözött kezelések esetében 36-75%-al tartalmazott nagyobb mennyiségben karotinoidokat, mint az Uno Rosso F₁, amely tendencia a kontroll állomány esetében is hasonló (4. táblázat).

3.4 Likopin tartalom és hozam alakulása

Az összes karotinoid tartalom legnagyobb részét a likopin teszi ki. Az Uno Rosso F₁ esetében a bogyók likopin tartalma vízellátottságtól és évjárattól függően 27,03 és 114,90 µg/g között ingadozik, ez közel 4,5-szeres eltérés. Az eredmények szempontjából további fontos tényező az all-transz és cisz-likopin aránya, hiszen az emberi szervezet számára a cisz izomer sokkal hatékonyabban hasznosítható. A cisz-likopin hő hatására alakul át all-transz formából, éppen ezért feldolgozott ipari termékekben (ketchup, ivólé) aránya jelentősen nagyobb. A frissfogyasztásra szánt paradicsomban mennyisége és aránya változó, fajtánként, és kezelésként is eltérő lehet, továbbá az időjárási körülmények is nagymértékben befolyásolhatják. Uno Rosso F₁ esetében míg 2012-ben az optimálisan öntözött kezelés esetében az all-transz, cisz arány 2% volt, ezzel szemben 2015-ben 19%. (5. táblázat) Ez az eltérés a betakarítás előtti állapotnak köszönhető, hiszen 2015-ben az érés utolsó fázisában (likopin termelés szempontjából a legkritikusabb időszak) érkezett egy erőteljes felmelegedés.

**5. táblázat: A likopin tartalom alakulása a különböző évjárat és öntözési kezelések hatására
(Fajta: Uno Rosso F₁) (n=4)**

Év	Kezelések	All Trans Likopin (µg/g)	Cisz-Likopin (µg/g)	Σ Likopin (µg/g)
2012	Kontroll	103,62±1,14a	2,09±0,47a	105,71±0,86a
	100	104,81±8,46a	2,32±0,34a	107,13±4,65a
2013	Kontroll	68,96±16,82c	0,78±0,53b	69,74±8,62c
	100	76,02±3,06c	1,91±1,07ab	77,93±2,06c
2014	Kontroll	33,90±1,97d	1,93±0,26a	35,83±1,12e
	100	25,18±6,09d	1,85±0,33ab	27,03±3,21f
2015	Kontroll	100,62±1,97a	14,28±0,64c	114,90±1,31g
	100	66,10±7,24c	12,68±1,87c	78,78±4,55c

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, p≤0,05 valószínűségi szinten.

A tendencia a Strombolino F₁ esetében is hasonló, a likopin tartalom 46,01 és 150,20 µg/g között mozog évjáratról és kezeléstől függően. Azonban az all-transz, cisz arány kedvezőbb, mint az Uno Rosso F₁ esetében, 2013-ban például a kontroll állományoknál 7,2% (Uno Rosso F₁: 1,1%), míg az öntözötteknél 8,3% (Uno Rosso F₁: 2,5%) volt az értéke (6. táblázat).

**6. táblázat: A likopin tartalom alakulása a különböző évjárat és öntözési kezelések hatására
(Fajta: Strombolino F₁) (n=4)**

Év	Kezelések	All Trans Likopin (µg/g)	Cisz-Likopin (µg/g)	Σ Likopin (µg/g)
2012	Kontroll	142,18±3,95a	8,02±1,89a	150,20±2,92a
	100	133,25±2,75b	7,45±0,65a	140,70±1,70b
2013	Kontroll	94,47±6,99c	7,35±3,40a	101,82±5,19c
	100	100,34±3,13c	9,05±4,71a	109,39±3,92c
2014	Kontroll	51,48±8,14d	2,03±0,68b	53,51±4,46d
	100	42,91±1,81d	3,10±0,36c	46,01±1,08e
2015	Kontroll	n.a.	n.a.	n.a.
	100	n.a.	n.a.	n.a.

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten. (n.a. = nincs adat)

A fajták közötti eltérés tehát megmutatkozik az all-transz, cisz arányban, valamint az összes likopin tartalom mennyiségében, amelyben a Strombolino F₁ szignifikánsan magasabb értékben tartalmazza, mint az Uno Rosso F₁, amely megállapítás minden évjáratra és kezelésre igaz.

