



SZENT ISTVÁN
EGYETEM



MEZŐGAZDASÁG- ÉS KÖRNYEZET-
TUDOMÁNYI KAR, GÖDÖLLŐ

Szent István Egyetem

Chili paprika minőségi paramétereinek
alakulása különböző színű árnyékoló
hálók, genotípusok és érésfázisok
függvényében

Nagy Zsuzsa

Gödöllő

2018

A doktori iskola

Megnevezése: Növénytudományi Doktori Iskola

Tudományága: növénytermesztési és kertészeti tudományok

Vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektorhelyettes
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

Téma vezetője: Dr. Helyes Lajos

egyetemi tanár, intézetigazgató, tudományos rektorhelyettes
Szent István Egyetem, Mezőgazdasági és Környezettudományi Kar
Kertészeti Intézet

Dr. Daood Hussein

c. egyetemi tanár

Szent István Egyetem, RET

.....
Az iskola vezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

Tartalomjegyzék

| | |
|--|----|
| Jelölések, rövidítések jegyzéke | 5 |
| 1. Bevezetés..... | 6 |
| 1.1. Célkitűzések..... | 7 |
| 2. Irodalmi áttekintés | 8 |
| 2.1. A paprika termesztés helyzete | 8 |
| 2.2. A paprika biológiai és táplálkozás-élettani jelentősége..... | 9 |
| 2.3. Morfológia és másodlagos anyagcsere termékek..... | 11 |
| 2.4. A chili paprika minőségi komponensei | 12 |
| 2.4.1 Kapszaicinoidok jelentősége és mennyiségükre ható tényezők | 12 |
| 2.4.2. C-vitamin jelentősége és mennyiségükre ható tényezők | 16 |
| 2.4.3. Karotinoidok jelentősége és mennyiségükre ható tényezők | 18 |
| 2.4.4. Polifenolok | 20 |
| 2.5. A paprika érésdinamikája..... | 21 |
| 2.6. A paprika ökológiai igénye | 23 |
| 2.7. Fotoszintetikus aktivitás..... | 24 |
| 2.7.1. SPAD érték..... | 26 |
| 2.8. Árnyékoló hálók használata és a termésmennyiség | 26 |
| 3. Anyag és módszer | 30 |
| 3.1. A kísérlet beállítása..... | 30 |
| 2.8.1. Alkalmazott genotípusok | 32 |
| 3.2 A vegetáció során mérések | 33 |
| 3.3. Analitikai mérések | 34 |
| 3.3.1. Kapszaicinoid mérés..... | 34 |
| 3.3.2. C-vitamin mérés..... | 35 |
| 3.3.3. Karotinoid mérés..... | 35 |
| 3.3.4. Polifenol mérés | 36 |
| 3.4. Adat elemzés | 37 |
| 4. Eredmények..... | 39 |
| 4.1. A minőségi komponensek analízése..... | 39 |
| 4.1.1. Kapszaicinoidok (csípőségért felelős anyagok) | 39 |
| 4.1.2. C-Vitamin | 40 |
| 4.1.3. Karotinoidok..... | 40 |
| 4.1.4. Polifenolok | 42 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.5. A módszerek validálása..... | 43 |
| 4.2. Fajták összehasonlítása | 45 |
| 4.3. Érésdinamikája | 47 |
| 4.3.1. Csípősség anyagok..... | 47 |
| 4.3.2. C-vitamin és karotinoid+klorofill tartalom..... | 52 |
| 4.3.3. Polifenol tartalom..... | 54 |
| 4.4. 2014. évi szabadföldi termesztés | 59 |
| 4.4.1. Környezeti paraméterek | 59 |
| 4.4.2. Totál kapszaicinoid (TC)..... | 60 |
| 4.4.3. C-vitamin..... | 61 |
| 4.4.4. Karotinoidok | 62 |
| 4.4.5. Klorofill-a fluoreszcencia | 67 |
| 4.5. Fólia alatt termesztés – (Soroksár 70 típusú) 2014-ben | 69 |
| 4.5.2. Környezeti paraméterek a fóliában..... | 69 |
| 4.5.3. Totál kapszaicinoidok (TC) | 71 |
| 4.5.4. C-vitamin..... | 73 |
| 4.5.5. Karotinoidok | 74 |
| 4.5.6. Klorofill-a fluoreszcencia | 80 |
| 4.5.7. Termés adatok | 81 |
| 4.6. Fólia alatti termesztés - (Rischel típusú növényházban) 2015 –ben..... | 83 |
| 4.6.2. Környezeti paraméterek..... | 83 |
| 4.6.3. Totál kapszaicinoid (TC)..... | 85 |
| 4.6.4. C-vitamin..... | 88 |
| 4.6.5. Karotinoidok | 90 |
| 4.6.6. Klorofill-a fluoreszcencia..... | 93 |
| 4.6.7. Termés adatok..... | 94 |
| 4.7. SPAD érték..... | 95 |
| 5. Új tudományos eredmények (tézisek)..... | 97 |
| 6. Következtetések és a javaslatok | 98 |
| 7. Összefoglalás | 101 |
| 7.1. Összefoglalás angol nyelven | 103 |
| 8. Mellékletek..... | 106 |
| 8.1. M1 (Irodalomjegyzék)..... | 106 |
| 8.2. M2 (Táblázatok)..... | 125 |
| 9. Köszönetnyilvánítás..... | 135 |

Jelölések, rövidítések jegyzéke

NDC: nordehidrokapszaicin

CAP: kapszaicin

DC: dehidrokapszaicin

HCAP 1: homokapszaicin 1

HCAP 2: homokapszaicin 2

HDC 1: homodehidrokapszaicin 2

HDC 2: homodehidrokapszaicin 2

TC: Összes kapszaicinoid összeadva (koncentráció)

SHU: Scoville Heat Unit

PAR: fotoszintetikusan aktív régió

PPFD: fotoszintetikus aktív régió besugárzása (Photosynthetic Photon Flux Density)

PSII: fotoszintetikus rendszer

ME: monoészter formában levő karotinoidok összeadva (koncentráció)

DE: diészter formában levő karotinoidok összeadva (koncentráció)

1. Bevezetés

A dolgozat témáját képző chili paprikák a *Capsicum* nemzetségen belül a *C. annuum*, *C. frutescens*, *C. baccatum*, *C. chinensis*, *C. pubescens* és *C. chacoense* fajokhoz tartozó csípős bogyójú, nem étkezési paprikák, illetve nem magyar fűszerpaprikák gyűjtőneve (Hayano-Kanashiro et al. 2016). A csípős paprikákat értékes áruként tartják számon, amelyek nyersen és feldolgozva egyaránt értékesíthetők. Táplálkozás tudományi szempontból a benne található C-vitamin, karotinoidok, polifenolok és tokoferolok miatt fontosak, továbbá a kapszaicinoidok egyetlen forrása (Arimboor et al. 2014).

Csípős étkezési, fűszer illetve chili paprikákon a színes hálós árnyékolás és a tápanyagtartalom kapcsolata egyelőre még minimálisan kutatott terület. Ezen vegyületek és más másodlagos anyagcseretermékek képződését befolyásolják különböző abiotikus tényezők; a fénynek való kitettség és prekursorok jelenléte (Rao és Ravishankar 2002), az UV sugárzás (Wink, 1988; Namdeo, 2007), vízellátottság (Sung et al. 2005; Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa, 2016), a szedés ideje (Kim et al. 2008), postharvest munkálatok (Lee és Kader 2010) és a színes hálós árnyékolás (Selahle et al. 2014). Étkezési édes paprikák termesztése során a színes árnyékoló hálóval való árnyékolás széles körben, főleg a nagy mennyiségű sugárzásnak kitett termesztő területeken használt és kutatott módszer (Kitta et al. 2014), például Európa mediterrán térségeiben (Legarrea et al. 2010), Szerbiában (Ilić et al. 2011; Ilić és Fallik 2017), Izraelben (Shahak, 2008), Brazíliában (Ferreira et al. 2014), az Egyesült Államok déli területén (Masabni et al. 2016), Indiában (Nangare et al. 2015) és Magyarországon is (Ombódi et al. 2015, Ombódi et al. 2016). A színes hálós árnyékolás az állományt érő besugárzás mennyiségi és spektrális összetételbeli tulajdonságait hivatott befolyásolni (Shahak 2008, Elad et al. 2007). A színes árnyékolás hatása csípős étkezési, fűszer és chili paprikák fitonutrienseire és termés mennyiségére jelenleg korlátozott mértékben kutatott, annak ellenére, hogy e paprikák termesztése és fogyasztása is elterjedt az édes étkezési és fűszerpaprikák mellett világvizonylatban és hazánkban is.

Egy másik fontos kérdés a chilipaprika termesztés, feldolgozás és tápanyagtartalom kutatás számára, hogy a bogyók érése során miként alakul a csípősségük és egyéb tápanyagtartalmuk. E terület széles körben és régóta kutatott, mégis az eredmények nincsenek sok esetben összhangban egymással a sok különböző genotípus miatt, és a pontos érésfázis meghatározásának bizonytalansága miatt.

1.1. Célkitűzések

Célkitűzéseimként az alábbiakat fogalmaztam meg:

- a chili bogyóban előforduló bioaktív és minőséget meghatározó vegyületek vizsgálata korszerű folyadékkromatográfiás módszerek alkalmazásával
- a különböző genotípusok összehasonlító vizsgálata (*Capsicum frutescens* és *Capsicum annuum*) különös tekintettel az bogyók kapszaicinoid, polifenol és C-vitamin tartalmára az érés dinamikája alapján,
- a különböző színű árnyékoló hálók használata és szedés idők szimultán hatása Fire Flame, ‘Star Flame’ illetve ‘Jalapeno’ (*C. annuum*) fajták minőségi komponenseire (kapszaicinoid, C-vitamin, karotinoidok),
- megvizsgálni miként hat a különböző színű árnyékoló hálók használata Fire Flame, ‘Star Flame’ illetve ‘Jalapeno’ (*C. annuum*) fajták fotoszintetikus aktivitására és piacképes termésmennyiségére.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A paprika termesztés helyzete

A paprikák a *Solanacea* növény család tagjai (*Capsicum spp.*), Közép-, és Dél-Amerika páradús régiójából származnak (Votava et al. 2005). Európába Kolumbusz Kristóf hajója közvetítésével került 1494-ben, majd hazánkba a Balkán-félszigetről került délszlávok közvetítésével, erre utal a törökbors és pogánybors elnevezés is. Európában Spanyolország mellett Szegeden, majd később Kalocsa vidékén kezdtek tömegesen a fűszerpaprikát termesztani. Később az 1930-as évek elején kinemesített első magyar csípősségmentes fűszerpaprika-fajta termesztésbe vonásával a költséges kézi erezés elhagyásával vált lehetővé a csípősség nélküli örlemény előállítás gazdaságosan.

Világviszonylatban 2013-ban 31 millió tonna feletti termést becsültek feldolgozatlan, nyers chili paprikából és 3 millió tonnára becsülték a feldolgozott chili paprika produktumot. Amerikában 2012-ben 250 000 hektáron takarítottak be, míg Ázsiában 2 000 000 hektáron. Ázsiában a nyers produktum 23 millió tonna fölött volt 2012-ben, míg Amerikában ez az érték 4,2 millió tonnát érte el.

A hazai chilipaprika előállításról nem könnyű megbízható adattal szolgálni, mert csekély területen hajtadják és a szabadföldi termesztésnek sem számottevő a vetésterülete, ugyanakkor nem csak nyers termését, hanem cserepes fűszernövényként, feldolgozva szószként és örleményként is értékesítik. A chili paprikát a FAO statisztikák általában egyben tárgyalják a magyar édes és csípős fűszerpaprikával, az **1. táblázatban** megtekinthető, hogy az utóbbi években hogyan alakult a hektáronként betakarított termésátlag hazánkban (Faostat 2017). 2010 és 2014 közötti időszakban a 2011-ben 2668 ha területen termesztettük hazánkban és ehhez társul ez időszakban legmagasabb 48 t/ha termésátlag, és az EU-ban is 2011-ben volt a legmagasabb vetésterülete: 69 363 ha (Faostat 2017). 2014-2015-ben FruitVeb (<http1>) forrása szerint kb. 2000 hektár volt a fűszer paprika termesztés szabadföldön. Az Univer Product Zrt. beszámolója alapján a nyers erős fűszerpaprika szükséglet az általuk forgalmazott termékek elkészítéshez átlagosan kb. 1000-1200 tonna évente, édes fűszerpaprika esetén ez az érték 1300-1500 tonna (Palotás, előadása, 2014). A fűszerpaprikák (beleértve édes és csípős, <http2>) export és importjáról gyűjtött adatok alapján 2010 óta hazánk exportja a következő országokba

növekedett: Ausztria, USA, Csehország, Hollandia és Horvátország. A legfrekvenciáltabb import országok pedig Szerbia, Spanyolország, Kína és Hollandia. 1995 és 2012 közötti időszakban a legtöbb exportot 2003-ban sikerült teljesíteni, amely 5443 t és 12762000 euró érték, a legnagyobb behozatalra pedig 2005-ben került sor, amely 2526 t 5 457 000 euró értékben történt. 2003 és 2005 között esett vissza jelentősen az export mennyisége (több mint felére), az import pedig 2002 és 2004 között megtízszereződött, majd 2005 óta stagnál mennyisége.

1. táblázat. Magyarországi feldolgozatlan chili és fűszerpaprika egyben 2010 és 2014 között (Faostat 2017).

| Év | Terület Magyaró. (ha) | Terület EU (ha) | Termésátlag Magyaró. (t/ha) | Termésátlag EU (t/ha) | Termelés Magyaró. (t) | Termelés EU (t) |
|------|-----------------------|-----------------|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|
| 2010 | 3232 | 69363 | 37,9 | 32,4 | 122445 | 2248874 |
| 2011 | 2668 | 64418 | 48,0 | 34,5 | 128003 | 2223694 |
| 2012 | 2648 | 63084 | 35,0 | 35,5 | 92608 | 2243721 |
| 2013 | 2550 | 64420 | 34,2 | 35,9 | 87200 | 2310995 |
| 2014 | 1990 | 61490 | 42,6 | 39,0 | 84790 | 2398677 |

2.2. A paprika biológiai és táplálkozás-élettani jelentősége

A prooxidánsok (peroxid- és szuperoxid gyökök) az oxidatív foszforiláció, vagyis az emberi szervezet ATP termelése során, természetes módon keletkeznek, ezek mennyisége betegség, öregedés, erős UV sugárzás és dohányzás hatására gyakran megnövekszik (Dias 2012; Zhu et al. 2015; Krga et al. 2016). A karotinoidok, kapszaicinoidok, polifenolok és a C-vitamin és más fitonutriensek a növényi anyagcsere elsődleges vagy másodlagos termékei, magas antioxidáns aktivitással rendelkeznek, ami azt jelenti, hogy elektron vagy proton donorként funkcionálnak és ezzel a prooxidánsok semlegesítésében és a szervezetünk egészségének megőrzésében van kulcsszerepük. Ahhoz, hogy hozzá jussunk e vegyületekhez az alapvegyületek felvételére és átalakítására, illetve a kész vegyületekre van szükségünk, amelyet táplálkozás útján egyes állati termékek, gyümölcs és zöldségnövények tudnak biztosítani, és a csípős paprikák beleértve a magyar fűszer, étkezési és chili paprikákat (*Capsicum spp.*) e vegyületek kiemelkedő forrása (Arimboor et al. 2014, Kantar et al. 2016, Pundir et al. 2016). Egy, a nyers és füstölt (chipeplin) ‘Jalapeno’ beltartalmi értékeit vizsgáló tanulmány szerint, a füstölés jelentősen növeli az összpolicfenol tartalmat és az antioxidáns kapacitást, a karotinoid

tartalmat nem változtatja, a kapszaicinoid és C-vitamin tartalmat pedig szignifikánsan csökkenti (Núñez-Gastélum és Alvarez-Parrilla 2015).

A kapszaicinoidok hatása az emberi szervezetre széles körben kutatott. A növény érett termése és kivonata (*Tinctura capsici*) a VIII. Magyar Gyógyszerkönyvben is megtalálható. Alacsony koncentrációban jótékony hatással vannak az emésztőszervi bántalmakra (Mózsik et al. 2005) és a gyomorfekély kialakulására (Abdul Jawad és Hasanein, 2013), serkentik az érzékelő receptorok membránján működő kation csatornák (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) működését (Wood et al. 1988), és aktivizálják az automatikus reflexek működését (Wachtel 1999).

A moderált csípősségű paprikák hatékonynak bizonyultak a kor előrehaladtával kialakuló memoriavesztés ellen (Yang et al. 2015). Patkányokon végzett kísérletekből megtudhatjuk, hogy a kalcium és cink felszívódását serkentik (Prakash és Srinivasan, 2013) és az inzulintermelő β -sejtek tömegét is növelik, ezáltal a glükóz anyagcserében szerepet játszanak (Yang et al. 2014). Előállításuk szövettenyésztéssel már kidolgozott gyógyszeripari felhasználásuk miatt (Rao és Ravishankar 2002).

A C-vitamin biológiai értelemben elektrondonorként funkcionál különböző enzimés és néhány nem enzimés reakcióban. Az emberi szervezet bizonyos ideig képes csak raktározni, vagyis a friss C-vitamin források fogyasztása elengedhetetlen az egészség fenntartásában (Stone 1972). Egy C-vitamin-mentes étrendet követő stresszmentes felnőttél 1-6 hónap alatt alakul ki skorbut. A C-vitamin jótékony hatása a kollagén szintézise és a jól működő immunrendszer fenntartásában rejlik (Sauberlich 1994). Továbbá anti-tumor tulajdonságai is kutatottak, de ezek bizonyos esetben nem egyértelmű pozitív hatást mutatnak, pl tüdőrák ellen (Cortés-Jofré et al. 2012).

A sárga színű karotinoidok jótékony hatással vannak látásunkra, a tüdő-, illetve mellrák, a szív- és érrendszeri betegségek ellen (Ribaya-Mercado és Blumberg 2005). A piros kapszanthin potenciálisan védelmet nyújt a vastagbélrák kialakulása ellen (Kim et al. 2009) és gátolja a szabadgyökök általi lipid peroxidációt (Matsufuji et al. 1998). Egy tanulmányban paprikalé megítatása után emberi vérből detektáltak kapszantint, kapszantont, kukurbitaxantint, 13-cisz kapszantint, luteint és zeaxantint, amely arra enged következtetni, hogy a cisz-kapszanthin és kapszanthone van olyan fontos bioaktív vegyület, mint a többi karotinoid (Etoh et al. 2000).

2.3. Morfológia és másodlagos anyagcsere termékek

A paprikákat két jól elkülönített csoportra osztjuk, a zöldségnövényként fogyasztott általában nagyobb bogyójú és vastagabb falú étkezési paprikák, és a kisebb méretű, de nagyobb szárazanyagtartalmú, főleg feldolgozásra szánt fűszer- vagy chili paprikák. Minden *C. annuum* paprika genetikailag a *C. annuum* var. *avicularéból* származik nemesítés vagy keresztezés útján (Buckenhuskes 2003). A paprika hazánkban egyévesként termesztett hosszúnappalos növény, de géncentrumában többévesként tartják számon. Növekedési típus szerint lehet determinált (csokros), féldeterminált és folytonnövő fajtáról beszélni. Virágai kétivarúak, fehér, halvány rózsaszín, illetve lilás árnyalatúak, önbeporzóak, azonban előfordulhat rovarok által közvetített idegen megporzás is. A fejlett paprika főgyökérzete a talajhoz közeli 30 cm mélységben terjeszkedik (Gyúros és Szöriné, 2005). Leveli kerekded vagy ovális alakúak, kihegyesedőek, ép szélűek, általában sima felszínűek, de lehet szőrözött a levél pl. Serrano típus (DeWitt és Bosland 2009).