A likopin hozamok tekintetében (7. táblázat) mindkét fajta esetében a 2012-es év mutatta a legjobb eredményeket, az öntözött állományoknál az Uno Rosso F₁-nál ez az érték 9,73 kg/ha volt. Az egyes évjáratok nagymértékben elkülönülnek egymástól, 2014-ben mindössze 0,65 kg/ha volt a mennyisége, de a másik két évben sem érte el a 7 kg/ha-t egyik kezelés sem. A fajták között a magasabb likopin értékek ellenére sem tudta a Strombolino F₁ teljesíteni ugyanazt a szintet, mint hagyományos bogyóátlagtömegű társa, amely szignifikánsan magasabb hozamot mutatott az optimális vízellátottságú kezelések esetében, a vizsgált három év átlagában 29%-al.

**7. táblázat: Likopin hozam alakulása (kg/ha)
(n=4)**

Kezelések	2012	2013	2014	2015
URK	3,05±0,12a	1,33±0,06a	0,51±0,09a	1,67±0,13a
UR50	6,61±0,34b	4,67±0,30b	0,60±0,06a	6,60±0,22b
UR100	9,73±0,26c	6,70±0,33c	0,65±0,14a	5,33±0,19c
<hr/>				
STRK	2,37±0,09a	2,70±0,11a	0,72±0,12a	n.a.
STR100	8,44±0,25b	5,32±0,22b	0,44±0,06b	n.a.

Az eltérő betűvel jelölt értékek egy oszlopon belül szignifikánsan eltérnek egymástól, $p \leq 0,05$ valószínűségi szinten, fajtánként külön vizsgálva (n.a. = nincs adat).

3.5 Közeli infravörös spektroszkópiás vizsgálatok eredményeinek értékelése

A közeli infravörös spektroszkópiás méréseket 2012-ben először 64 minta, 2013-ban pedig 120 minta bevonásával kezdtük el vizsgálni. A vizsgált paraméterek a Brix^o, sav és cukortartalom, valamint az egyes karotinoidok voltak. A karotinoidok NIR-es kutatása kapcsán nem sok tanulmány született, amik készültek azok vagy alacsony mintaszámot (30-50) vettek alapul, vagy mindössze egy-két komponenst vizsgálnak. A vizsgálataim ezzel szemben magas mintaszámot és több vegyületet mutatnak be, ideértve az all-transz és cisz likopint, a β -karotint, lycoxanthint és zeaxanthint. A legerősebb összefüggés a β -karotin ($R^2_{cv} = 0,89$, RMSECV = 0,17) és a lycoxanthin ($R^2_{cv} = 0,84$, RMSECV = 0,28) esetén mutatkozott, keresztvalidáció esetén, de a többi komponens eredményei is megfelelőnek mondhatók (8. táblázat). Az eredményeim alapján megállapítható, hogy a közeli infravörös spektroszkópia alkalmas paradicsom esetében karotinoid típusú vegyületek és Brix^o vizsgálatára alacsony hibával.

8. táblázat: A kalibrációs szett eredményei 120 minta alapján

	Brix°	All- Transz Likopin	Cis- Likopin	Lycoxanthin	Zeaxanthin	β- karotín
Spektrum- transzformáció	1 st derivált + MSC	1 st derivált	1 st derivált + MSC	1 st derivált + MSC	1 st derivált + MSC	2 nd derivált
Hullámhossz	950- 1552	950-1650	950-1650	950- 1650	950- 1650	950- 1300
R²_c	0,84	0,78	0,83	0,88	0,83	0,90
RMSE (µg/g)	0,47	6,68	0,23	0,25	0,09	0,17
R²_{cv}	0,77	0,75	0,76	0,84	0,75	0,89
RMSECV (µg/g)	0,55	6,88	0,27	0,28	0,10	0,17
PC	6	2	8	7	7	4

R²_c: R² kalibráció; R²_{cv}: R² kereszt-validáció; RMSE: becslés átlagos négyzetes hibája
RMSECV: kereszt-validáció átlagos négyzetes hibája, PC: főkomponens szám

3.6 Új tudományos eredmények

1. Számszerűsítettem a 4 évjárat alapján, hogy az ökológiai tényezők (vízellátottság, hőmérséklet) alakulása a tenyészidő során szignifikánsan befolyásolja a termék mennyiségi és minőségi paramétereit.
2. Megállapítottam, hogy a Brix° a két vizsgált hibrid és a négy kísérleti év eredményei alapján, hús vízellátottságú kezeléséből tizenhárom esetben mutatott a konzervipari elvárásoknak megfelelő, 5 Brix° feletti értéket.
3. Megállapítottam, hogy a likopin összetételét, tekintve a cisz-likopin koncentrációja szignifikánsan magasabb, ha a betakarítást megelőző egy hétben a maximum hőmérséklet meghaladja a 30 C°-ot. Ez táplálkozás-élettani szempontból is fontos megállapítás.
4. Megállapítottam, hogy a közeli infravörös spektroszkópia (NIR) 950-1650 nm-es tartománya megfelelő spektrumtranszformációs műveletek segítségével alkalmas a feldolgozóipar számára is kiemelten fontos Brix° (R²_{cv}=0,81) és likopin (R²_{cv} =0,84) meghatározására.