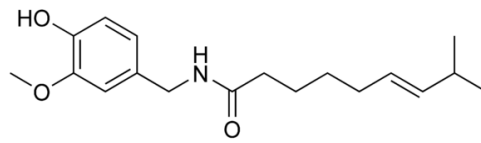
A paprika növény termése húsos falú felfűjt bogyó vagy toktermés, de a termesztési gyakorlat általában bogyónak nevezi. Ebben találhatóak a magok, amelyek lapított vese alakúak, matt sárga színűek, kivétel a *Capsicum baccatum* faj, amiben a magok feketék (DeWitt és Bosland 2009). A különböző genotípusok ezermagtömege 5-7 g és a magok 3-4 évig csírázó képesek (Gyúros 2009). A termés legfontosabb része a termésfal, amelyben a paprika pigmentjei a kloroplasztban majd később kromoplasztban képződnek és raktározódnak, a termésfal közvetlen héj alatti részén koncentrálnak legnagyobb mennyiségben (Borovsky és Paran 2008). A kapszaicinoidok a paprika placentáját alkotó protoplasztban szintetizálódnak és a termésfalon futó erekben és ennek mirigyeiben raktározódnak (Fujiwake et al 1982), eloszlásuk a bogyóban nem egyenletes, a termés csúcs felé csökken mennyiségük (Supalkova et al. 2007). Édes paprikákban is termelődnek csípős érzést nem okozó kapszaicinoid vegyületek, amelyeket összefoglaló néven kapsziátoknak nevezünk (Kwon et al. 2013). Daood et al. (2015) 4-50 µg/g összkapszaicinoidot mért édes fűszerpaprikában. A Magyar Élelmiszerkönyv 2-211 és 2-108 számú irányelvei alapján összkapszaicinoid alapján, 30 mg/kg az édes, 30-200 mg/kg az enyhén csípős, 200-500 mg/kg a csípős és 500 mg/kg fölött igen csípősnek minősül a fűszerpaprika örlemény. A C-vitamin fővegyülete az L-aszkorbinsav, amely galaktózból szintetizálódik a Smirnoff-Wheeler útvonalon, amely nagyrészt a citoszolban de utolsó lépése a mitokondrium belső membránjában játszódik le (Wheeler et al. 1998) és a termeshúsban és az erekben raktározódik.

2.4. A chili paprika minőségi komponensei

2.4.1 Kapszaicinoidok jelentősége és mennyiségükre ható tényezők

A chili, fűszerpaprikák és a csípős étkezési paprikák fontos jellemzője a bogyók csípősség mértéke, amelyet a termés kapszaicinoid tartalma határoz meg (Iwai et al. 1979). A kapszaicinoidok aminosav (fenilalanin, valin és leucin) eredetű protoalkaloidok amelyek a nitrogént a nyílt láncon tartalmazzák (Castro-Concha et al. 2016). Szintézisükben közös a kiinduló a vanillilamin gyűrű és az ehhez csatlakozó 8 illetve 13 szénatomszámú zsírsavláncok (Mózsik et al. 2009). A gyűrűs vég kialakulásának lépéseit Fujiwake et al. (1982) tárta fel a protoplasztból való kivonással és leméréssel, ezek: fenilalanin, fahéjsav, kumársav, kávésav, ferulasav, és vanililamin. A kapszaicinoidok jellemzői, hogy rendkívül stabil alkaloidok, amelyeket kis mértékben befolyásol a hő, mert főzés és fagyasztás során sem veszítenek a nagymértékben. Mennyiségi meghatározásuk során elterjedt, hogy 100% metanollal oldják (Daood et al. 2015), vagy vízzel és metanollal (Mokhtar et al. 2016) de acetonitrilben is jól oldódnak (Zahra et al. 2016) továbbá szuperkritikus CO₂-dal extrálható (Sato et al. 1999). A kapszaicinoidok elválasztása izokratikus rendszerben történik, detektálása pedig fluoreszcens detektorral illetve fluoreszcens detektorhoz csatlakoztatott MS detektorral (Daood et al. 2015). Schweiggert et al. (2006) 25 kapszaicinoid és rokon vegyületet detektált többféle paprikából. Scoville Heat-skálán elhelyezkedő értéke az egyes paprikáknak meghatározható hagyományos hígítási módszerrel is, de a folyadékkromatográfiás technika fejlődésével a hagyományos kóstolási módszer már nem használatos pontos meghatározásra. A csípősséget okozó vegyületek vizsgálatának kezdete P.A. Bucholtz nevéhez fűződik, aki 1816-ban dörzsmozsárban eldörzsölt termékből vonta ki a csípősséget okozó vegyületeket szerves oldószerekkel. 1988-ban jól képzett csípőspaprika-kóstolókkal végzett kísérletben megállapították, hogy a legenyhébb a nordihidro-kapszaicin (NDC) volt, mely „legkevésbé irritáló” és „gyümölcsös, édes, fűszeres” minősítést kapta, utána a homodihidro-kapszaicin (HDC), amely a „nagyon irritáló” minősítést kapta. A két legmarkánsabb hatású kapszaicinoid vegyület a kapszaicin (CAP, **1. ábra**) és a dihidro-kapszaicin (DC) volt, melyek a közép-nyelvtől a szájpadlason át egészen a torokig égető érzést váltottak ki. Tudjuk, hogy az összes kapszaicinoid együttesen produkálják a csípősséget a paprikákban, de a kapszaicin önmagában is a legerősebb komponens (Dewitt és Bosland, 2009). A kapszaicin és a

dihidrokaptszaicin együtt általában több mint 80%-át adják a teljes kapszaicinoid tartalomnak (Topuz és Ozdemir 2007).



1. ábra. A kapszaicin (8-metil-N vanillil-transz-6-nonénamid) szerkezeti képlete.

A kapszaicinoidok szintézisére ható tényezők feltárása összetett kérdés, hiszen az eddigi kutatások eredményei sokszor nem egyértelmű eredményeket, illetve tendenciákat mutatnak, de általánoságban elmondhatjuk, hogy a környezeti stressz valamilyen módon növeli a csípősséget (Lindsay és Bosland 1995). A különböző fajok és fajták között nagymértékű különbség mutatkozik, amely az eltérő genetikai háttérrel magyarázható (Lekshmi és Sreelathakumary 2016; Topuz és Ozdemir 2007; Giuffrida et al. 2013). A *C. annuum* fajhoz tartozó fajták sok esetben alul maradnak csípősségben a *C. frutescens* és *C. chinensis* fajokhoz képest (Sanatombi és Sharma 2008). A jelenleg legerősebb fajták a *C. chinensis* fajhoz tartozó „Trinidad Moruga Scorpió” és „Dragon Breath” SHU-ban kifejezve meghaladhatja a két milliót (Bosland et al. 2012). A termesztéstechnológia, érettség és az egyéb, főként szabadföldi termesztésben fellépő és nem kontrollálható tényezők potenciálisan mind befolyásolják a bogyókban kialakuló kapszaicinoidösszetételt és -mennyiséget, ezáltal a faj és fajta szerinti csípősségbesorolás nem ad megbízható információt egy minta várható csípősségéről.

Az öntözés abiotikus stressznek tekinthető faktor. A gyenge vízellátottság nagyobb kapszaicinoidkoncentrációt eredményezett az optimálisához képest, amelyet a virágzás utáni 40. napon mértek, kapszaicinoid szintetáz és C₄H (fahéjsav 4-hidroziláz) enzim nagy mennyiségének köszönhető (Sung et al. 2005). Továbbá Mahendran és Bandara (2000) megállapítása szerint a talajban kialakult víz deficit közvetve hat a bogyókra, amelyekben nagyobb csípősség alakulhat ki ez által. Fűszerpaprika fajtákon végeztek négy öntözési szintet összehasonlító kísérletet, és arra a következtetésre jutottak, hogy ezek a kapszaicin (csak a fő vegyületet mérték) tartalmát szignifikánsan nem befolyásolták (Kirnak et al. 2016). Zamudio-Moreno et al. (2014) Habenero típusú paprikán (*Capsicum chinense* Jacq) végzett vizsgálata a virágzás utáni 7 illetve 9. napig öntözés elhagyás és a mindennapos öntözés hatását vizsgálta kapszaicin szintetáz, peroxidáz enzimekre és kapszaicinoidok mennyiségére, majd megállapította, hogy a kapszaicinoid tartalom minden mérési

időben a 9 napig tartó öntözés elhagyással nevelt növényeken szignifikánsan magasabb volt.

Eltérő N és K mennyiségű műtrágya kísérletben a műtrágyát nem kapott növények érték el legmagasabb csípősséget Habanero típusú (*C. chinensis*) paprikában, hiszen stresszforrás a tápanyagszegény talaj is (Medina-Lara et al. 2008). Továbbá ‘Jalapeno’ (*C. annuum*) típusú paprikán végzett vizsgálatból megtudjuk, hogy a nitrogén adag emelésével a DC mennyiség emelkedett, de a főkomponens, vagyis a CAP mennyisége a köztes (megfelelő) mennyiségű nitrogén esetében volt a legmagasabb (Johnson and Decoteau, 1996). *C. annuum* var. *Padrón* chilin a műtrágya (N:P:K 13:40:13) használat csípősebb bogyókat okozott, ugyanakkor ez negatívan korrelált a bogyók lignin és oldható fenoltartalmával (Estrada et al. 1998). Érdekessége e fajtának, hogy kevésbé csípős, de környezeti hatásra 10 %-ban nagyon erős bogyókat tud érlelni. Denre et al. (2013) levéltrágyaként jutatott ki mikroelem hatása zöld étkezési csípős paprika csípősségére, amelyben a Mo₂ (molibdén) kivételével az összes mikroelem emelte a kontrollhoz képest a csípősséget.

Bizonyos kísérletek azt a jelenséget próbálják feltárni, miként viselkednek a különböző genotípusok a különböző helyeken (Zewdie és Bosland 2000), és azt tapasztalták, hogy a DC koncentrációja konzekvensebben mérhető a különböző termőhelyeken az egyes fajtákban, mint a CAP koncentráció. Ugyanakkor javasolják, hogy az egyes termőhelyre szelektált vonalakat használjanak a termesztők, mert azokban nagyobb valószínűséggel alakul ki a várt csípősség (Harvell és Bosland 1997). Különböző tengerszint feletti magasságokon végzett kísérletben Gurung et al. (2011; 2012) megállapította, hogy bizonyos évben/esetben a hevesebb napsugárzásnak való kitettség alacsonyabb csípősséget eredményez. Gurung et al. (2011) azt is megállapította, hogy a kevésbé csípős típusok fogékonyabbak a különböző termőhelyi különbségekre, vagyis a csípősebb fajták csípősségét kevésbé befolyásolja a különböző termőhely. Kundu et al. (2014) két különböző magasságban termesztett “Bhut Jolokiát” (*C. chinense* × *C. frutescens*), és arra a megállapításra jutott, hogy a nagyobb tengerszint feletti magasságon 4,3-szor több SHU és CAP alakul ki a bogyókban, feltehetően a légköri oxigén és szén-dioxid alacsonyabb parciális nyomása miatt. Kirschbaum-Titze et al. (2002) egy növényen belüli bogyókat vizsgáltak, és mérésük szerint rendkívül nagy skálán mozgott a csípősség, de a főkomponensek aránya állandónak bizonyult az egyeden belül. A csípősség függhet attól, hogy a bogyó melyik nódusz magasságában kötődött, mert a második nódusznál levő bogyókat csípősebbnek találták, mint a felsőbb bogyókat. Ez

valószínűleg az érés és kapszaicin szintézishez elérhető több tápanyag tartalomnak köszönhető (Zewdie és Bosland 2000). Tewksbury et al. (2006) felmérést végzett egy köztermesztésben nem levő, de géncentrumában fellelhető *Capsicum* fajon (*C. chacoense*). Megállapította, hogy a magasabban (900 m fölött) talált és begyűjtött bogyók csípősebbek, és maga a csípős bogyót termő *C. chacoense* tövek nagyobb arányban vannak a nem-csípős bogyókat termőkhöz képest.

A nappali és éjszakai hőmérsékleti viszonyokat tekintve Otha (1960) szerint alacsonyabb éjjeli hőmérséklet indukálja, hogy a paprikák csípősebbek legyenek. Egy édes paprikákkal foglalkozó kísérletben 6 édes fajtát talajnélkül két különböző hőmérsékleten termesztettek, és azt tapasztalták, hogy a magasabb hőmérséklet stimulálta a kapsziátok termelődését, mind zöld érésben mind az érett fázisban (Rahman és Inden 2012). González-Zamora et al. (2013) üvegházban és szabaföldön nevelt 7 chili fajtát (mind *C. annum*). Az üvegházban a magasabb hőmérséklet magasabb csípősséget eredményezett ötben, de különböző mértékekben, és két fajtában (Jalapeno és de Árbol) csökkenést. Minden kezeléskombinációban magasabb DC koncentrációt mértek, mint CAP vegyületet. Ez némiképp ellentmond a kapszaicinoidok összetételével foglalkozó tanulmányok jelentős részével, amelyek szerint a CAP a főkomponens és utána a DC (Contreras-Padilla és Yahia 1998; Gnayfeed et al. 2001; Iqbal et al. 2013). Konvencionális vagy ökológiai gazdálkodás szerint termesztett chili (*Capsicum annum*) az egyik ökológiai gazdálkodásból származó szignifikánsan magasabb CAP mértek, de a legalacsonyabb értéket is e gazdálkodásból származó paprikában mérték. A konvencionális gazdálkodásból származó paprikák értékei nem tértek el egymástól (Daood et al. 2015).

Összesen két kísérlet érhető el a szakirodalomban, amely valamilyen szempontból az árnyékolás és a kapszaicin összefüggést próbálja leírni. Az egyik kísérletben (Srinivasulu et al. 2015) zöld színű és 50%-os árnyékolást alkalmaztak különböző paprikák csípősség, karotinoid és C-vitamin tartalom mérésére. Kontroll csoport nincsen a kezelés mellé beállítva, ezért ez sem nem mondható valódi árnyékolási kísérletnek. A legmagasabb C-vitamin tartalmat (179,34 mg/g) a sárgaszínű „Angel” fajtában mérték, amelynek csípőssége és összkarotinoid tartalma elhanyagolható, ezért koncentrációban nincs megadva. Továbbá Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa (2016) kísérletében az öntözés gyakorisága és különböző árnyékoló intenzitású hálók szimultán alkalmazása volt a cél összkapszaicinoid meghatározásra „piquin” állóbogyójú chilire (*Capsicum annum* L. var. *glabriusculum*). Szignifikáns különbségeket nem mértek a kezeléskombinációk között, de azt találták, hogy a

mérsékelt öntözés 35%-os árnyékolású hálóval kombinálva eredményezte a legcsípősebb bogyókat átlagértékben kifejezve. Továbbá árnyékolási százalékban megadva a 70%-os árnyékolás az 50 és 0%-hoz képest bizonyos fajtákban szignifikánsan növeli a csípősséget (Jeeatid et al. 2017).

2.4.2. C-vitamin jelentősége és mennyiségükre ható tényezők

Elsőként Szent-Györgyi Albert izolálta és sikeresen nyerte ki nagy mennyiségben csípős magyar fűszerpaprikából és használta skorbut ellen állatkísérletekben (Szent-Györgyi és Haworth, 1933; Svirebely és Szent-Györgyi 1933).

A C-vitamin pontos meghatározása HPLC-vel lehetséges izokratikus rendszerben ionpár-képző elválasztással és diódasoros detektálással (Osuna-Garcia et al. 1998; Ghasemnezhad et al. 2011). A C-vitamin fő komponense az L-aszorbinsav, amely rendkívül nagy mennyiségben van jelen a különböző *Capsicum* fajokban és fajtákban (Kumar és Tata 2009). Az L-aszorbinsavat a legfontosabb vízoldható antioxidáns vegyületnek tartjuk, amely zöldségnövényekből izolálható, ennek enantiomer párja a D-aszorbinsav, amely nem rendelkezik jelentős antioxidáns hatással. Az oxidált formában levő dehidroaszorbinsav (DHA) viszont jelentős antioxidáns kapacitással bír, a növényi stressz indikátora (Glowacz és Rees 2016).

A bogyók végső C-vitamin mennyiség kialakulására számos biotikus és abiotikus tényező hathat, mint például a genotípus és érésfázis, a szabályozott agrotechnikai eljárások, besugárzás mértéke, szedés és a terméstárolás körülményei (Lee és Kader 2000; Mozafar, 1994, Jones et al 2014). A kapszaicinhez hasonlóan, a különböző fajok és fajták C-vitamin tartalma nagy változatosságot mutat (Howard et al. 2000; Kumar és Tata 2009).

A paprika evaporációs együtthatójából kalkulált négy öntözési szintet összehasonlító kísérletből kiderül, hogy az eltérő öntözővíz-mennyiség nem befolyásolta a C-vitamin koncentrációt fűszerpaprikában (Kirnak et al. 2016). Ahmed et al. (2014) a talaj vízkapacitásából kalkulált 4 öntözési szintet hasonlított össze, és megállapította, hogy a 85-100 %-ra öntözött kezelés eredményezett szignifikánsan magasabb C-vitamin tartalmat a kevesebb öntözéshez képest (55 és 70%). Egy másik kísérletben öntözési szint és NPK tartalom szimultán hatásának feltárása volt a cél édes paprika fajtákon, mind a pirosra és sárgára érő fajták minden vizsgált öntözési szinten a 120%-os műtrágya használatotl eredményeztek bagyobb C-vitamin tartalmat (Biwalkar et al. 2016). Serrano-Martínez et al. (2014) tanulmánya az öntözővíz

sókoncentrációjának (a NaCl arányát) C-vitamin tartalomra gyakorolt hatását vizsgálta üvegházban nevelt édes paprikán. Eredményük pedig, hogy a sókoncentráció növelésével a C-vitamin csökkentett lesz. Egy másik kísérletben 0,9 és 3,4 EC értékű öntözővíz hatását hasonlították össze, és arra jutottak, hogy a magasabb EC olyan komplex stresszt váltott ki, hogy magasabb C-vitamint eredményezett édes paprikán, de a termésátlagot szignifikánsan csökkentette (AlHarbi et al. 2013). Egy tápanyag utánpótlás-vizsgálatra tervezett kísérletből tudjuk, hogy a szervesetlen műtrágya, illetve szerves trágyával kezelt édes paprikák C-vitamin tartalma nem különbözött az eltérő tápanyag utánpótlás módszertől (Elmann et al. 2016). Egy másik ökológiai és konvencionális termesztési technikákat összehasonlító kísérlet eredményei szerint az ökológiai módszerrel nevelt mindhárom édes fajta ('Roberta', 'Spartacus', 'Berceo') C-vitamin tartalma szignifikánsan magasabb volt (Hallmann és Rembiałkowska 2012). Nitrogénmennyiség-adagolás vizsgálatra kivitelezett kísérlet eredménye szerint a nagyobb mennyiségű nitrogén több C-vitamint eredményezett 'Atarodo' csípős paprikán (Ayodele et al. 2015).

Léteznek a termesztés helyszíne és C-vitamin koncentráció összefüggéseire tervezett kísérletek. Buczkowska (1990) megállapította, hogy a szabadföldön nevelt édes paprika C-vitamin és szárazanyag tartalma szignifikánsan magasabb, mint a fóliaházban nevelt növényeké. Kundu et al. (2014) 1,63-szoros különbséget mért két tengerszintfelett magasságon (15 m és 195 m) "Bhut Jolokia" (*C. chinense***C. frutescens*) között, és a magasabban nevelt paprikákban kialakult nagyobb értéket a légköri oxigén és szén-dioxid alacsonyabb parciális nyomásával magyarázta.