4 KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A kísérleteim során négy éven keresztül, egymástól jelentősen eltérő ökológiai körülmények között vizsgáltam az ipari paradicsom különböző paramétereit, amiben szerepelt aszályos és az átlagnál csapadékosabb év is. A klímaváltozás kapcsán a klímakutatók a szélsőségek gyakoriságát említik, ezért a jövőben átlagos évekre valószínűleg egyre ritkábban számíthatunk. Magyarországon egyre nagyobb lesz az esély arra, hogy nagyon meleg és hűvös évek is előfordulnak. Ez az ipari paradicsom számára nagy termesztési kockázatot jelenthet.

Vizsgálataim első része a termésmennyiségek alakulására irányult, amely kapcsán megállapítottam, hogy szignifikáns eltérés mutatkozott mind a vizsgált fajták, mind pedig a vízellátottsági kezelések között. Az évjárathatás erősen megmutatkozott, a 2012-es évben több, mint négyszer annyi termést takarítottunk be, mint 2014-ben az öntözött kezelések esetében. A kontroll állományok egyik évben sem közelítették meg a gazdaságosnak mondható küszöbértéket. A hagyományos bogyóátlagtömegű Uno Rosso F₁ mind a négy évben szignifikánsan nagyobb piacképes termésmennyiséget hozott a cseresznye típusú Strombolino F₁-hez képest.

A Brix[°] kapcsán megállapítható, hogy az évjáratok között jelentős eltérés mutatkozik mind az öntözött mind pedig a kontroll állományok esetén, a legmagasabb és legalacsonyabb értékek között Uno Rosso F₁ esetében 1,5 a Strombolino F₁ esetében pedig közel 2 Brix[°] volt a különbség. A két fajta között a cseresznyeparadicsom hibrid szignifikánsan magasabb Brix[°] értékeket adott a hagyományos bogyó-átlagtömegű hibridhez képest, 4 év átlagában 17%.-al. Mivel a cseresznyeparadicsom magasabb Brix[°]-al rendelkezik, ennek következtében a Brix hozamok tekintetében nem mutatkozott szignifikáns eltérés a fajták között.

Az összes karotinoid-tartalom vizsgálata nem mutatott egyértelmű összefüggést a vízellátottsági kezelések között, a fajták között ellenben igen, a Strombolino F₁ 35-40%-al magasabb mennyiségben tartalmazta.

Eredményeim alapján megállapítható, hogy az összes karotinoid tartalom jelentős részét a likopin teszi ki, ezért tendenciálisan hasonló eredmények mutatkoztak. Az évjárathatás erősen megnyilvánult, a leggyengébb 2014-es és a legkedvezőbb 2012-es év között négyszeres eltérést mértem az optimális vízellátottságú kezelések esetén. A fajták között a Strombolino F₁ 30-70%-al mutatott jobb eredményeket a vizsgált években. Ezzel szemben az Uno Rosso F₁ likopin hozam tekintetében szignifikánsan magasabb eredményeket mutatott minden kezelés esetében. Az egyéb vizsgált karotinoidok esetében hasonló megállapításokat tehetünk, mint a likopinnál, vagyis, hogy a Strombolino F₁ szignifikánsan magasabb mennyiségben tartalmazza, mint az

Uno Rosso F₁ és az évjáratok között jelentős az eltérés, a 2014-es év szintén rendkívül alacsony mennyiségeket hozott.

A C-vitamin vizsgálatok szintén megállapítható, hogy az egyes évjáratok nagymértékben befolyásolták a mennyiségét, 2012 és 2015 között közel kétszeres volt az eltérés. Továbbá megállapítható az is, hogy a két vizsgált hibrid között is volt szignifikáns eltérés, 2013-ban több, mint duplája volt a különbség C-vitamin tartalomban az optimálisan öntözött kezelések esetén.

A közeli infravörös spektroszkópia (NIR) vizsgálati eredményei alapján megállapítható, hogy a 950-1650 nm-es hullámhossztartomány alkalmas, mind a Brix° ($R^2_{cv}=0,81$), sav ($R^2_{cv}=0,63$) és cukortartalom ($R^2_{cv}=0,61$), valamint karotinoid típusú vegyületek (likopin: $R^2_{cv}=0,84$) mérésére alacsony hibával. A különböző spektrumtranszformációs műveletek segítségével az összefüggések tovább erősíthetők.