Egy kísérletben chili paprikákat ózonos kezeléssel tároltak különböző koncentrációkban (0,45; 0,9 és 2 $\mu\text{mol/mol}$) és a tárolás előrehaladtával végeztek összehasonlító méréseket. A kezdeti időszakban szignifikánsan nem különböztek a mért C-vitamin mennyiségek, de a tárolás előrehaladtával a kontroll, vagyis az ózonnal egyáltalán nem kezelt minták C-vitamin tartalma szignifikánsan több volt. A C-vitamin mellett a DHA koncentrációt (dehidro-aszkorbinsav) is mérték, amely pontos indikátora a stressznek, és ennél a vegyületnél is hasonló tendenciát találtak (Glowacz és Rees 2016). A tároláskor C-vitamin vesztes feltárására alacsony O_2 és magas CO_2 szint kombinációkat vizsgáltak édes paprikán, és megállapították, hogy a megfelelő módszerrel akár 45 napig is minimális C-vitamin vesztes érhető el (Sakaldas és Kaynas 2015).

Színes árnyékoló hálós kísérleteket végeztek C-vitamin tartalommal kapcsolatban. Édes paprikák (*C. annuum* L.cv Yatasto) üvegházban árnyékolással és

anélkül természetve, majd felaprított állapotban mérve az eredmény, hogy a nagyobb szoláris radiáció miatt a kitettebb árnyékolatlan paprikák C-vitamin tartalma szignifikánsan magasabb volt, mint az árnyékoltaké (Frezza et al. 2016). Ilić et al. (2011) eredményei alapján tudjuk, hogy a piros háló alkalmazása üvegházban termesztett étkezési paprikákon szignifikánsan magasabb koncentrációt eredményezett, mint ugyanott a takaratlanok C-vitamin tartalma. Selahle et al. (2014) bebizonyította, hogy a gyöngyházfényű árnyékoló alatt nevelt édes paprikák tárolás után szignifikánsan több C-vitamint tartalmaztak, mint a sárga, piros és fekete árnyékoló alatt neveltek. Kong et al. (2013) is egy postharvest kísérletet végzett, és azt találta, hogy gyöngyház fényű árnyékoló alatt nevelt édes paprikák C-vitamin tartalma a fekete árnyékoló alattiakhoz képest szignifikánsan magasabb tárolás után. Üvegházban nevelt édes paprikán mérték, hogy a piros árnyékoló alatti paprikák C-vitamin értéke szignifikánsan magasabb, az árnyékolatlanokéhoz képest annak ellenére, hogy alacsonyabb besugárzásnak van kitéve az árnyékoló alatt (Milenkovic et al. 2012).

2.4.3. Karotinoidok jelentősége és mennyiségükre ható tényezők

Minden típusú paprikára igaz az, hogy a fogyasztók számára fontos tényező a termés színe, hiszen ez befolyásolja a vevőket legfőképpen. A paprika piros és sárga színű vegyületei a karotinoidok, amelyek kémiai szerkezetük alapján tetraterpenoidok, funkcionálisan pedig a fotoszintézis működtetésében van kulcsszerepük. Ezen komponensek mérésére többféle módszert is fejlesztettek, például friss és vágatlan paprika összkarotinoid tartalmát látható és közeli infravörös (VIS-NIR) tartományban spektroszkópiás módszerrel (Ignat et al. 2013). Az ASTA módszer lényege pedig összkarotinoid és illóolaj egyidejű mérése spektrofotométer műszerrel egy adott hullámhosszon (Reddy és Sasikala 2013). Egy másik megközelítés pedig az, hogy a karotinoid komponensek széles skáláját tárjuk fel, amelyet folyadékkromatográfiás elválasztással és diódasoros detektálással, ill ezt MS detektorral kiegészítve lehet elvégezni (Daood et al. 2014). A paprikából kvantitatívan detektálható karotinoid komponensek száma a különböző kinyerési módszereknek és elválasztástechnikáknak megfelelően 15-től 60-ig is lehet, amelyben a szabad karotinoidok mono- és diészterei is jelen vannak (Gregory et al. 1987; Deli et al. 2001; Giuffrida et al. 2013). A karotinoidok zsírsavakkal alkotott észterekre jellemző, hogy nagyfokú stabilitást biztosítanak magas hőmérséklet és oxidáció ellen, ezzel a paprika feldolgozás alatti tápanyagveszteségét csökkentik

(Arimboor et al. 2014). Ez alapján szabad karotinoidok, karotinoid monoészterek (továbbiakban ME) és diészterekre (DE) lehet osztani funkcionális szempontból. Breithaupt et al. (2003) állat kísérletben megvizsgálta, hogy tyúkokat észterezett, illetve szabad formában levő kapszanthinnal takarmányozott és vérvizsgálat eredményeképp végül a két vegyület csoportot egyformán felvehetőnek ítélte meg. Tápanyag tartalmi megközelítés szerint Matsufuji et al. (1998) pedig azt találta, hogy az észter-csoporttal rendelkező és nem rendelkező kapszanthin vegyületek egyforma gyökfogó képességgel rendelkeznek. A paprikából izolálható karotinoidokat sárga és piros színű vegyületekre lehet osztani. A legnagyobb mennyiségben előforduló sárga vegyület a β -karotinoid, zeaxanthin, lutein, violaxanthin. Egyes sárga vegyületek az A-vitamin prekursorai, pl. β -karotin (Paine et al. 2005).

A domináns piros vegyületek pedig a kapszanthin és kapszorubin, az utóbbi vegyület nagyobb mennyiségben detektálható magyar fűszerpaprikában, mint chili paprikában. A kapszorubin a piros szín mélységéért (tónusosságáért) felelős, míg a kapszanthin a szín erősségért (Biacs et al. 1993).

A paprikafajok genetikai különbségeiből adódó eltéréseken felül a termesztésből és a különböző környezeti hatásokból adódó eltérések mérése a bogyóban összetett feladat, egy ilyen sok komponenst magába foglaló vegyületcsoport esetén.

Hazánkban is végeztek főként magyar fűszerpaprikával e témakörben vizsgálatokat. A paprikák érése alatt a piros vegyületek és azok észterei az érés előrehaladtával szignifikánsan megnövekednek, míg a sárga színű vegyületek aránya a piroshoz képest csökken (Deli et al. 1996).

Ökológiai, illetve konvencionális termesztésű édes paprikát vizsgálva az összkarotinoid tartalom és a karotinoidkomponensek nagy része magasabb volt az ökológiai gazdálkodás szerint neveltben, kivétel a kriptoxanthin, lutein, β -kriptoxantin, kapszorubin vegyületek, mert ezekre nem hatott szignifikánsan a kétféle termesztési módszer (Hallmann és Rembiałkowska 2012).

Öntözési és fajtaösszehasonlító kísérletben azt találták, hogy a β -karotint nem befolyásolta egyik tényező sem csípős fűszerpaprikában (Kirnak et al 2016). Egy másik kísérletben paprikák (*C. annuum* cv. *Yiduhong*) zöld érésben kaptak négy szinten vízádagot a szabadföldvízkapacitás alapján kalkulálva. Megállapították, hogy a deficit öntözés csökkentette a kapszanthin tartalmat, annak ellenére, hogy a kapszorubin-kapszanthin szintetáz enzim működését az alkalmazott vízmennyiségek nem befolyásolták (Tian et al. 2014).

Russo és Howard (2002) bebizonyították, hogy a termesztés módja (ez esetben szabadföld és üvegház) szignifikánsan befolyásolja az összkarotinoidot, és az üvegházban mért magasabb értéket a jobban kontrollált körülményeknek tulajdonították. Keyhaninejad et al. (2012) kísérletében is a szabadföldön nevelt paprikák összkarotinoid tartalma volt alacsonyabb, amelyet a fénynek való nagyobb kitettséggel magyarázott. Édes étkezési paprikában a HPS (high pressure sodium) megvilágítást és ennek LED-el való kiegészítését vizsgálták. Azt találták, hogy a fénysegregényebb időszakban a LED-el való kiegészítés magasabb összkarotinoidot eredményezett mint önmagában a HPS megvilágítás (Guo et al. 2016). Egy, a szedésidőket összehasonlító kísérletből tudjuk, hogy az összkarotinoid két ismert koreai fűszerpaprikában kétszer több volt a negyedik szedéskor, mint a második szedéskor (Kim et al. 2008).

Színes árnyékoló hálók használata és a karotinoid tartalom közötti összefüggés feltárására édes paprikákon végeztek kísérleteket. Ambrózy et al. (2016) többféle színű hálóval végzett kísérleteiből tudhatjuk, hogy az első szedés alkalmával a piros és zöld hálók alatt, a második szedés alkalmával pedig a fehér növelte az összkarotinoidot szabadföldön nevelt kápia paprikán. Ombódi et al. (2016) fóliában végzett kápia paprikára kísérletet az összkarotinoid megállapítására, és azt találta, hogy nyáron nem, de az őszi (szeptemberi) szedéskor a fehér háló szignifikánsan emelte a zöld és sárga hálókhoz képest. Goren et al. (2011) nem karotinoid meghatározással, de egy becsült színskálával számolva megállapította, hogy a gyöngyház árnyékoló alatt nevelt paprikák ('Romans' és 'Vergesa') szignifikánsan halványabbak voltak, mint a piros és fekete árnyékoló alattiak, de tárolás után ez a különbség eltűnt az egyes árnyékolók között.

2.4.4. Polifenolok

Kémiai szempontból rendkívül heterogén csoport, és sok vegyületük glikozid formában vannak glükóz, ramnóz, galaktóz, arabinóz és rutinóz cukrokhoz kötve. A polifenolok egyik főcsoportja a flavonoidok, amelyben paprikák vizsgálata szempontjából jelentős komponensek a naringenin, vanilliasav-származék, katechin és luteolin. A flavonoidok egyik alcsoportja a flavonolok a zöltség növényekben domináns alcsoport, amely tagjai a kaempferol, quercetin, myricetin (Tsao 2010). Az antocianinok a flavonoidok egy másik alcsoportja, amelyek piros, illetve kék színt alakítanak. Kiemelkedő mennyiségben tartalmazza a feketebizli, kék szőlő és kék áfonya gyümölcsök termése (Kähkönen et al. 2003).

Egészségmegőrző tulajdonságuk egyes rákos megbetegedéseket kialakító enzimek és az oxidatív stressz gátlásában (Harborne és Williams 1992; Sánchez-Rodríguez et al 2016), továbbá vérserkentő tevékenységük a kardiovaszkuláris betegségek megelőzésében segít (Krga et al. 2016). A többi antioxidáns hatású vegyülethez hasonlóan a polifenolok is az egyes genotípusok és érési fázisok között nagyon változó mennyiségben mérhetőek paprikában (Howard et al. 2000; Materska és Perucka 2005; Shaha et al. 2013), de megjegyzendő, hogy a paprika mérsékelt mennyiségben tartalmaz polifenolokat, e vegyületek fő forrása a bogyós gyümölcsök és a szőlő (Kähkönen et al. 2003, Tsao 2010, Hernández-Jiménez et al. 2013).

A paprikatermesztés körülményei és a polifenolok között kevés feltáró kísérlet készült, mert nem elsődleges célvegyület, mint a kapszaicinoidok vagy a C-vitamin, de a feldolgozás hatását vizsgálták (Castro et al. 2008) és a polifenolok kialakulásának enzimes hátterét (Kawada és Iwai 1985) paprikában.

2.5. A paprika érésdinamikája

A paprikák pontos érés stádiumát többféleképpen is meg lehet állapítani; például roncsolásmentes módszerrel (Ignat et al. 2013), érést szabályozó enzimek aktivitásának mérésével (Contreras-Padilla és Yahia 1998; Gao et al. 2008) és a láthatóan elkülönülő érési stádiumok beltartalmának (pl. karotinoidok) meghatározásával (Howard et al. 2000; Gnaifed et al. 2001). A bogyóérés, bizonyos enzimek működésének köszönhető, ezen enzimek működése és a kapszaicinoid mennyiség összefüggést mutat. A csípősség mértéke és a három kulcsenzim transzkripciós szintje erősen korrelál egymással: fenilalanin ammónia liáz (PAL), fahéjsav 4-hidroxiláz (C4H) és kávéssav O-metiltranszferáz (COMT) (Curry et al. 1999).

A bogyóérés előrehaladtával a lebontóenzimek működése kerül előtérbe. Contreras-Padilla és Yahia (1998) eredményei alapján meg tudhatjuk, hogy a CAP peroxidáz enzim aktivitása akkor kezdett el megemelkedni, amikor a kapszaicinoid mennyiség csökkenni kezdett „Habenero” (*C. chinense*) és „de Arbor” (*C. annuum*) típusú paprikákban, ugyanakkor a „Piquin” (*C. annuum* var. *Aviculare*) fajtában a peroxidáz enzim a kapszaicinoid csökkenés előtt kezdett el növekedni. Megállapították, hogy a peroxidáz enzim működési mechanizmusa genotípusonként nagyon eltérő.

A pigmentek változása a kloroplaszt és kromoplaszt kialakulásával és egymásba alakulásával történik. A tipikus kloroplaszt vegyületek a zöld klorofill-A, -B és a

sárga színű lutein, violaxanthin, neoxanthin, β -karotin. A kromoplaszt színvegyületei pedig a β -kriptokapszin, zeaxanthin, kapszantin, kapszorubin a két utóbbi kizárólag a *Capsicum* fajokban található (Hornero-Mendez és Minguez-Mosquera, 2000).

A tápanyag tartalom közvetlen mérése pontos képet ad arról, hogy a bogyó az érés mely stádiumban van. A kutatásokból az a következtetés fogalmazható meg, hogy a különböző fajok és fajták a bogyóérés során különbözőképpen viselkednek, mert a kapszaicinoidvegyületek összetétele és mennyisége is változik az érés során (Pandey et al. 2010; Gnayfeed et al. 2001; Iqbal et al. 2013). Egy 3 csípős paprika fajtát 5 érési stádiumban (beleértve az utóérlelt stádiumot) megfigyelő kísérlet megállapítása szerint a CAP és DC két fajtában a zöld éréskor, egyben pedig a kormosdás fázisában volt a legtöbb (Iqbal et al. 2013). Gnayfeed et al. (2001) megfigyelése szerint magyar fűszerpaprika fajta (*C. annuum*) a kormos fázisban érte el a csípősség maximális értékét, majd utána csökkent ennek mennyisége. Pandey et al. (2010) eredménye szerint 3 különböző (*C. frutescens*) paprikát vizsgált és 3 különböző csípősségmaximumot mért.

A paprika érése során a C vitamin tartalma általában növekszik, amelyet számos kísérletben sikerült bizonyítani (Gnayfeed et al. 2001; Howard et al. 2000; Bae et al. 2014). Ennek egyik magyarázata az, hogy az érés során a bogyók egyre több redukáló cukrot felhalmoznak (Diaz et al. 1998), amely vegyületek az L-aszkorbin sav prekursorai. Ennek némiképp ellentmond néhány tanulmány, amelyben az átmeneti érésű (sárga kormos) fázisban mérték a legmagasabb C vitamin tartalmat, amely érték a piros érésre lecsökkent (Shaha et al. 2013). Egy másik kísérletben pedig zöld és piros érésű édes paprika (*C. annuum* L.cv Yatasto) C-vitamin tartalma között nem volt különbség (Frezza et al. 2016). A polifenol tartalom pedig sokféle vegyületből adódik össze, és ennek megfelelően az érésdinamikájuk is különböző (Howard et al. 2000; Materska és Perucka 2005). A karotinoid tartalom az érés során növekszik pirosra érő fajtákban, és az utóérlelés nagymértékben növeli összkarotinoid értékét a bogyóknak (Daood et al. 2014). Bizonyos fajták a klorofill lebomlást természetes mutációval vagy hozzáadott enzim segítségével gátolják, ezáltal a zöld és piros vegyületek együttes jelenléte sötét barna színt eredményez az érett bogyóban (Borovsky és Paran 2008). A karotinoidok észtereződöttségi foka és a piros vegyületek mennyiségének mérése tipikus jellemzője az érés előre haladtának (Deruère et al. 1994).

2.6. A paprika ökológiai igénye

Hazánk a szabadföldi paprikatermesztés északi határán van, mert a paprika melegigényes zöldségnövényeink közé sorolandó a Markow-Haev skálán $25\pm 7^{\circ}\text{C}$ -os hőoptimum jellemzi, ezért a kifejlett növény hőoptimuma 25°C . Fagyra különösen érzékeny, fejlődési küszöbértéke 10°C , a termések kötődése azonban 35°C felett már nem valósul meg (Gyúros 2009). Az optimálistól eltérő hőmérsékleteken végeztek kísérleteket, hogy megbizonyosodjunk róla, pontosan mit is jelent a növény számára az optimális illetve szuboptimális hőmérséklet. Pressman et al. (2006) kísérletében az optimális hőmérsékletet nappal $23\pm 2^{\circ}\text{C}$ -on, éjjel $18\pm 2^{\circ}\text{C}$ -on harározta meg, mert ez a hőtartomány semmilyen látható tünetet nem okozott növényeken. Jaimez és Rada (2016) nappali átlag 19 , 24 és 28°C -on tartott chilit (*C. chinense*), és a virágzásban késleltetést, és apró bogyókat talált 19°C -on, a 24°C -on nevelt növényken pedig legtöbb (db) virágot a másik két hőmérséklethez képest. Mercado et al. (1997) szerint a 15°C az hőmérsékleti küszöbérték, amely alatt a virágzás és gyümölcsfejlődés leáll. Airaki et al. (2012) paprikát 8°C -on tárolt és 24 óra után a levelek ernyedtek lettek, és ezt a látható tünetet különböző reaktív oxigén vegyületek detektálásával is alátudták támasztani. Egy másik kísérletben Mateos et al. (2012) édes paprika hidegtűrését 15°C alatt vizsgálta, és megállapította, hogy a növény $12,4^{\circ}\text{C}$ -on még alkalmas volt a bogyónövekedésre és érésre, amelyet pirosra „Veragasa” és sárgára érő „Biela” édes étkezési paprikán egyaránt észlelt. Alacsony éjjeli hőmérséklet a virágzás és termés kötődés idején csökkenti a pollenek életképességét, de növeli a kevés magvú vagy mag nélküli termések számát (Rylski és Halevy 1973).

A paprika a fény mennyiségre igen igényes faj, a hazai környezeti viszonyok között szabadföldi termesztésben 5000 lux körüli fényerősség és a 12-14 órás megvilágítás időtartama kielégítő a megfelelő kötődéshez (Gyúros 2009). Cecei édes étkezési paprika fényigényével kapcsolatos vizsgálataiban kimutatták, hogy 3000 lux fényerősségben 8 órás megvilágítással 66 nap, 24 órás megvilágítással 45 nap szükséges a keléstől a virágzásig. Ha 10 000 luxfényerősségben tartjuk a növényt, akkor 8 órában 61 nap, illetve 24 órában 35 nap szükséges a fejlődéshez (Zatykó, 1994).

A fotoszintetikusan aktív tartomány (380-710 nm) érkező sugárzás a növények számára hasznosítható. A besugárzás számszerűsítésére a PPFD-t (Photosynthetic Photon Flux Density) használjuk (mértékegysége $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$), ennek optimális

mennyisége és a paprika fejlődése közötti kapcsolat feltárására kísérleteket állítottak be. Fekete és gyöngyház fényű hálók összehasonlításakor az áteresztett PPFĐ értékben nem különböztek a hálók, amely mindket kezelésnél kb. 1300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ volt (Kong et al. 2013). Ombódi et al. (2015) színes árnyékolós kísérletében a különböző színű árnyékolók alatt mért PPFĐ 863-1200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ között volt mérhető fóliában, és ugyanott mérve szabadföldön 1588 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ volt. Megállapította, hogy a fólia anyaga (polietilén) kb. 17%-al csökkentette a bejutó fény mennyiségét.

2.7. Fotoszintetikus aktivitás

A fotoszintézis a paprika növény alapvető életfolyamatait fenntartó folyamat, amelynek feltárása egy régóta és napjainkban is még kutatott témakör (Sasser et al. 1974; Campos et al. 2014). Ahhoz, hogy a fotoszintézis végbemenjen elengedhetetlenek a színyanyagok (pl. klorofill-A, -B). A karotinodik közül a β -karotin a legfontosabb fotoszintézis szempontjából, de ezek mellett még található α és γ -karotinoidok is. A fotoszintetikus aktivitást számos tényező befolyásolja, mint például a levelek pozíciója, a fejlődési stádium, a fény intenzitása és összetétele (Borisev et al. 2012).

A klorofill-a fluoreszcencia a teljes abszorbeált fény mennyiségének csupán 1-2%-át teszi ki, mérése mégis igen praktikusán kivitelezhető és a különböző abiotikus tényezőköl adódó stresszt megfelelő érzékenységgel jelzi. Ennek számszerűsítésre az Fv/Fm értéket használjuk, amely a változó fluoreszcencia és a maximális fluoreszcencia hányadosa, ezzel az értékkel PSII fotoszintetikus rendszer maximális kvantumhatékonyságát jellemzzük. Egy optimális körülmények közt fejlődő növény, vagyis abiotikus stresszt nem elszenvedő növény Fv/Fm értéke szűk skálán mérhető (Björkman és Demmig 1987), amely számítások alapján 0,72-0,85 között változik (Bolhar-Nordenkamp et al. 1989). Ennek megfelelően Guang-cheng et al. (2011) csökkenést észlelt az optimális értékhez képest csípös paprikán gyenge öntözés hatására, továbbá a magas hőmérséklet okozta stressz is okozhat az Fv/Fm értékben csökkenést édes paprikában (Hanying et al. 2001). Több paprika genotípuson végzett só tűrésű kísérletet végzett Bavani et al. (2006) és arra a következtetésre jutott, hogy minden genotípus csökkentett Fv/Fm értékkel reagált a magasabb töménységű NaCl-s kezelésre. Egy átfogó *Capsicum frutescens* chiliken végzett kísérletben 7 különböző só koncentrációval kezelték a növényeket, és

megállapították, hogy a koncentráció növekedésével csökken az Fv/Fm érték (Zhani et al. 2012). Üvegházban nevelt édes paprikán végzett alumínium tartalmú árnyékoló háló alatt magasabb (10%-al több) Fv/Fm-et mértek, mint az árnyékolatlan kontrollban (Lopez-Marin et al. 2012). Egy paprika alanyfajta vízstressz-toleranciát felmérő vizsgálatból megtudhatjuk, hogy bizonyos ismert genotípusok, mint például a „Serrano” és „NuMex Conquistador” jobban viselik a víz hiányában fellépő stresszt más genotípusokkal szemben, amely az optimális Fv/Fm értékükkel mérhető, és ezért alanyfajtanak is megfelelőek (Penella et al. 2014). Amor (2006) megállapította édes paprikában, hogy az Fv/Fm értékre nem hatottak szignifikánsan a különböző mennyiségű nitrogénműtrágyák. Termésnövelő baktériumos inokuláció (*Azospirillum brasilense*, *Pantoea dispersa*) használata, nem változtatta az Fv/Fm értéket kezeletlenhez képest édes paprikában (Amor és Cuadra-Crespo 2012). Zhu et al. (2012) szimultán vizsgálta az árnyékolás (árnyékolatlan, 30%, 70%) és szabadföldi vízkapacitásból számolt szinteken (40-55%, 55-70%, 70-85%, 85-100%) nevelt paprikák Fv/Fm értékét, azt találták, hogy a 70%-osan árnyékolt és 55-70%-os nedvességen nevelt növényeké a legmagasabb.

A paprikán kívül más növényeken is mérték a fotoszintézis hatékonyságát, pontosabban az Fv/Fm értéket abiotikus stressz detektálása céljából. Egy paradicsom fajtakísérletben megállapították, hogy a „Hybrid 61” Fv/Fm értéke magasabb volt a többi vizsgálthoz képest a különböző hőmérséklet és vízellátottsági kezelés kombinációk hatására, és ezt a tulajdonságát in vitron felül in situ kísérletben is megtartotta (Nankishore és Farrell 2016). Napi 16 órás és 24 órás megvilágítás mellett és konstans hőmérsékleten tartott paradicsom palántákon a PSII degradációja figyelhető meg a 24 órás megvilágítottság esetén, amelyet a Fv/Fm érték csökkenésével mértek (Ikkonen et al. 2015). Továbbá paradicsomon megállapították, hogy a különböző korú levelek Fv/Fm értéke nagy variabilitással mérhető (Shibaeva et al. 2015).

Meir et al. (1997) bazsalikom leveleket tárolt 4, 8 vagy 12°C-on szedés után 12 napig, a hideg okozta károsodását mérték, amelyet 4°C fokon az Fv/Fm érték csökkenése jelezte. Egy dísznövényen (*Suaeda salsa*) végzett 4°C-os kezelés mérsékelt besugárzással párosítva csökkentette a kontroll csoporthoz képest a Fv/Fm értéket (Sui 2015). Két moha fajon végzett hő adaptációs kísérletből (Jägerbrand és Kudo 2016) megtudhatjuk, hogy az egyik faj (*Pleurozium schreberi*) az extrém magas és alacsony hőmérsékletre csökkentett Fv/Fm értékkel reagált, de a másik fajon (*Racomitrium lanuginosum*) nem volt kimutató hatás ezen értékekben.

Termesztett cirok (*Sorghum bicolor*) szabad levegőn szárítása az Fv/Fm-et nem csökkentette a 24°C-on szárított kontrollhoz képest, habár más, a fotoszintézist leíró paramétereket csökkentette (Fo, Fm, Ft, Fv) (Yoo et al. 2014). Egy alma fajtán ('Fuji') végzett kísérlet következtetéseiből tudjuk, hogy a levél N-tartalma nagyon alacsony értéket kell elérjen, hogy a Fv/Fm értékben csökkenést mérjünk (Cheng et al. 2000).

2.7.1. SPAD érték

A SPAD (Soil Plant Analysis Development) vagy más néven relatív klorofill tartalom mérése egy nem destruktív és gyors módszer. A pontos analitikai úton mért klorofil tartalom és a SPAD érték szoros összefüggést mutatott (Jifon et al. 2005; Amor 2006). Megállapították édes paprikán, hogy a szerves trágyával (ló) kezelt növények SPAD értéke szignifikánsan alacsonyabb volt, mint a műtrágyával táplálté. Ugyanakkor megállapították, hogy a területen művelő gazdák által meghatározott nitrogén mennyiség és annak felével kezelt paprikák SPAD értéke között nem volt szignifikáns különbség (Amor 2006). Édes paprikán ('Herminio') végzett kísérletben az árnyékolatlan levelek SPAD értéke alacsonyabb volt, mint az árnyékoltaké, de ez a különbség nem volt szignifikáns (Lopez-Marin et al. 2012).

Ombódi et al. (2015) színes árnyékoló hálókval kezelt két kápia típusú paprikát és azt találta, hogy a sárga és zöld árnyékoló kevésbé csökkentette a SPAD-ot, mint a piros és fehér árnyékolás. Az árnyékolás erőssége és a SPAD érték erősen negatívan korrelált mérései szerint, vagyis az intenzívebb árnyékolás magasabb SPAD értékkel társult. Zhu et al. (2012) szimultán vizsgálta az árnyékolás (árnyékolatlan, 30%, 70%) és szabadföldi vízkapacitásból számolt szinteken (40-55%, 55-70%, 70-85%, 85-100%) nevelt csípős (*C. annuum*) paprikák SPAD értékét. A legmagasabb értéket a 30%-os árnyékolás 70-85% talaj vízkapacitás alatt mérte, amely szignifikánsan magasabb volt az árnyékolatlan és első három nedvességi szinten tartott növényektől. Yuzhu et al. (2011) chili levélen (*Capsicum frutescens*) mérte a SPAD-ot. Szignifikáns és negatív összefüggést írt le a SPAD értékek és digitális kamerával felvett átlagos zöld/(piros+zöld+kék) színek között.

2.8. Árnyékoló hálók használata és a termésmennyiség

Az árnyékoló hálók használata, szintől függetlenül csökkenti a besugárzás nagyságát/intenzitását, a beeső fény spektrális tulajdonságait módosítja, továbbá sok esetben csökkenti, a légmozgás mértékét, ezáltal növeli a relatív páratartalmat és

módosítja a növény állomány evapotranszpirációs együtthatóját (Shahak 2008, Elad et al 2007). Az árnyékoló hálók használata bizonyos fokú fizikai védelmet biztosít a növényállomány számára (Stamps 2009). Ezen alapvető hatások miatt az össz-, és piacképes termés mennyiség alakulására is hatással lehet, amelyet számos kísérlettel bizonyítottak már.

Ilic et al. (2011) kísérleteiben, szignifikánsan nagyobb termés mennyiséget ért el üvegházban nevelt édes paprikán a piros és gyöngyházfényű árnyékoló hálók használatával, mint árnyékolás nélkül. Diaz-Perez (2014) többéves és több édes paprika fajtát összehasonlító kísérletéből megtudhatjuk, hogy az egyes fajták eltérnek abban, hogy melyik árnyékolási faktor (vagy %) kedvez leginkább a maximális piacképes termés elérésében. Kísérletében az egyik fajta „Heritage” a 0-tól 35%-os árnyékolásig fokozatosan az árnyékolás mértékének növelésével növelte piacképes termés mennyiségét, de 35% árnyékolás fölött már csökkent ezt a mutató. Az egyes bogyók tömegére is jótékony hatással volt az árnyékolás, a legmagasabb értéket a 47%-os árnyékolásnál detektálták, és az érték nem csökkent, hanem stagnált az árnyékolás növelésével. Egy másik fajtaösszehasonlító kísérletből megtudhatjuk, hogy oltvány paprikák használatakor az árnyékolás enyhén csökkent a nem piacképes bogyó darab számot a napégés csökkentése révén (López-Marín et al. 2013).

Rigakis et al. (2013) speciális termesztőberendezésben (screenhouse) a legmagasabb össztermést a 15%-os árnyékolású rovarhálóval kombinált kezelésben mérte, nagyobb árnyékolású és rovarháló nélküli kezelések között, amelyet a kisebb mértékű rovarkártételnek és napégéses tüneteknek tulajdonított.

Ferreira et al. (2014) alumíniumtartalmú árnyékoló hálóval és anélkül termesztett paprikák vizsgálata során azt találta, hogy az árnyékoló háló a beérkező napsugárzást és ezen belül a fotoszintetikusán aktív sugárzást is csökkentette, de a páratartalmat és a hőmérsékletet nem változtatta meg. Ennek ellenére szignifikánsan magasabb piacképes termés mennyiséget mért az árnyékolt kezelésben a kisebb mennyiségű napégett termés miatt.

Padrón et al. (2015) potenciális evapotranszpiráció alapján számolt öntözési szinteket (25%, 50%, 75%, 100%) árnyékolva és anélkül paprikákon hasonlított össze szabadföldi termesztéssel, megállapította, hogy a különböző öntözési szintek és az árnyékoló megléte között nem lép fel szignifikáns interakció, vagyis az egyes öntözői szintek ugyanúgy fejtették ki hatásukat árnyékolás meglétében, mint hiányában. Összességében pedig megállapították, hogy árnyékolás alatt 50%-ra

öntözött kezelés hozott legnagyobb terméseket. Egy postharvest kísérlet során Selahle et al. (2014) piros és sárga bogyójú paprikákat vizsgált, megfigyelte, hogy a piros és gyöngyház fényű hálók alatt nagyobb számban termett tárolásra alkalmasabb és piacképes termés, mint fekete háló alatt. Masabni et al. (2016) kísérletéből megtudhatjuk, hogy a 'Sweet Banana' chili fajta 50%-os árnyékolású kezelésben kevesebb nem piacképes termést produkált a 70% és 0%-os árnyékolással összehasonlítva. Egy, a „Jalapeno” és 'Serrano' mexikói chili fajtákon végzett kísérlet alapján megtudhatjuk, hogy minden vizsgált árnyékolási kezelés a csírázási százalékot, a palánták magasságát és gyökértömegét is növelték (Bazán-Tene et al. 2005ab).

Az öntözés gyakorisága és árnyékolási intenzitás szimultán kivitelezésére beállított kísérlet eredménye szerint, a mindennapra időzített öntözés 35%-os árnyékolással eredményezett szignifikánsan több termést az 50% és 80%-os illetve ezek különböző öntözéssel kombinált kezeléseikhez képest. (Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa 2016). Két kárpia típusú paprika fajtán végzett kísérlet eredményei alapján a különböző színű hálók enyhe különbséget gyakoroltak az össztermés mennyiségre, de a sárga és zöld színű hálók csökkentették e paramétert a legjobban mind két genotípuson (Ombódi et al. 2015). Egy másik kárpia paprikán végzett kísérletben az eltérő szedés idők és különböző színű árnyékoló hálók együttes hatása a termés mennyiségre volt a cél (Ambrózy et al. 2016). Az első szedés alkalmával azt találták, hogy a napégést az összes színű háló, kivétel a fehér, szignifikánsan csökkentette az árnyékolatlan kontrollhoz képest, ezáltal a piacképes termést is növelték, ugyanakkor a második szedés alkalmával egyáltalán nem detektáltak napégett paprikákat.

A *Solanacea* család másik jelentős zöldségnövényén, paradicsomon is folytattak árnyékoló hálókkal kísérleteket. Egy átfogó elemzés szerint (Tinyane et al. 2013) a bogyók átlag tömegét a gyöngyházfényű háló szignifikánsan növelte és a piros háló csökkentette minden általuk megfigyelt fajtánál. Egy másik kísérlet megfigyelése pedig az, hogy az árnyékolás az egész vegetáció során csökkentette a paradicsom bogyók átlagtömegét, ugyanakkor az össztermésátlagot mégis szignifikánsan növelte az árnyékolatlanhoz képest (Gent 2007). Az árnyékoló hálók diverz hatása miatt egy könnyen mozgatható árnyékoló rendszert javasol tanulmányában, hogy a termesztők mindig az aktuális időjárásnak és prognózisnak megfelelően tudják szabályozni az árnyékolást. Masabni et al. (2016) egyéves kísérlete alapján tudjuk, hogy a 'Celebrity' paradicsomfajta 50%-os árnyékolás mellett több piacképes termést hozott, mint a 70% és 0%-oshoz képest. Három

egyformán zöld színű, de különböző árnyékolási szinttel rendelkező (35%, 50%, 75%) árnyékoló alatt ugyanannyi átlag hőmérséklet és relatív páratartalom volt mérhető, de a növényenkénti termés mennyiségben a 35%-os árnyékolású volt a legsikeresebb, utána az árnyékolatlan kontroll (Nangare et al. 2015).

Az árnyékoló hálóknak a növényvédelemben is jelentős szerepük van, amely végeredményben befolyásolja a piacképes termés arányát az összterméshez képest és minőségi kártétel esetén a bogyók külső megjelenését és eltárolhatóságát. Elad et al. (2007) étkezési paprika lisztharmat elterjedést (*Leveillula taurica*) színes hálókkal árnyékolt tenyészedező növényeken vizsgált. Az árnyékolások alatt, nagyobb mennyiségben volt jelen a fertőzés, amely a kórokozó optimális környezeti feltételeinek köszönhető, ugyanakkor a termésátlag is magasabb volt. Egy fontos növényvédelmi problémája a paprikatermesztésnek a fitoftóra (*Phytophthora capsici*), amely az árnyékolás mértékének növelésével arányosan csökkent a vizsgált fajtákban, ennek lehetséges magyarázatára a nagyobb árnyékolással társuló csökkentett evaporációt említik a szerzők (Diaz-Perez, 2014). Ben-Yakir et al. (2012) kísérletéből megtudhatjuk, hogy a sárga és gyöngyházfényű hálók a piros és fekete hálókhoz képest levéltetű és molytetű ellen hatásosnak bizonyultak, mert ezek az UV tartományban szelektáló hálók zavaró hatással vannak e kártevők érzékelésére.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet beállítása

A kísérletek Gödöllőn a Szent István GAK Kht. Kertészeti Tanüzemében végeztük 2013-2015 között. A kísérleti tér a Gödöllői dombságon áthaladó Rákos-patak völgyében helyezkedik el (lat. 47°61' N, long. 19°32' E). A terület barna erdőtalaja fizikai féleségét tekintve vályogos homok. Alacsony vízkapacitású, igen jó víznyelő- és vízvezető képessége van. A felső 30 cm-es talajréteg 63 mm, a 30-100 cm-ig terjedő réteg pedig mintegy 110 mm vizet képes tárolni. A nyári időszakban a növények vízellátását a talajban tárolt víz csak rövid ideig tudja kielégítően biztosítani. Mivel a talajvíz 3,5-4 m mélyen helyezkedik el, a növények számára hozzáférhetetlen. A kísérlet területén erős kultúrhatás tapasztalható a többéves burgonyafélékkel végzett kísérletek (pl. tojásgyümölcs, ipari paradicsom, fűszerpaprika) miatt. A heti szintű tápanyagutánpótlás minden kísérleti évben a csepegtető öntözőrendszeren keresztül történt. A műtrágyák (Megasol, Yara) amelynek összetétele 16% nitrogén (NO_3 , NH_4 , NH_2), 8% foszfát (P_2O_5), 24% kálium (K_2O), 8% kén (SO_4) és kalcium-nitrát $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ tartalmú (Krysta, Yara). Az öntözővíz meghatározásához Helyes és Varga (1994) képlete volt az iránymutató, vagyis a potenciális napi evapotranspiráció felének megfelelő víz került kiadásra. A napi öntözővíz mennyiségét, a potenciális evapotranspirációt 2-3 nappal előre kiszámoltuk, figyelembe véve az időjárás előrejelzést és a már lehullott csapadékot. 2015-ben Rischel fóliaházban automata öntözőrendszer volt, amely pontos időzítéssel és kijuttatási időtartam meghatározással vezényel. Ezért ebben az évben nem a hőmérsékletből számoltuk az öntözővíz mennyiségét, hanem mindennapra időzített mennyiséggel, ez reggel 8-órákor és délután 4-órákor 600-600 liter volt (260 m^2 -re) átszámolva $2 \times 2,3 \text{ mm}$. Szeptember elejétől a hőmérsékletcsökkenést követve lecsökkentettük napi 1x8 percre, amely 480 liternek felelt meg (223 m^2 -re) területtel számolva ez 2,2 mm beöntözést jelentett.

A palánták nevelése is hasonlóképpen történt a kísérlet éveiben, vagyis a magok vetése február végén vagy március elején történt vetőládákba $14 \text{ cm} \times 13 \text{ cm}$ ládánkénki sűrűséggel, a kelési hőmérsékletet, amely a chili paprikák esetében 29-30 °C-on állítottuk be, és ezt a szárító helyiségben kazánnal biztosítottuk a kelésig 4-5 napon át. Utána a növények fűtött Bistar fóliasátorba kerültek, ahol 20°C állandó

hőmérsékleten fejlődtek a tűzdelésig. A tűzdelés a vetés után 2 héttel történt steril 9 mm átmérőjű cserepekbe, tőzeges palántanevelő közegbe.