5 AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

IF, SCI folyóiratbeli cikkek

- Deák, K., Szigedi, T., Pék, Z., Piotr, B., Helyes, L. (2015): Carotenoid determination in tomato juice using near infrared spectroscopy. **International Agrophysics** (IF:1,14) 29: 275-282.
- Györe Kis., Gy. Deák, K. Lugasi, A. Csúr Varga, A. & Helyes, L. (2012): Comparison of conventional and organic tomato yield from a three year-term experiment. **Acta Alimentaria**, (IF: 0,39) 41 (4): 486-493.

Tudományos cikkek (lektorált magyar nyelvű):

- Deák, K., Varga, A., Lugasi A., Helyes, L. (2012): Az ökológiai és a konvencionális termesztésű paradicsom egyes beltartalmi összetevőinek összehasonlító vizsgálata. **Kertgazdaság**, 44 (2): 3-8.
- Deák, K., Szuvandzsiev, P., Helyes, L., Lugasi, A., Pék, Z. (2013): Az öntözés és az évjárat hatása a paradicsom termésmennyiségére és minőségére. **Kertgazdaság**, 45 (2): 3-8.
- Deák, K., Szigedi, T., Pék, Z. (2015): Az ipari paradicsom minőségének meghatározása közeli infravörös spektroszkópiával. **Kertgazdaság**, 47 (1): 3-7.
- Deák, K., Égei, M. (2020): Vízellátás hatása ipari cseresznye paradicsom termésképzésére és a fontosabb fitonutrienseire. **Kertgazdaság**, 52 (3): 17-26.

Proceedings /Konferenciakiadványok

Angol nyelvű:

- Deák, K.J., Szigedi, T., Palotás, G., Daood, H.G. and Helyes, L. (2015): Determination of °Brix, lycopene, β-carotene and total carotenoid content of processing tomatoes using near infrared spectroscopy. **Acta Horticulturae**. 1081,253-258., DOI:10.17660
- Deák, K., Szigedi, T., Helyes, L. (2013): Nondestructive determination of carotenoid content and composition in tomatoes using near infrared spectroscopy. **International Symposium on Agri-Foods for Health & Wealth, Bangkok**. 33.
- Deák, K. J., Daood, H., Neményi, A. (2013): Effect of elevated potassium supplement on yield formation in case of processing tomatoes. 12th Alps-Adria Scientific Workshop, **Növénytermelés/Crop production** 62: 63-66.

Konferencia és előadás összefoglalók (Abstracts)

Magyar nyelvű:

Deák, K., Varga, A., Lugasi, A., Helyes, L. (2012): Ökológiai és konvencionális termesztésű paradicsom egyes beltartalmi összetevőinek összehasonlító vizsgálata [In: Pannon Egyetem Georgikon Kar (szerk.)]. **XVIII. Ifjúsági Tudományos Fórum.** 24-34.

Deák, K. J., Szuvandzsiev P., Varga A., Lugasi A. Helyes L. (2012): Ökológiai és konvencionális termesztésű paradicsom egyes beltartalmi összetevőinek összehasonlító vizsgálata [In: Magda, S., Dinya, L. (szerk)] . **XIII. Nemzetközi Tudományos Napok: Zöld gazdaság és versenyképesség.** 79.

Deák, K. J., Varga A., Lugasi A., Helyes L. (2012): Az ökológiai és konvencionális termesztésű paradicsom egyes beltartalmi összetevőinek összehasonlító vizsgálata [In: Takács, M. (szerk.)]. **II. SzaKKKör Konferencia – Szakkollégiumok Konferenciája a Környezet- és Természetvédelemért.** 29.

Deák, K. J. (2013): Vízellátottság hatása cseresznyeparadicsom termésmennyiségére és élettani szempontból fontos fitonutriensekre. Tavaszi Szél Konferencia 2013, Sopron

Deák, K. J. (2013): Ipari paradicsom vízdoldható szárazanyag tartalmának meghatározása közeli infravörös spektroszkópiával. **Debreceni fejlődés és környezet konferencia.** 5.

Ismeretterjesztő és szakcikk

Deák K., Varga A., Lugasi A. (2012): Ökológiai és konvencionális termesztésű paradicsom egyes beltartalmi összetevőinek összehasonlító vizsgálata. *Biokultúra*, 23 (1): 20-27.

Deák K. (2012): Mi van a biotermékekben? *Kertészet és szőlészet*, 61 (6): 10-11