- 2013-ban a szabadföldre kiültetett 4 chili genotípus ('Bandai', 'Beibei hong 695', 'Lolo 736' és 'Chili 3735') szedésével indult a kísérlet szeptember 13-án.
- 2014-ben a fóliában nevelt növények Soroksár 70 típusú (**2. ábra**) nagylégterű fóliasátorba voltak kiültetve, amely 7,5 m széles és 37 m hosszú, és a kísérlet évében a fólia területének fele volt chilivel, a másik fele pedig 'Kárpex' és 'Kápia' paprikákkal, ugyanazon kísérleti beállításokkal. A tartószerkezet 6 méteres 1 colos vascsövekből összehegesztett 12 m hosszú félkörívben meghajlított bordákból állt. A bordák 1,5 méterenként vannak lehelyezve. A termesztő létesítmény egész hosszában 3 db 0,5 colos vascső futott végig merevítésképp, és e szerkezetre 200 mikronos PE fólia volt felhúzva. Az állomány előveteménye tojásgyümölcs (*Solanum melongena*) volt, a talajelőkészítés nagy mennyiségű szerves trágya kijuttatása volt. A fitotechnikai munkák közül a levelezés és metszés nem történt. A kipalántázásra a fóliában április 29-én került sor, 40 cm-es tő távval és 40 cm távval az ikersorok között. Három ikersort hoztunk létre az egyes fajtákból és az ikersorpárok között 80 centiméteres távolsággal. Mindhárom szedéshez volt beltartalmi mérés időzítve: július 28; szeptember 16. és október 26.
- 2014-ben, a szabadföldön (**3. ábra**) nevelt paprikák április 15-én tűzdelve, majd május 19-én kipalántázásra kerültek 40 cm tő távval és 40 cm ikersortávval. Mindkét méréshez volt beltartalmi mérés időzítve: augusztus 24-én és szeptember 28-án.
- 2015-ben a kísérletet Rischel 8 típusú fóliában végeztük, amely 2001-ben lett felállítva. Szerkezetét horganyozott acél csőváz alkotja. Három hajós, 2,5 m vápa magasságú, 36 m hosszú és 24 m széles. Az ovális bordák 6 cm, a keresztgerendák 3,2 cm-es csövek. A vázat tartó függőleges csövek 2,5 méterenként találhatóak. Borítását cseppmentes és UV stabil 200 mikronos Coex EVA duplafólia biztosította. A fólia féltető automata szellőztetővel volt ellátva, amelynek maximális nyitása a tető 50%. A két szélső hajó ellentétes végén görgős ajtó van felszerelve és időzítő csepegtető rendszerrel működik az öntözés benne. Összesen 6 szedést végeztünk, ebből kettőhöz volt beltartalmi mérés: július 27-én és szeptember 28-án.

Az állományt 2014-ben és 2015-ben is fehér, zöld (Első Magyar Kenderfonó, Szeged) és piros (Ginegar, Izrael) árnyékoló hálókkal árnyékoltuk és hozzá egy kontroll csoportot is kijelöltünk, amely nem kapott árnyékolást. Mind a három háló 7 illetve 8 méter szélességben volt kifeszítve térben merőlegesen az ikersorokra. Az árnyékoló hálók alatt a vegetáció elején 4 ismétlés volt kijelölve (amely hálónként és fajtánként 4×4 növényt jelent), amely ismétlések a további vegetációs mérések és a szedés utáni beltartalmi mérések alapanyagát képezték. Az egyes árnyékolók alatt az ismétlések úgy voltak kijelölve, hogy a Nap járásából adódó árnyék mozgás minimális zavarást okozzon a különböző hálók határán, éppen ezért az árnyékolók által tisztán árnyékolott területen választottuk ki a növényeket.



2-3. ábra. Felső kép: szabadföldi beállítás, alsó kép soroksári fólia, 2014, Gödöllő.
Készítette: Nagy Zsuzsa

2.8.1. Alkalmazott genotípusok

A 2013-ban különböző érés fázisokban leszedett paprikák a Bandai F₁ (továbbiakban 'Bandai'), 'Beibei hong' 695 F₁ (továbbiakban 'Beibei hong') *Capsicum frutescens* fajhoz tartozó hibrid fajták. Mindkét típus apró méretű, kb. 4 cm hosszú bogyójú és nagyon sok magvú terméseket képez, amelyek érésük során zöldből barnába kormosodnak utána narancssárgába majd piros színre érő bogyókat fejleszt. A thai chili típushoz tartoznak, amelyek általában kicsi méretű és rendkívül csípős paprikák. A 'Lolo 736' F₁ ('Lolo') és 'Chili 3735' F₁ ('C3735') pedig *Capsicum annum* faj fajtái, és nagyobb, kb 12-14 cm hosszúság bogyókat fejlesztenek. Mind a négy említett genotípus az East-West Seeds Company (Thaiföld) cégtől lett beszerezve ([http 3 East-West Co.](http://www.3EastWestCo.com)).

A 2014-2015-ben színes árnyékolóval végzett kísérleteket pedig a 'Star Flame' F₁ és 'Fire Flame' F₁-en hajtottuk végre (*C. annuum*), amelyek a Seminis® (De Ruiters Seeds, Kecskemét) cég európai forgalmazás alatt állnak, de hazánkban még nincsenek köztermesztésben. A 'Star Flame', amely biológiai érettségben élénk citromsárga átlagosan 12 cm hosszúra paprikákat fejleszt. A 'Fire Flame' bogyója nagyobb méretű, átlagosan 14 cm-es, élénkpiros biológiai érettségben, érése során zöldből barna színre át pirosra érik. Cayenne típusba tartozik, amely egyéb elterjedt fajtái a 'Large Red Thick' és 'Ring of Fire'. A Peperoncino (továbbiban 'Jalapeno') egy konstans *C. annuum* fajta, amely a 'Jalapeno' típushoz tartozik, kb. 8 cm hosszú és kúpos csúcsú bogyókat fejleszt, hazai forgalmazója Franchi Seeds Kft, Olaszország, ezt a genotípust csak 2015-ben a Rischel fóliában a színes hálós kísérletünk során vizsgáltuk.

3.2 A vegetáció során mérések

A mérés elején a növény felső szinten levő kifejlett, de nem előregedett levelére egy-egy klipszet raktunk, majd egy 35 perces sötét adaptációt követően csatlakoztattuk a száloptikát (Walz-Mess und Regeltechnik, Németország) és gyors kinetikát alkalmazva mértünk PamWin 3.0 program segítségével Van Goethem et al. (2013) módszere alapján. Kezelési szintenként 4-4 növényt vizsgáltunk, mind két genotípusból a vegetáció alatt végig ugyanazokhoz a növényekhez visszatérve, hogy csökkentsük a különböző növények adta hiba lehetőségét.

A PPF_D, vagyis besugárzás mérése a készülékhez csatlakoztatható fejben levő mikroszenzor (Leaf-clip Holder 2030-B) segítségével történt, amely a 380-710 nm közötti fénytartományból érkező fény besugárzását méri $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ mértékegységben. A mérés a növények lombja fölött a levegőben történt. 2014-ben ez a mérés egy alkalommal történt meg szeptember 17-én, 2015-ben pedig a vegetáció alatt majdnem minden héten, összesen 13 alkalommal a gyorskinetikai mérések előtt közvetlenül. 2015-ben az állandó mérések a fóliában minden árnyékoló alatt 1-1 besugárzás mérővel (HOB0 Pendant® Temperature/Light 64K Data Logger) 200-1200 nm közötti tartományban mérte a besugárzást luxban.

A levelek relatív klorofill tartalma SPAD (Soil Plant Analysis Development) Minolta 502 készülékkel történt. A készülék 650 nm hullámhosszú fénysugarak abszorpciója alapján határozza meg, amihez infravörös fényt használ 940 nm hullámhosszon. A relatív klorofill tartalmat a levélen áthaladó infravörös fény kloroplasztban levő tiakloidok elnyelési intenzitásából számolja ki (Jifon et al. 2005).

A vizsgálni kívánt levéllemezt a készülék mérőfejének alsó részén található érzékelőre helyezük, majd a mérőfej felső részének lenyomásával indítható a vizsgálat. Növényenként 4 fejlett, de nem öregedett levelet választottunk ki.

2014-ben az árnyékoló hálók fény átengedését (transzmittanciáját) 380-780 nm között mértük hordozható spektrométerrel (ASD FieldSpec® HandHeld 2), egy alkalommal. A műszer spektrális felbontása <3.0 nm, pontossága ± 1 nm. A relatív áteresztés, vagy transzmittancia %-ban megadva.

3.3. Analitikai mérések

Az analitikai és HPLC tisztaságú vegyszerek VWR Chemicalstól voltak beszerezve (Debrecen, Magyarország). A vizsgálatokhoz használt standard anyagok pedig Sigma-Aldrich Kft-től (Budapest, Magyarország).

A HPLC készülék (Hitachi Chromaster, Japán) részei: grádiens pumpa (Model 5110 Pump), automata injektor (Model 5210 Auto Sampler), diódasoros detektor (Model 5430 Diode Array), fluoreszcens detektor (Model Fluorescens) és egy oszlop-termosztát (Jetstream 2 Plus, Sigma-Aldrich). A készülék működtetése majd a kromatogramok értékelése EZChrome Elite Software segítségével valósult meg.

3.3.1. Kapszaicinoid mérés

A paprika bogyók turmixolását követően 3-5 grammot (az érés fázistól és fajtától függően) dörzsmozsárban kvarchomokkal pépes állagúra eldörzsöltük. A pépesített mintához 50 ml analitikai tisztaságú metanolt adtunk három részletben úgy, hogy a dörzsmozsárból a teljes minta átkerüljön 100 ml-es Erlenmeyer lombikba. A lombikot 4 percre ultrahang fürdőbe (Raypa, Törökország) helyeztük majd rázó-szekrénybe (GFL 3005), amelyben 20 percig 200 fordulat/perc fordulatszám volt. A minta egyéjszakás pihentetése következett 4°C hűtőszekrényben. Másnap papírszűrőn (Munktell, Németország) szűrtük a mintát, amelyet további szűrés/tisztítás követett 0,45 μ m pórusú PTFE anyagú HPLC szűrőn (Whatman, Dassel, Németország). A megfelelő töménység elérése után, amelyet HPLC tisztaságú metanollal való hígítással értünk el, a megtisztított minta 150 \times 4,6, 3 μ m diámméretű Nucleodur C18, Cross-Linked (ISIS, Macherey-Nagel, Düren, Németország) oszlopra lett injektálva. A mozgófázis 50:50 víz és acetonitrilből tevődött össze, amely 0,8 ml/perc folyadékárammal ment. A fluoreszcens detektálás rögzített gerjesztési hullámhosszon (280 nm) és elnyelésen (320 nm) valósult meg. A vegyületek koncentrációjának meghatározása a csúcsok alatti terület integrálásával

történt, a minőségi meghatározás pedig retenciós idő alapján, vagyis a standard anyaghoz való hasonlításal, amely egy autentikus kapszaicinoid standard volt (Plantakem Ltd., Sándorfalva). A következő kapszaicinoid vegyületek elválasztása és detektálása történt e módszerrel: NDC, CAP, DC, HCAP 1-2, HDC 1-2. A TC ezek összeadásával készült. A Scoville hőegységet (SHU) a következő képlet alapján számoltuk:

$$(CAP \times 16,1) + (DC \times 16,1) + (NDC \times 9,3) + [(HCAP1 + HCAP2) \times 8,6] \\ = \textit{Scoville Heat Unit}$$

ahol minden változó $\mu\text{g/g}$ szárazanyagban van megadva (Ziino et al. 2009).

3.3.2. C-vitamin mérés

A bogyók turmixolását követően 2-5 grammot (paprika típustól és érés fázistól függően) dörzsmozsárban kvarchomokkal pépes állagúra dörzsöltünk. A pépesített mintához 30 ml 3%-os meta-foszforsavat adtunk két részletben, úgy, hogy a dörzsmozsárból a teljes minta átkerüljön 100 ml-es Erlenmeyer lombikba. Ezt követően a minták egy éjszakát 4°C-on hűtőszekrényben álltak, majd másnap papírszűrőn átszűrtük és utána 0,45 μm lyukátmérőjű PTFE anyagú HPLC szűrőn szűrtük a mintát. Az aszkorbin sav injektálása fordított fázisú C18 Nautilus, 150 \times 4,6 mm (Macherey-Nagel, Düren, Németország) oszlopra történt, ahol a mozgó fázis 0,01 M KH_2PO_4 (A) és acetonitrilből (B) tevődött össze. A kezdeti folyadékfázis 1% B az A-ban majd 30% B az A-ban 15 percig, majd 1% A a B-ben 5 percig. A folyadékáram végig 0,7 ml/perc volt. A C vitamin maximális elnyelését 244 nm-en detektáltuk. A pontos mennyiségi meghatározáshoz ismert mennyiségű standard anyagot (L-aszkorbinsav, Sigma Aldrich, Budapest) injektáltunk, és abból számoltuk ki a kapott csúcsokhoz tartozó koncentráció értékeket.

3.3.3. Karotinoid mérés

A bogyók turmixolását követően 2-5 grammot (paprika típustól függően) dörzsmozsárban kvarchomokkal pépes állagúra dörzsöltük. Első lépésben 20 ml analitikai tisztaságú metanolt adtunk a pérhoz a víz megkötésére. A metanolos fázist óvatosan Erlenmeyer lombikba átöntöttük. A maradék pépet tovább dörzsöltük a dörzsmozsárban és 10:50 ml arányú metanol: 1,2-diklóretán eleggyel két lépésben tisztára mostuk a dörzsmozsarat, majd az Erlenmeyer lombikba 1-2 ml desztillált vizet adtunk, hogy biztosan különváljon a két fázis. Rövid állást követően a mintát elválasztó tölcserbe öntöttük A pigmentet tartalmazó fázis vízmentes Na_2SO_4 on

keresztül álló gömblombikba csepegett, a sóra a maradék víz eltávolítása miatt volt szükség. A mintában lévő oldószert vákuum alatt 40°C-on evaporáltuk (RVO 400, Vacuubrand, Németország). A pigment anyagot újra oldottuk 5 ml 10:35:55 (v/v) metanol-acetonitril-izopropanol elegyben utána 5 ml HPLC tisztaságú metanolban. 0,45 µm pórus átmérőjű PTFE anyagú HPLC szűrőn szűrtük a mintát az oszlopra való injektálás előtt. A karotinoidok Purospher® STAR RP C18 end-capped 3 µm, 250 × 4,6 mm oszlopon voltak elválasztva 50 perces gradiens elúciós módszerrel Daood et al. (2014) módszerfejlesztése alapján. Az egyes csúcsok a retenciós idejük és maximális elnyelésük alapján voltak azonosítva a meglévő standardokkal (β-karotin és 8-apo-karotinal, Sigma Aldrich, Budapest) összehasonlítva és az irodalomban fellelhető eredmények felhasználásával.

3.3.4. Polifenol mérés

A paprika bogyók turmixolását követően 3-5 grammot (az érés fázistól és genotípustól függően) dörzsmozsárban kvarchomokkal pépes állagúra dörzsöltük. A pépesített mintához 10 ml desztillált vizet adtunk majd ultrahangoztuk és 2%-os ecetsavat (metanolban) adtunk hozzá, amelyet így 15 percig rázattunk. A mintákat egy-éjszakán át 4°C-on állni hagytuk, majd másnap papír szűrővel és 0.45 µm lyukú nylon (PTFE) HPLC szűrővel áttisztítottuk. Az elválasztást Nucleosil Protect-1 (Macherey-Nagel, Németország) C18 oszlopora optimalizáltuk, amely hossza és belső átmérője 150 × 4,6 mm és 3 µm szemcseméretű. Az elválasztás gradiens elúcióval történt konstans folyadékárammal (0,6 ml/perc), ennek összetétele 1%-os hangyasav (A) vízben és acetonitril (B). A kezdeti összetétel 98% A és 2% B amely 10 perc alatt beállt 87% A és 13% B-re, majd 5 perc múlva 75% A és 25 % B-ra majd 15 perc alatt 60% A és 40% B-re, majd 7 perc múlva beállt újra a kezdeti összetétel 2 percre. Amely polifenol vegyület maximális elnyelése 280 nm-en van azt a katechin standard alapján számoltuk át koncentrációba, amelyeké 350 nm-en volt azokat a kaempferol standard alapján.

Mivel az általunk használt módszerek már validált módszerekből lettek átalakítva, ezért teljes körű validálást nem végeztünk rajtuk, csak a LOD (limit of detection), LOQ (limit of quantification) és kalibrációs görbét számoltuk ki. Az LOD az adott koncentrációhoz tartozó csúcs és zaj arány 3-szorosa, az LOQ ennek 3,3-szorosa. Kalibrációs görbét mintához adott standard koncentrációkkal és a hozzá tartozó csúcsterület alapján lineáris regresszióval számoltuk.

3.4. Adat elemzés

Az adatok elemzése IBM SPSS 22 programmal és Microsoft Excel Analysis Toolpack segítségével végeztük. Az összkapszaicinoid (továbbiakban TC), C-vitamin, karotinoid kategóriák koncentráció értékeit két-tényezős ANOVA modellel értékeltük, amelyben a szedés idő és a hálós árnyékolás és ezek lehetséges interakciója magyarázó változóként szerepelt. Amely táblázatban több mért változó is szerepel, az esetben egy külön táblázat tartalmazza az ANOVA tesztekhez tartozó p és F értékeket, de amely táblázatok csak egy mért változót tartalmaznak az esetben a táblázat illetve a táblázathoz tartozó magyarázat tartalmazza a statisztikai mutatókat. A 2014-2015-ös kísérletben a piacképes termésátlagot, Fv/Fm értéket, továbbá az érésdinamika vizsgálatban a kapszaicinoid és polifenol komponenseket és a C-vitamin tartalmat egy-tényezős ANOVA modellel vizsgáltuk, amelyben az érés fázis, mint magyarázó változó szerepelt. 2014 és 2015-ben az Fv/Fm számolást ugyanúgy végeztük, vagyis az egyes szedések előtti 4 hétben felvett adatokat átlagoltuk a megfigyelési egységek szerint, majd végeztünk 1-tényezős ANOVA modellt, amelyben csak a háló szerepelt magyarázó változóként.

Az ANOVA modell előfeltétele a szórás homogenitás vizsgálat Levene tesztrel és az adatpontok normál eloszlásának ellenőrzése Shapiro-Wilk tesztrel minden esetben megtörtént. Az ANOVA modell elvégzése után Tukey HSD post-hoc tesztrel végeztük a páronkénti összehasonlításokat, amely szignifikáns interakció esetén az egyes magyarázó változó szintjein külön-külön lett elvégezve. Az adatelemzésben az első fajú hiba végig 5% volt. A klorofill-a fluoreszcencia (Fv/Fm) érték és kapszaicinoidok (TC) vagy C-vitamin érték között kapcsolatot lineáris korrelációval írtuk fel, amelyet N, Pearson együttható és p-értékkel jellemeztük.

A hónaponkénti átlag besugárzás (lux) mérés a 200-1200 nm hullámhossz tartományból történt napi 24 mérés átlagolásának havonkénti átlagolásával. Mivel minden háló alatt egy mérő lett kihelyezve, így a mérés ismétlésére és az átlaghoz tartozó szórás számolására nincs lehetőség. Emellett egy átszámolt értéket, amely a fotoszintetikus aktív régióból érkező besugárzást írja le ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) is feltüntettünk, a $\text{lux} \times 0.019$ képlet alapján számoltuk ki (http 4). A hálókat azon képességük alapján, hogy a fényinjetzítást mennyire csökkentik folytonos változóvá alakítottuk, az adott szedést megelőző 14 napon mért maximális besugárzástokat összeadtuk majd $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ -ban adtuk meg. Ezzel a kumulált besugárzással (magyarázó változó) lineáris regressziós modellt írtunk fel a TC és C-vitamin értékekre.

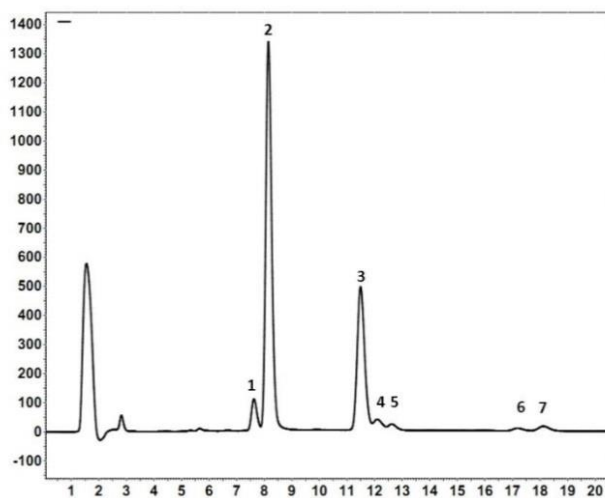
A beltartalmi paraméterek az árnyékoló hálós kísérletek értékelése során a fajták nem kerültek összehasonlításra, mert azok megjelenésükben rendkívül különböztek és erre több korábbi kísérlet felhívja a figyelmet (Ghasemnezhad et al. 2011, Lekshmi és Sreelathakumary 2016).

4. Eredmények

4.1. A minőségi komponensek analízése

4.1.1. Kapszaicinoidok (csípősséért felelős anyagok)

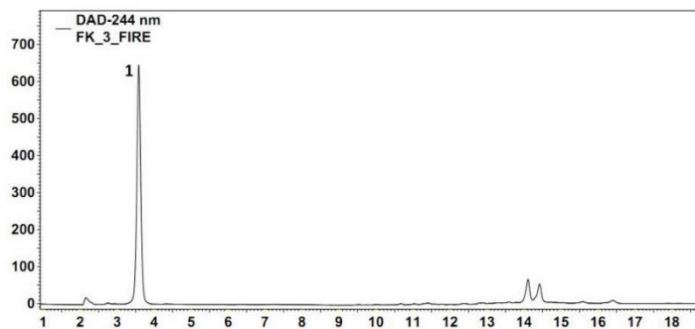
A fő kapszaicinoid komponensek a vizsgált hibridekben a következők voltak; NDC, CAP és DC. Emellett, ezek homológjai is: HCAP1, HCAP2, HDC1, HDC2 is jelen voltak kisebb, de kvantitatív módon még detektálható mennyiségben (**4. ábra**). A legmagasabb mért CAP érték ($1610,2 \pm 91,46 \mu\text{g/g}$) zöld érésű Bandai (*C. frutescens*) paprikában, *C. annuum* fajba tartozók közül pedig $977,86 \pm 146 \mu\text{g/g}$ 'Star Flameben' fóliában fehér árnyékolással. A munka alatt legrészletesebben vizsgált 'Fire Flamehez' hasonló (*C. annuum*) ismertebb chili paprika például a 'Serrano', amelyet Giuffrida et al. (2013) vizsgált csípősség tartalomra, és $707 \pm 40 \text{ mg/kg}$ CAP koncentrációt mért benne száraz tömegre vonatkoztatva. Ez nagyjából megfelel 100 mg/kg CAP koncentrációnak nedves tömegben kifejezve. Gnayfeed et al. (2001) vizsgálatában egy csípős magyar fűszer paprikában $21,4\text{-}116,6 \text{ mg/100g}$ koncentráció CAP-t mértek szárazanyagban kifejezve. Annak ellenére, hogy a 'Fire Flame' és a magyar csípős fűszerpaprikák külsőleg hasonlóak, azok csípősségben mégis meglehetősen alulmaradnak a 'Fire Flamehez' képest.



4. ábra. Kapszaicinoidok elválasztása és detektálása fluoreszcens detektorral. Az x-tengely a retenciós időket jelöli (min) az y-tengely a csúcsterület amplitudóját. 1: NDC, 2: CAP, 3: DC, 4-5: HCAP 1-2, 6-7: HDC 1-2.

4.1.2. C-Vitamin

A C-vitamint, mint legfontosabb vízoldható vitamint is vizsgáltuk, amely 3,6 perc alatt eluálodott az oszlopról (**5. ábra**). Legmagasabb érték szabadföldön nevelt árnyékolatlan ‘Fire Flameben’ ($3689,4 \pm 160,61 \mu\text{g/g}$) mértük. Összehasonlítva új-mexikói nemesítésű chillivel, amelyet $2766 \mu\text{g/g}$ koncentrációval mértek (Osuna-García et al. 1998), ez az érték nagynak mondható, és a magyar fűszerpaprika C-vitamin tartalmával mérhető össze, amely $1800 \mu\text{g/g}$ (Gnayfeed et al. 2001).

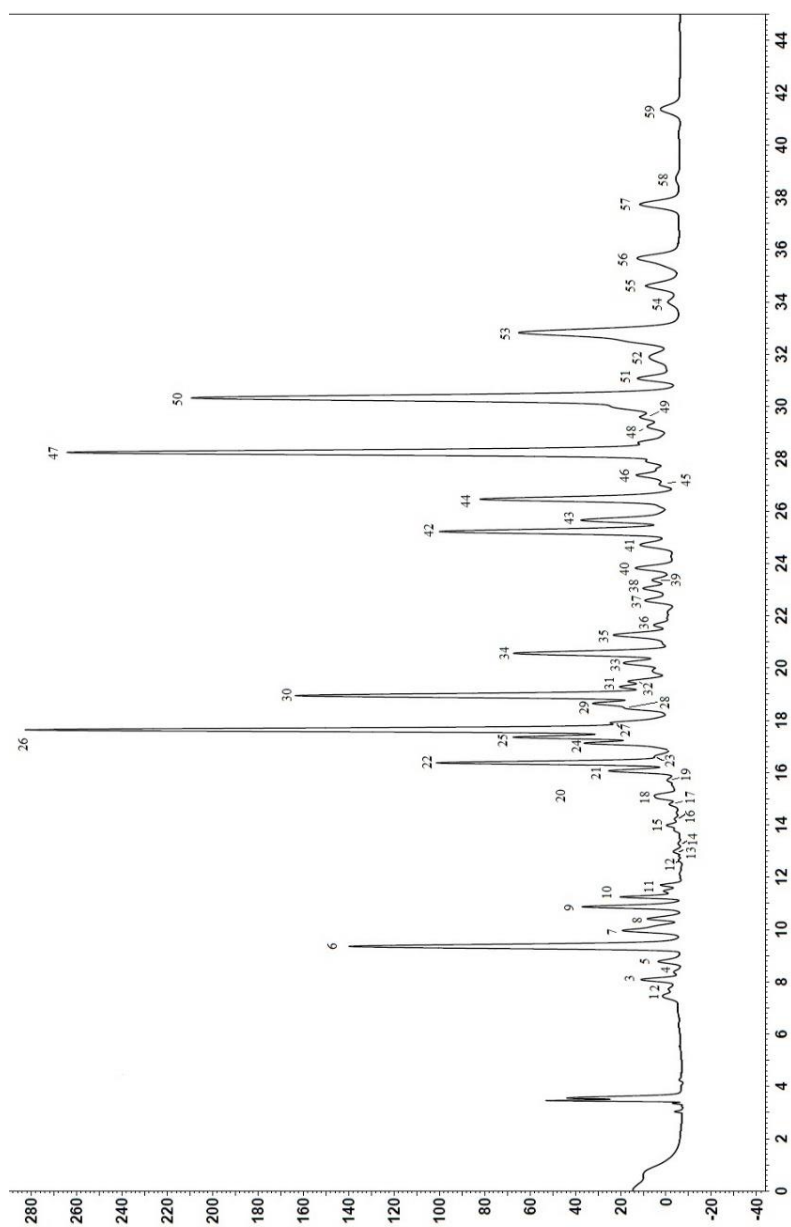


5. ábra C-vitamin detektálása 244 nm-n diódasoros detektorral. Az x-tengely a retenciós időket jelöli (min) az y-tengely a csúcsterület amplitudóját.

4.1.3. Karotinoidok

Karotinoidok vizsgálatakor kb. 60 komponenst választottunk szét és azonosítottunk pirosra érő ‘Fire Flame’ esetében (**6. ábra, Függelék 1. táblázat**), majd ezek értékeléséhez egy csoportosítást alkalmaztunk, az egyes vegyületek polaritás alapján (észtereződöttségi szint) lettek besorolva; szabad pigmentek, mono-észterek, β -karotin és di-észterek csoportokra, továbbá a sárga és piros vegyületek külön alcsoportot képeztek. A legmagasabb összkarotinoid értéket $622 \pm 40 \mu\text{g/g}$ szabadföldön árnyékolatlanul természetve az őszi szedéskor (2014. szeptember 28.) állapítottuk meg. Összehasonlítva más hasonló megjelenésű pirosra érő *C. annuum* chillivel Wall et al. (2001) munkája alapján a ‘Large Red Thick’ értéke $505 \pm 45 \mu\text{g/g}$, és a ‘Ring-O-Fire’ $980 \pm 121 \mu\text{g/g}$ nyers tömegben számolva, ezek közül az előbbi koncentrációjához hasonló. Táplálkozástudományi szempontból legfontosabb vegyületek (β -karotin, zeaxanthin, lutein, kapszantin) önmagában is értékelve vannak. A sárga karotinoidok fontos szerepet töltenek be a paprikák egészség megőrző tulajdonságainak kialakításában. A legnagyobb koncentrációban mért sárga vegyület a β -karotin, ennek értéke $13,14$ és $61,27 \mu\text{g/g}$ között változott. Összehasonlításképp a ‘Ring-O-Fire’ genotípusban 56 ± 2 -től $82 \pm 14 \mu\text{g/g}$ -ig, a ‘Large Red Thick’-ben pedig $34 \pm 3 \mu\text{g/g}$ -ot mért Wall et al. (2001), amely értékek közé tehető a mi általunk vizsgált genotípus.

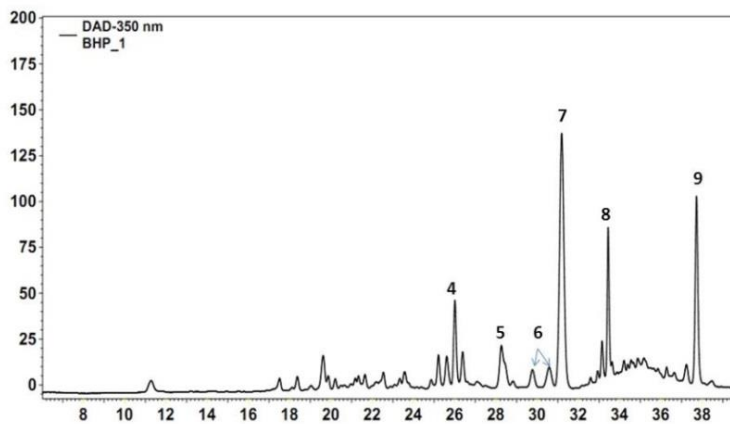
A piros és sárga vegyületek együttes hatása eredményezi a bogyók látható színét, ennek kifejezésére a piros/sárga arányt adjuk meg, maximális értékét 2015-ben zöld árnyékoló alatt szeptember végi szedéssel mértük ($5,04 \pm 0,37$). Ambrózy et al. (2016) kápia típusú paprikában ezt 3,7-4,2-et, némiképp alacsonyabb értéket 1,80-at mért Hornero-Mendez és Minguez-Mosquera (2000) és Topuz és Ozdemir (2007) 1,2-t mért.



6. ábra. Karotinoid komponensek diodasoros detektálással ‘Fire Flame’ chili paprikában, 470 nm. (a sorszámok a **Függelék 1. Táblázat** első oszlopával egyeznek meg). Az x-tengely a retenciós időket jelöli (min) az y-tengely a csúcsterület amplitudóját.

4.1.4. Polifenolok

A polifenolok közül nagy mennyiségben mértünk vanilliasav-származékot, katechint, naringenin-diglükozidot 280 nm-en, továbbá luteolin-rutinozidot, quercetin-glükozidot, quercetin-glikozidot, miricetint, kaempferol-származékot, luteolin-glükozidot, amelyeket 350 nanométeren detektáltunk (**7. ábra**). A naringenin a flavonoid szintézis egyik kezdeti vegyülete (Tsao 2010), és egyben a dominánsabb polifenol a vizsgált paprikákban. Más tanulmányok szintén sok naringenint találtak glükozid formában, paprikahéj alatt (Xin et al. 2014) és édes paprikában (Morales-Soto et al. 2013).



7. ábra. 350 nm-en diódasoros detektálással. Az x-tengely a retenciós időket jelöli (min) az y-tengely a csúcsterület amplitudóját. 4: luteolin-rutinozid, 5: quercetin-glükozid, 6: quercetin-glikozid, 7: luteolin-glükozid, 8: myricetin, 9: kaempferol-származék ('BeibeiHong' piros érésben).

4.1.5. A módszerek validálása

A validálási paraméterek kiszámításához Snyder et al. (2011) ajánlásait vettük alapul, ezek a **2-3. táblázatban** találhatóak. A C-vitamin kvantitatív mérés alsó határa 2,5 µg/ml, továbbá 30 és 120 µg/ml tartományban használható a módszer megbízhatóan. Paprikabogyó esetén főleg a magasabb koncentrációk mérése várható, de valamilyen hatás következtében csökkent koncentráció mérése is lehetséges vele. A legalacsonyabb elméleti tényérszámot és retenciós tényezőt is a C-vitaminnál mértük, mert nagyon rövid ideig, átlagosan 3,5 percig tartózkodik az oszlopon. Ennél a vegyületnél az α a mért legmagasabb, mert a többi módszerrel ellentétben csak 1 vegyületre optimalizáltuk az elválasztást, és ez jobb elválást biztosít az adott csúcsnak.

A polifenolok méréséhez tartozó kalibrációs görbék r^2 értékei: 0,899-0,997, az alacsonyabbak a nem flavonol típusú flavonodiokhoz tartozó értékek, úgy véljük ezek linearitása kielégítő, de nem annyira pontos, mint a flavonoloké. A polifenol módszerben az elméleti tényérszámot 719939-re sikerült növelni, vagyis az elválasztás hatékonyságát, amely a kaempferol elválasztásához szükséges.

A kapszaicinoidok esetében Daood et al. (2015) módszere alapján dolgoztunk és csak az elméleti paramétereket számoltuk ki. A felbontás a DC-nél nem a legmegfelelőbb, mert az utána eluálódó HCAP1 retenciós időben nagyon közel van hozzá. A CAP és NDC az alapvonalig elválík a kereszt kötésű C18 oszlopon, de bizonyos oszlopok esetében a vízhez adott KH_2PO_4 - pufferrel valósul meg.

A karotinoid módszer esetében nagyon sok csúcs elválasztása volt a cél, ennek megfelelően az elválasztás paraméteri pl. a felbontás sok esetben alul marad a várt 1-1,5 tartománytól. Szelektivitás faktorban pedig egységesen hasonló 1,02-1,09 értékeket mértünk, vagyis egyenletesen oszlanak meg a csúcsok annak ellenére, hogy rendkívül sűrű a kromatogram.

2. táblázat. A validálás paramétereit.

| Főkomponensek | LOD (µg/ml) | LOQ (µg/ml) | kalibrációs tartomány (µg/ml) | kalibrációs egyenes | r ² |
|-----------------------|-------------|-------------|-------------------------------|----------------------|----------------|
| katechin | 2,625 | 8,75 | 0-50 | y = 0,331x – 2,5895 | 0,899 |
| naringenin-diglükózid | 0,0318 | 0,106 | 0-50 | y = 0,3906x – 3,0556 | 0,899 |
| quercetin-3-glükózid | 1,083 | 3,61 | 0-50 | y = 0,2188x – 0,781 | 0,983 |
| luteolin-glükózid | 1,018 | 3,39 | 0-50 | y = 0,1912x – 0,381 | 0,979 |
| kaempferol-származék | 0,0208 | 0,069 | 0-50 | y = 0,4402x – 3,444 | 0,899 |
| C-vitamin | 0,750 | 2,500 | 30-120 | y = 0,2736x – 2,4305 | 0,997 |
| β-karotin | 0,070 | 0,231 | 6,25-62,5 | y=0,4202x+2,1237 | 0,987 |
| CAP* | 0,004 | 0,010 | 0,1-5 | y=2000+07x+3000+06 | 0,998 |
| DC* | 0,002 | 0,007 | 0,3-6 | y=2000+07x+3000+06 | 0,998 |
| NDC* | 0,003 | 0,008 | 0,07-1,1 | y=2000+07x+3000+06 | 0,997 |

* Daoud et al (2015) módszerfejlesztése alapján.

3. táblázat. Az elválasztás elméleti paramétereit.

| Főkomponensek | Retenció idő | csúcs szélesség | k' (retenció s tényező) | R (felbontás) | α (szelektivitási factor) | N (elméleti tányérszám) |
|-----------------------|--------------|-----------------|-------------------------|---------------|---------------------------|-------------------------|
| vaníliásav-származék | 14,18 | 0,83 | 3,36 | 1,30 | 1,09 | 44394 |
| katechin | 17,61 | 0,78 | 4,42 | 0,98 | 1,05 | 86768 |
| naringenin-diglükózid | 18,37 | 0,77 | 4,65 | 0,84 | 1,04 | 98710 |
| luteolin-rutinozid | 30,79 | 0,51 | 8,47 | 3,58 | 1,05 | 746496 |
| kaempferol-származék | 37,72 | 0,65 | 10,61 | 1,69 | 1,03 | 719939 |
| C-vitamin | 3,57 | 0,78 | 0,67 | 1,35 | 1,63 | 869 |
| NDC | 8,37 | 0,53 | 2,93 | 1,19 | 1,13 | 33248 |
| CAP | 8,90 | 0,82 | 3,32 | 3,83 | 1,48 | 17812 |
| DC | 12,19 | 0,90 | 4,92 | 0,85 | 1,07 | 32432 |
| kapszantin szabad | 9,73 | 0,70 | 2,21 | 1,09 | 1,09 | 23474 |
| zeaxanthin szabad | 11,63 | 0,38 | 2,84 | 1,15 | 1,05 | 131120 |
| kapszantin ME | 19,36 | 0,49 | 5,39 | 0,96 | 1,02 | 284328 |
| zeaxanthin ME | 21,08 | 0,52 | 5,96 | 1,08 | 1,03 | 308452 |
| β-karotin | 25,77 | 0,62 | 7,50 | 0,72 | 1,02 | 344380 |
| kapszantin DE | 28,84 | 0,62 | 8,52 | 0,80 | 1,02 | 443642 |
| zeaxanthin DE | 38,78 | 1,19 | 11,80 | 1,05 | 1,03 | 231046 |

4.2.Fajták összehasonlítása

A piros illetve sárga érett stádiumban a fajták legfontosabb komponenseinek összehasonlítása az **4. táblázatban** található. A CAP mennyiség szignifikánsan nem tér el a piros *C. annuum* fajtákban kivétel a Jalapeno, azokat a sárga ‘Star Flame’ ($234,3 \pm 45,23 \mu\text{g/g}$) és Bandai ($1176,1 \pm 112,1 \mu\text{g/g}$) ($p < 0,001$) csípősségben felülmúlta. Megfigyelésünket javarészt alátámasztja Sanatombi és Sharma (2008) tanulmánya, miszerint a *C. annuum* fajhoz tartozó paprikák kevésbé csípnek, mint a *Capsicum frutescens*hez tartozók, ez alól kivétel a BeibeiHong.

A legnagyobb CAP a legnagyobb SHU értékkel ($98\ 090,8 \pm 9920,7$) társul. Pandey et al. (2010) *C. frutescens* paprikában $87\ 300\text{--}276\ 500$ SHU-ot mért, amely skála alacsonyabb határán mozog a Bandai. A Tabasconál (*C. frutescens*) pedig magasabb a SHU értéke (21348 ± 867 , Giuffrida et al 2013). A *C. annuum* fajták közül a ‘Star Flameben’ magasabb SHU ($66\ 201,2 \pm 7132,51$) mértünk, mint Topuz és Ozdemir (2007) ($9720 \pm 2061,8$) illetve Giuffrida et al. (2013) ($21\ 034 \pm 3579$) más *C. annuum* fajtában. Érdekes módon a legmagasabb CAP érték a Bandaiban a legalacsonyabb C-vitaminnal társul. A legnagyobb értéket a ‘Fire Flame’ ($3689,4 \pm 160,61 \mu\text{g/g}$) érte el, amely messze meg is haladja a magyar fűszerpaprikában mért (Gnayfeed et al. 2001) és az új-mexikói nemesítésű chiliket, amelyet $2766 \mu\text{g/g}$ koncentrációval mértek (Osuna-García et al. 1998).

A naringenin a domináns polifenol a vizsgált paprikákban. Naringenin-diglükozid mennyiség $93,5 \pm 4,26$ és $368,8 \pm 30,77 \mu\text{g/g}$ között volt mérhető érett bogyókban, a magasabb értékek a *C. frutescens* fajhoz tartozó genotípusban, amely részben a magasabb szárazanyag tartalomnak is köszönhető.

Karotinoid+klorofill értékben a ‘C3735’ szignifikánsan magasabb mindegyik mért fajtától, és ‘Star Flame’ pedig mindegyiktől elkülönül.

A vizsgált fajták közül a ‘Jalapeno’ az egyetlen olyan chili (jalapeno típushoz tartozó), amely széleskörben kutatott és ismert a fogyasztók számára. Érdekessége, hogy általában zöld érésben szokták felhasználni savanyításra, illetve piros érésben füstölésre, de méréseink szerint CAP tartalma egyik esetben sem haladja meg a $130,7 \pm 12,5 \mu\text{g/g}$ -ot. Ez az érték összhangban van az irodalommal, amelyek $50\text{--}200 \mu\text{g/g}$ (Johnson és Decoteau 1996) és $105 \pm 14,7 \mu\text{g/g}$ -ot (Kozukue et al. 2005) mértek.

4. táblázat. A piros, illetve sárgaérés stádiumok átlag±SD koncentrációja (n=3) µg/g-ban friss tömegre vonatkoztatva.

| p-érték | F-érték | Jalapeno | Star Flame | Fire Flame | C3735 | Lolo | Bandai | Beibelhon g | Genotípus |
|---------|---------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| <0,001 | 94,64 | 81,9±9,62 a | 440,8±17,22 c | 234,3±45,23 b | 126,3±35,95 b | 197±92,13 b | 1176,1±112,1 d | 311,8±63,25 bc | CAP |
| <0,001 | 48,43 | 18936,7±2044,2 a | 66201,2±7132,51 c | 40417,3±7830,33 b | 23730,9±3174,95 b | 33188,2±5229,83 b | 98090,8±9920,74 d | 37999,8±5761,66 b | Scoville Heat Unit |
| <0,001 | 27,62 | 1014,8±90,47 ab | 3154,8±160,61 cd | 3689,4±160,61 d | 2468,2±58,93 bc | 1940,9±533,57 b | 787,4±131,21 a | 2483,8±570,74 bc | C-vitamin |
| <0,001 | 146,17 | - | 93,5±4,26 a | 141,6±4,19 c | 217,2±8,36 d | 117,8±7,18 ab | 276,5±16,65 e | 368,8±30,77 f | naringeni n-diglükozid |
| <0,001 | 63,31 | 127,11±7,46 b | 6,04±0,71 a | 192,51±16,28 bc | 444,8±74,70 e | 314,22±22,08 d | 209,49±8,76 bc | 272,20±3,92 cd | Karotinoi d+klorofil |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt értékek a különböző fajták között nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.3.Érésdinamikája

4.3.1.Csípősség anyagok

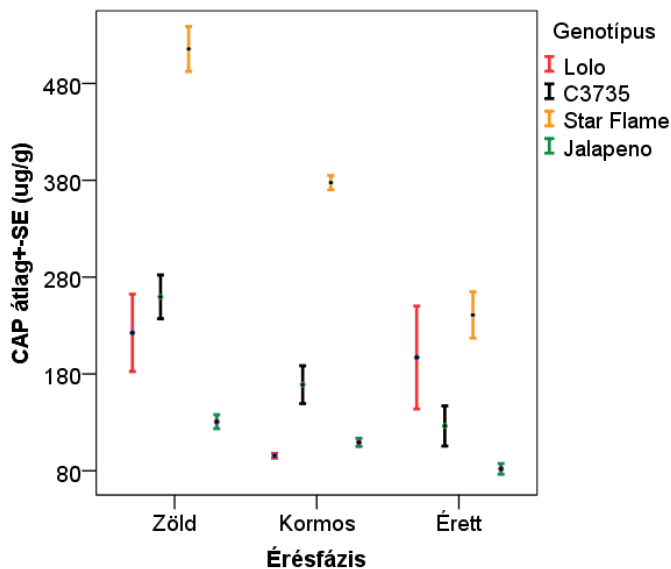
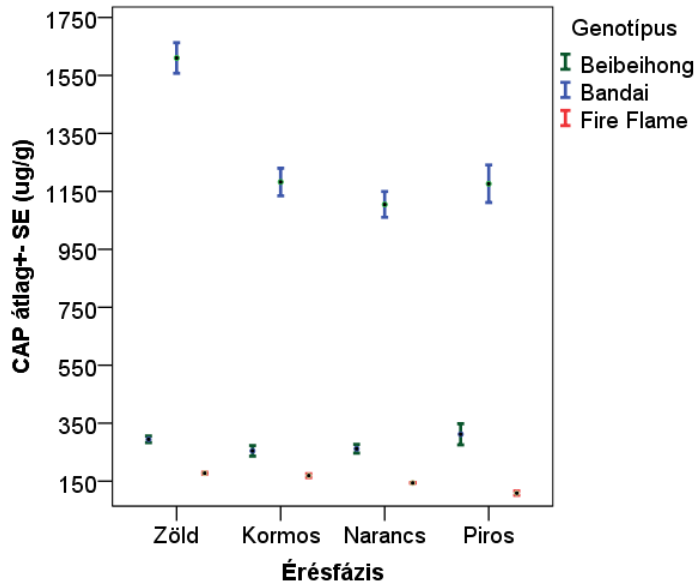
Az érés előrehaladásával (**5. táblázat, Függelékek 2. táblázat**) nem volt mérhető változás a 'Beibehongban' a főkomponenseket tekintve, ugyanakkor a mellék komponensekben (HCAP1 és HDC1, mindkettő $p \leq 0,032$) csökkenés mutatkozott a zöld és kormos fázis között, majd egy enyhe növekedés a végső stádiumra. A 'Bandaiban' az érés minden komponensre szignifikánsan hatott (mind $p \leq 0.027$); a CAP változása egy szignifikáns csökkenés a kezdeti és kormos stádium között. DC, NDC és HDC2 vegyületekben fokozatos csökkenés történt. A főkomponenseket figyelembe véve, a 'Bandai' csípősségvesztéssel jellemezhető az érés során, ugyanakkor a 'Beibehongban' a csípősség változatlan maradt. A kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy még azonos paprikafajon belül (*C. frutescens*) is különböző képen változik a csípősség az érés során, és ezzel összhangban van Pandey et al. (2010) eredménye, aki 3 különböző *C. frutescens* paprikát vizsgálva 3 különböző csípősségmaximumot talált érési stádiumok összehasonlító vizsgálata során.

A *C. annuum* fajon belül 5 genotípust vizsgáltunk. A 'Lolo' hibridben a CAP csökkenést mutat, de ez a csökkenés nem szignifikáns a különböző érési stádiumok között, növekedést pedig egyedül az NDC komponensben mértünk a főkomponensek közül, de ez szintén nem szignifikáns. A HCAP1 vegyület a kormos érési stádium után a detektálhatóság határa alá csökkent.

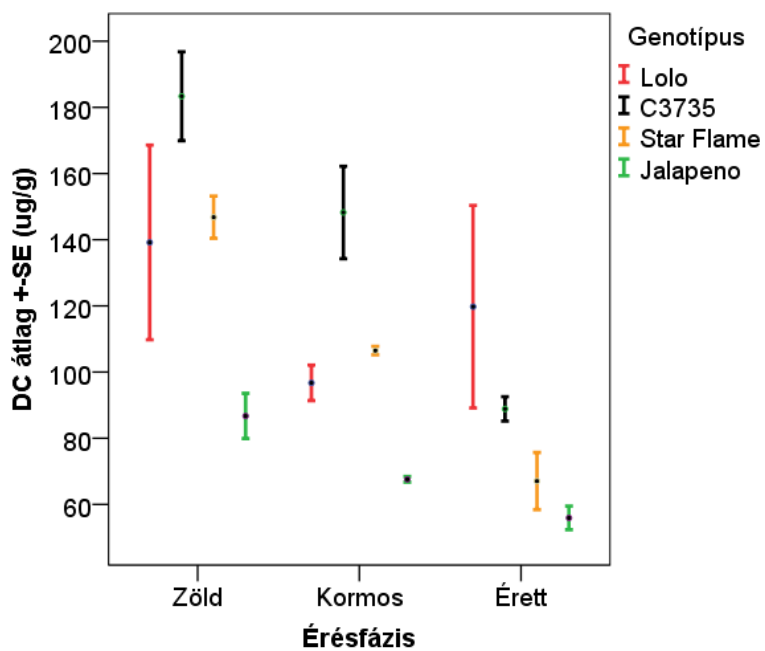
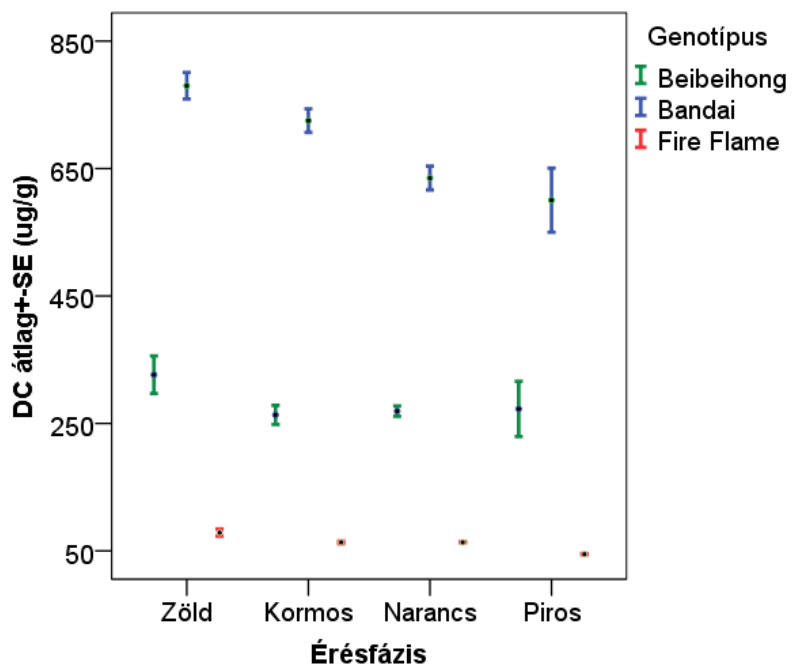
A 'C3735', 'Fire Flame', 'Star Flame' és 'Jalapeno' paprikákban az érés szignifikánsan csökkentette a komponenseket; NDC, CAP, DC, HDC1, HDC2 ($p \leq 0.011$), és a többi típustól eltérően ezekben a paprikákban csak egyféle HCAP vegyületet tudunk azonosítani. Egyértelmű tendencia mutatkozik, miszerint a *C. annuum* paprikák csípőssége csökken az érés előrehaladtával, ezzel némiképp ellentmondóak a 'Lolo' hibridben mért eredmények, ahol a kapszaicinoid vegyületek nagy része változatlan maradt az érés során.

Iwai et al. (1979) a virágzás után 40 nappal mérte a maximális kapszaicinoid mennyiséget, majd fokozatos csökkenést ír le *C. annuum* paprikában. A különböző érési skála használat miatt, nehéz összehasonlítani a mi eredményeinkkel, de a virágzás utáni 40. nap körülbelül megfelel a zöld érési stádiumnak, és ezáltal a 'Beibehong', 'C3735', 'Star Flame', 'Fire Flame' és 'Jalapeno' paprikában mért adatokkal összhangban van. Gnayfeed et al. (2001) megfigyelése szerint magyar

fűszerpaprika (*C. annuum*) a kormos fázisban érte el a csípősség maximális értékét, majd utána csökkent ennek mennyisége, ezt a tendenciát az általunk mért genotípusokkal nem lehet alátámasztani. A CAP és DC változását az összes vizsgált genotípuson az **8-9 ábrák és 10-11. ábrák** szemléltetik, és bár a 'Bandai' magas értékei miatt a többi fajta csípősség változása kevésbé jól látható, azt a megállapítást alátámasztja, miszerint mindegyik genotípusban a zöld érés volt a legerősebb.



8-9. ábra. Hibásáv diagramon az átlag ± SE CAP értékek (n=3) az érés előre haladtával 4 illetve 3 érési fázisban.



10-11. ábra Hibasáv diagramon az átlag ± SE DC értékek (n=3) az érés előre haladtával 4 illetve 3 érési fázisban.

5. táblázat. Az egyes érés stádiumok és a paprikákban kialakult csípősséget okozó kapszaicinoid komponensek átlaga \pm SD (n=3) μ g/g-ban friss tömegrre vonatkoztatva.

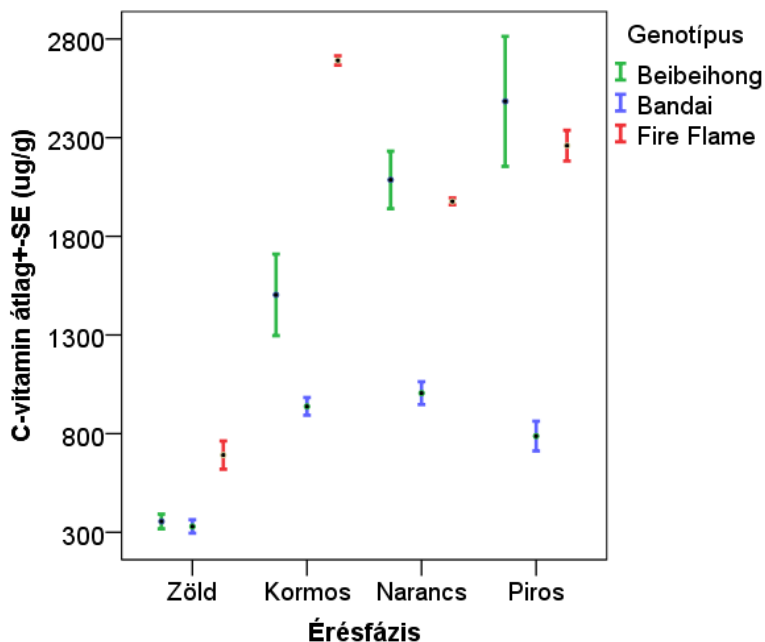
| genotípus | érés stádium | NDC | CAP | DC | HCAP1 | HCAP2 | HDC1 | HDC2 |
|------------------|----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|------------------------|
| Bebeihong | zöld | 51,8 \pm 3,90 a | 294,5 \pm 19, 72 a | 326,5 \pm 51, 20 a | 3,5 \pm 2,01 ab | 20,0 \pm 2,37 a | 10,6 \pm 3,01 ab | 26,3 \pm 2,60 a |
| | kormos | 60,6 \pm 15, 01 a | 254,6 \pm 31, 90 a | 263,4 \pm 25, 92 a | 1,8 \pm 0,70 a | 25,3 \pm 5,1 3 a | 9,0 \pm 0,82 a | 29,5 \pm 6,4 2 a |
| | narancs | 61,7 \pm 6,6 5 a | 261,9 \pm 2 6,12 a | 269,3 \pm 1 4,06 a | 3,6 \pm 0,97 ab | 28,5 \pm 4,6 4 a | 10,7 \pm 0,5 0 ab | 26,7 \pm 2,0 9 a |
| | piros | 63,2 \pm 15, 12 a | 311,8 \pm 63, 25 a | 272,7 \pm 74, 99 a | 5,7 \pm 0,51 b | 23,7 \pm 3,6 2 a | 13,9 \pm 0,5 b | 23,9 \pm 3,7 9 a |
| Bandai | zöld | 102,9 \pm 1 4,17 ab | 1610,2 \pm 91,46 b | 780 \pm 36, 03 b | 13,1 \pm 5,6 1 ab | 8,9 \pm 0,99 a | 12,8 \pm 1,2 2 a | 30,2 \pm 2,2 9 ab |
| | kormos | 102,2 \pm 1,2 1 ab | 1182,2 \pm 82, 56 a | 725,2 \pm 32, 03 ab | 6,3 \pm 1,83 a | 18,5 \pm 3,69 b | 12,7 \pm 0,57 a | 31 \pm 3,41 ab |
| | narancs | 115,6 \pm 5,2 6 b | 1104,9 \pm 77, 27 a | 635,2 \pm 32, 36 a | 11,5 \pm 0,51 ab | 27,2 \pm 3,33 c | 15 \pm 0,46 ab | 37,9 \pm 3,41 b |
| | piros | 81,5 \pm 6,91 a | 1176,1 \pm 11 2,1 a | 600,4 \pm 87, 11 a | 20,1 \pm 6,24 b | 14,3 \pm 2,39 ab | 16,3 \pm 2,06 b | 27,3 \pm 3,34 a |
| Lolo | zöld | 18,7 \pm 2,42 a | 222,5 \pm 69, 33 a | 139,2 \pm 50, 97 a | 0,5 \pm 0,23 b | 0,4 \pm 0,08 a | 1,8 \pm 0,15 a | 9,2 \pm 1,19 a |
| | kormos | 26,2 \pm 3,94 a | 95,5 \pm 4,15 a | 96,7 \pm 9,29 a | 0,4 \pm 0,04 b | 2,4 \pm 0,77 b | 1,9 \pm 0,08 a | 12,6 \pm 1,31 a |
| | piros | 22,2 \pm 5,14 a | 197 \pm 92,13 a | 119,8 \pm 53, 03 a | 0 \pm 0 a | 3,2 \pm 0,15 b | 1,9 \pm 0,27 a | 12,5 \pm 3,27 a |
| | zöld | 31,3 \pm 1,46 b | 259,6 \pm 39, 15 b | 183,4 \pm 23, 27 b | ND | 7 \pm 0,79 a | 1,6 \pm 0,21 b | 8,2 \pm 0,58 ab |

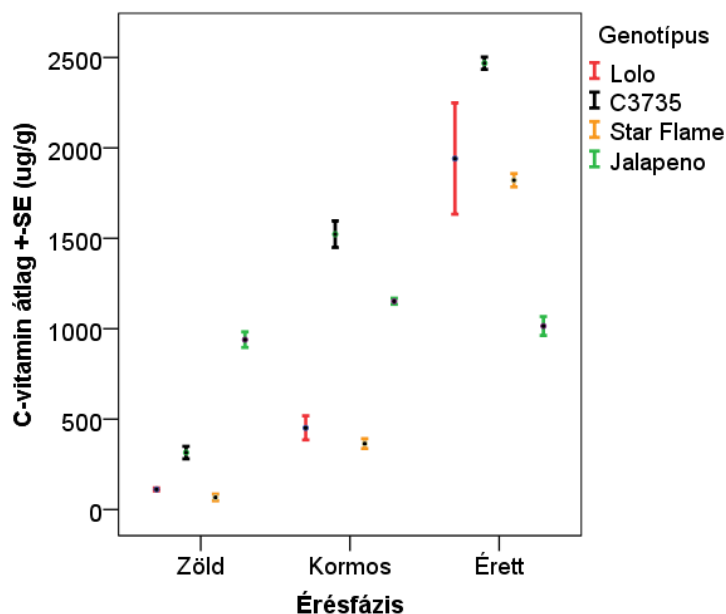
| | Star Flame | | Fire Flame | | Jalapeno | | | | | | |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|----------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| sárga | kormos | zöld | piros | narancs | kormos | zöld | kormos | | | | |
| 10,9±2,49 a | 16,7±0,14 b | 20,5±1,62 b | 6,7±0,72 a | 9,0±1,58 a | 8,2±0,64 a | 8,6±0,40 a | 5,4±0,19 a | 9,4±0,09 b | 11,9±2,45 b | 18,2±6,21 a | 35,9±1,64 b |
| 240,9±41, 49 a | 377,6±12, 80 b | 515,6±40, 28 c | 108,7±12, 93 a | 144,1±2,3 3 b | 169,0±11, 33 c | 177,5±5,7 2 c | 81,9±9,62 a | 109,3±7,2 7 b | 130,7±12, 50 b | 126,3±35, 95 a | 168,9±33, 86 ab |
| 67,1±14,9 5 a | 106,5±2,2 1 b | 146,8±11, 07 c | 44,8±1,81 a | 63,5±1,17 b | 63,3±3,76 b | 78,6±9,63 c | 55,9±6,17 a | 67,6±1,47 ab | 86,7±11,8 3 b | 88,9±6,38 a | 148,2±24, 21 b |
| 1,2±0,11 a | 2,6±0,22 b | 2,8±0,25 b | 0,7±0,06 a | 0,7±0,02 a | 0,9±0,07 b | 0,9±0,11 b | 0,3±0,10 a | 0,6±0,09 b | 0,6±0,07 b | ND | ND |
| ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | ND | 12,6±3,7 a | 12,6±4,16 a |
| 0,8±0,04 a | 1,2±0,15 b | 1,4±0,11 b | 0,5±0,04 a | 0,5±0,03 a | 0,5±0,03 a | 0,7±0,05 b | 0,1±0,06 a | 0,3±0,04 b | 0,3±0,04 b | 1,3±0,07 a | 1,9±0,08 b |
| 4,2±0,04 a | 5,9±0,40 b | 6,6±0,51 b | 2,8±0,41 a | 3,8±0,16 b | 3,2±0,16 ab | 3,4±0,24 b | 2,6±0,28 a | 3,5±0,20 ab | 4,7±1,08 b | 7,2±1,31 a | 9,8±1,01 b |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos kis betűvel jelöltek a különböző érézfázisok alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól. (ND: nem detektált).

4.3.2.C-vitamin és karotinoid+klorofill tartalom

Az érés során minden vizsgált genotípusban nőtt a C-vitamin mennyisége, és az a növekedés a legtöbb esetben a zöld és piros érés között szignifikáns volt ($p \leq 0,001$, **6. táblázat, Függelékek 2. táblázat**). A *C. frutescens* fajhoz tartozó hibridekben a zöld érés stádium után nagymértékű növekedés volt megfigyelhető a kormos stádiumban, majd egy fokozatos növekedés, illetve stagnálás a pirosra érett bogyókban. A 'Lolo' genotípusban a zöld és kormos fázis nem különbözött, de a piros érésben már szignifikánsan magasabb értékeket mértünk. A 'C3735' genotípusban egyértelmű növekedés volt a 'Star Flame', 'Fire Flame' és 'Jalapeno' típusokban is növekedés mutatkozott, bár a 'Jalapeno' és 'Fire Flame' esetében a kormos paprikákban magasabb értéket mértünk, mint az éretten. Ezen eredmények alapvetően összhangban vannak más kutatók kísérleteivel (Howard et al. 2000; Bae et al. 2014; Osuna-Garcia et al. 1998), ennek egyik magyarázata az, hogy az érés előrehaladtával a paprika bogyók redukáló cukrokat halmoznak fel, és mivel e vegyületek az L-aszorbinsav prekurzorai ez magyarázza a megnövekedett C-vitamin tartalmat az érés előrehaladásával (Diaz et al. 1998). A C-vitamin koncentráció változását az érés előre haladtával **12-13. ábra** szemlélteti.





12-13. ábra. Hibasáv diagramon az átlag \pm SE C-vitamin értékek (ug/g, n=3) az érés előre haladtával 4 illetve 3 érési fázisban.

Dias (2012) szerint az ajánlott napi egység (RDA) 60 mg C-vitamin, tanulmánya szerint átlagosan 100 g friss chili biztosít kb. 143,7 mg C-vitamint. A vizsgált genotípusokat nézve a 'Jalapeno' és a 'Fire Flame' 100 grammja már zöld érésben is eléri ezt az értéket, a 'BeibeiHong' és 'C3735' kormos fázisban a többi genotípus pedig csak a pirosra, illetve sárgára érett fázisban.

A karotinoid+klorofill érték fokozatosan növekszik az érés során minden vizsgált pirosra érő genotípusban, amely összhangban van más fajták eredményivel (Hornero-Mendez és Minguez-Mosquera, 2000). A sárga 'Star Flameben' pedig csökken. Ennek magyarázata, hogy a zöldérésben a klorofil tartalom 50%-át teszi ki ennek az értéknek (klorofill a + b), vagyis a karotinod kb. 10,02 μ g/g zöldérésben, amely a sárgaérésre 6,27-re lecsökken és közben a klorofill is csökken. A domináns vegyületek (lutein és violaxanthin) szabad és észter formában egyaránt (**Függelék 4. Táblázat**). Arra következtünk, hogy a kloroplaszt mennyisége csökken és nem alakul kromoplasztá sejtjeiben, mert a tipikus kromoplaszt karotinoidok (kapszantin, kapszorubin, β -kriptokapszin, zeaxanthin) hiányoznak belőle, és a karotinoid tartalma sem nőtt az érés során.

6. táblázat. Az egyes érés stádiumok és a paprikákban kialakult C-vitamin és β -karotinoid átlag \pm SD (n=3) koncentrációja μ g/g-ban friss tömegre vonatkoztatva.

| Genotípus | érés stádium | karotinoid+klorofil | C-vitamin |
|--------------------|----------------|----------------------|-----------------------|
| Beibei hong | zöld | 43,18 \pm 0,47 a | 355 \pm 64,85 a |
| | kormos | 92,03 \pm 8,84 b | 1503,4 \pm 358,31 b |
| | narancs | 173,70 \pm 22,48 c | 2085,7 \pm 252,2 bc |
| | piros | 272,20 \pm 3,92 d | 2483,8 \pm 570,74 c |
| Bandai | zöld | 28,17 \pm 4,06 a | 329,5 \pm 58,88 a |
| | kormos | 55,28 \pm 1,15 a | 937,9 \pm 78,04 b |
| | narancs | 179,97 \pm 22,25 b | 1005,2 \pm 100,73 b |
| | piros | 209,49 \pm 8,76 b | 787,4 \pm 131,21 b |
| Lolo | zöld | 24,98 \pm 3,72 a | 111,3 \pm 14,01 a |
| | kormos | 64,66 \pm 9,21 b | 451,5 \pm 115,56 a |
| | piros | 314,22 \pm 22,08 c | 1940,9 \pm 533,57 b |
| C3735 | zöld | 24,22 \pm 2,57 a | 315,1 \pm 59,91 a |
| | kormos | 51,71 \pm 8,58 a | 1522,5 \pm 127,47 b |
| | piros | 444,8 \pm 74,70 b | 2468,2 \pm 58,93 c |
| Jalapeno | zöld | 33,61 \pm 2,90 a | 939,5 \pm 74,76 a |
| | kormos | 43,35 \pm 3,21 a | 1151,7 \pm 28,67 b |
| | piros | 127,11 \pm 7,46 b | 1014,8 \pm 90,47 ab |
| Fire Flame | zöld | 32,20 \pm 1,73 a | 691,3 \pm 124,12 a |
| | kormos | 62,89 \pm 7,77 b | 2691,2 \pm 40,95 d |
| | narancs | 82,73 \pm 0,88 b | 1977,0 \pm 30,50 b |
| | piros | 192,51 \pm 16,28 c | 2259,5 \pm 134,57 c |
| Star Flame | zöld | 20,04 \pm 2,40 c | 66,9 \pm 31,51 a |
| | kormos | 13,85 \pm 1,18 b | 364,5 \pm 46,83 b |
| | sárga | 6,27 \pm 0,68 a | 1821,1 \pm 63,7 c |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos kis betűvel jelölték a különböző érésfázisok alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.3.3. Polifenol tartalom

A 'Beibei hongban' az érés során a következő komponensek mennyisége nőtt (**7. táblázat, Függelék 3. táblázat**): katechin, luteolin-rutinozid, quercetin vegyületek, miricetin, kaempferol-származék (mind $p \leq 0,02$), de csökkent a vanilliasav-származék mennyiség ($p < 0,001$). A 'Bandaiban' minden komponens nőtt ($p \leq 0,002$), kivétel vanilliasav-származék és luteolin-rutinozid, amelyek nem változtak. A quercetin-glükózid, miricetin és kaempferol-származék vegyületekből legmagasabb értéket az érés közepén találtuk. A legtöbb tanulmány a zöld és piros

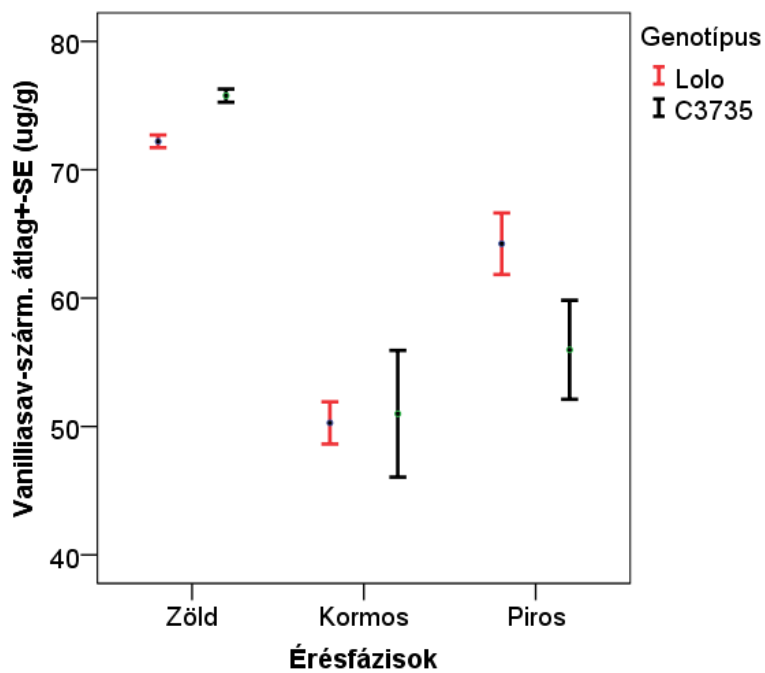
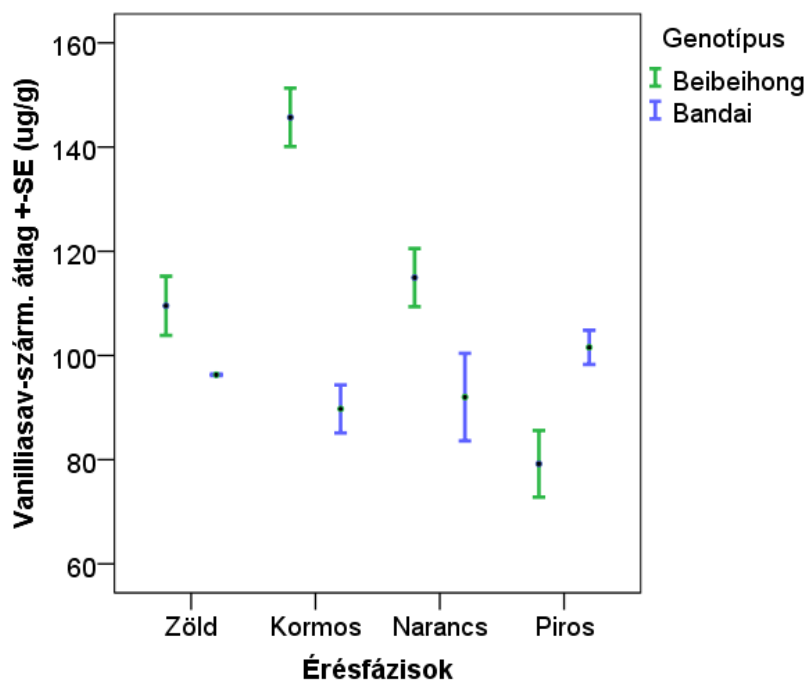
éréssel foglalkozik, de a kormosodás stádiumot figyelmen kívül hagyja Howard et al. (2000) azt találta, hogy a quercetin csökkent, de a luteolin nem változott Tabascoban (*C. frutescens*). Ezzel ellenkezőleg a quercetin-tartalmú komponensek növekedését találtuk mindkét *C. frutescens* paprikában.

'Loloban' az érés szignifikánsan csökkentette vanilliasav-származékot ($p < 0,001$), de növelte a katechin, luteolin-rutinozid, luteolin-glükózid és miricetin komponenseket (mind $p < 0,001$). A 'C3735' paprikában vanilliasav-származék csökkent ($p = 0,007$) miközben a katechin, naringenin-diglükózid és myricetin növekedett (mind $p \leq 0,019$). A vanilliasav-származék változást a **14-15. ábra** szemlélteti. Howard et al. (2000) megállapította, hogy *C. annuum* fajhoz tartozó paprikákban a quercetin szignifikánsan csökkenhet vagy nőhet, illetve változatlan maradhat fajtától függően, mi az utóbbi megállapítást tudjuk alátámasztani mérésünkkel.

Materska és Perucka (2005) megállapítása szerint a zöld érésben legnagyobb mennyiségben levő flavanoidok a quercetin-3-O-L-rutinozid és a luteolin-származék vegyületek, majd ezek az érés előre haladtával csökkennek. A mi mérésünk alapján a 'Loloban' a piros érés alatt volt a luteolin a legmagasabb mennyiségben, de a quercetin-glikozid nem változott egyik *C. annuum* fajtában sem.

A flavonoidok csökkenése párhuzamosan történik a kapszaicinoidok felhalmozásával (Kawada és Iwai, 1985). A vanilliasav-származék az egyetlen nem flavanoid polifenol vegyület, amit találtunk a vizsgált paprikában, és egyben az egyetlen vegyület, amely mennyisége csökkent az érés során a kapszaicinoidokhoz hasonlóan. Kawada és Iwai (1985) közvetlen összefüggést talált a DC és vanilliasav-származék között; patkányokat etettek DC-vel és utána a vanilliasav-származékot nagy mennyiségben detektálták a vizeletükben. Ez a tanulmány némiképp alátámaszja, hogy a vanilliasav és a kapszaicinoid komponensek kapcsolatban állnak, és valószínű ezért van hasonló tendenciájuk a paprika érése során.

A flavonoidok (kaempferol, quercetin, myricetin) erősen konjugált kötésekkel és 3-OH funkcionális csoportokat tartalmaznak, ezek a tulajdonságok hozzájárulnak a magas antioxidáns aktivitás kialakításához (Tsao 2010). A mérésünk alapján a piros és narancssárga érésű bogyók tartalmaztak nagy mennyiségben, amely ezáltal jobb minőségű bogyókat is jelent egyben.



14-15. ábra. Hibasáv diagramon az átlag ± SE vanilliasav-származék értékek (µg/g, n=3) az érés előre haladtával 4 illetve 3 érési fázisban.

7. táblázat. Az egyes érés stádiumok és a paprikákban kialakult polifenol komponensek átlag \pm SD (n=3) koncentráció értékei μ g/g-ban friss tömegrre vonatkoztatva.

| genotípus | Beibei | | Bandai | | | | Lolo | | | | | |
|-----------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| | zöld | kormos | zöld | kormos | narancs | piros | zöld | kormos | narancs | piros | zöld | kormos |
| vanília sav-szármarék | 109,5 \pm 9,84 b | 145,7 \pm 9,71 c | 114,9 \pm 9,66 b | 79,2 \pm 11,08 a | 96,3 \pm 0,25 a | 101,6 \pm 5,67 a | 92 \pm 14,56 a | 89,7 \pm 7,98 a | 92 \pm 14,56 a | 101,6 \pm 5,67 a | 72,2 \pm 0,85 c | 50,3 \pm 2,85 a |
| katechin | 50,4 \pm 1,86 a | 135,3 \pm 3,97 b | 153,5 \pm 5,56 c | 132,7 \pm 3,85 b | 96,9 \pm 7,67 a | 175,2 \pm 12,32 c | 166,4 \pm 17,16 b | 134,6 \pm 17,02 b | 166,4 \pm 17,16 b | 175,2 \pm 12,32 c | 45 \pm 2,71 a | 51,4 \pm 3,09 a |
| naringenin-diglükozid | 349,5 \pm 13,09 a | 477,4 \pm 52,69 b | 431,3 \pm 39,72 ab | 368,8 \pm 30,77 a | 130,3 \pm 4,82 a | 276,5 \pm 16,65 c | 254,2 \pm 38,95 b | 202 \pm 17,77 b | 254,2 \pm 38,95 b | 276,5 \pm 16,65 c | 116,8 \pm 7,28 a | 160,8 \pm 14,93 b |
| luteolin-rutinozid | 11,3 \pm 0,53 a | 8,5 \pm 0,73 a | 9,7 \pm 0,67 a | 17,0 \pm 3,37 b | 13,2 \pm 1,06 a | 21,6 \pm 10,69 a | 14,8 \pm 3,68 a | 15,1 \pm 3,96 a | 14,8 \pm 3,68 a | 21,6 \pm 10,69 a | 2,1 \pm 0,49 a | 3,2 \pm 0,36 a |
| quercetin-glükozid | 12,5 \pm 2,07 a | 13,4 \pm 1,19 a | 9,1 \pm 0,07 a | 21,1 \pm 2,69 b | 4,6 \pm 0,66 a | 12,8 \pm 0,97 b | 17,4 \pm 2,99 c | 14,2 \pm 0,61 ab | 17,4 \pm 2,99 c | 12,8 \pm 0,97 b | 5,7 \pm 0,83 b | 2,8 \pm 0,08 a |
| quercetin-rhamnoside | 3,7 \pm 0,14 a | 4,7 \pm 0,12 ab | 4,9 \pm 0,62 b | 5,5 \pm 0,68 b | 5,6 \pm 0,24 a | 11,9 \pm 1,15 c | 10,2 \pm 1,38 bc | 7,8 \pm 0,91 ab | 10,2 \pm 1,38 bc | 11,9 \pm 1,15 c | 5 \pm 0,78 b | 2,9 \pm 1,03 a |
| luteolin-glükozid | 62,9 \pm 2,78 a | 79 \pm 2,78 a | 84,6 \pm 13,18 a | 90,1 \pm 16,97 a | 84,6 \pm 2,37 a | 157,8 \pm 15,26 b | 107,3 \pm 23,49 a | 91,4 \pm 13,75 a | 107,3 \pm 23,49 a | 157,8 \pm 15,26 b | 25,7 \pm 5,05 a | 53,4 \pm 4,52 b |
| myricetin | 10,3 \pm 0,74 a | 23,5 \pm 1,13 b | 24,9 \pm 0,46 b | 31,9 \pm 6,77 b | 25,7 \pm 1,58 a | 52,9 \pm 12,94 a | 110,4 \pm 19,41 b | 117,1 \pm 8,21 b | 110,4 \pm 19,41 b | 52,9 \pm 12,94 a | 2 \pm 0,51 a | 4,8 \pm 0,62 b |
| kaempferol-szármarék | 22,6 \pm 1,13 a | 67,3 \pm 5,26 c | 69,7 \pm 3,86 c | 51,1 \pm 5,22 b | 62,8 \pm 3,33 a | 200,7 \pm 20,83 b | 307,8 \pm 53,01 c | 289,5 \pm 45,59 bc | 307,8 \pm 53,01 c | 200,7 \pm 20,83 b | ND | ND |

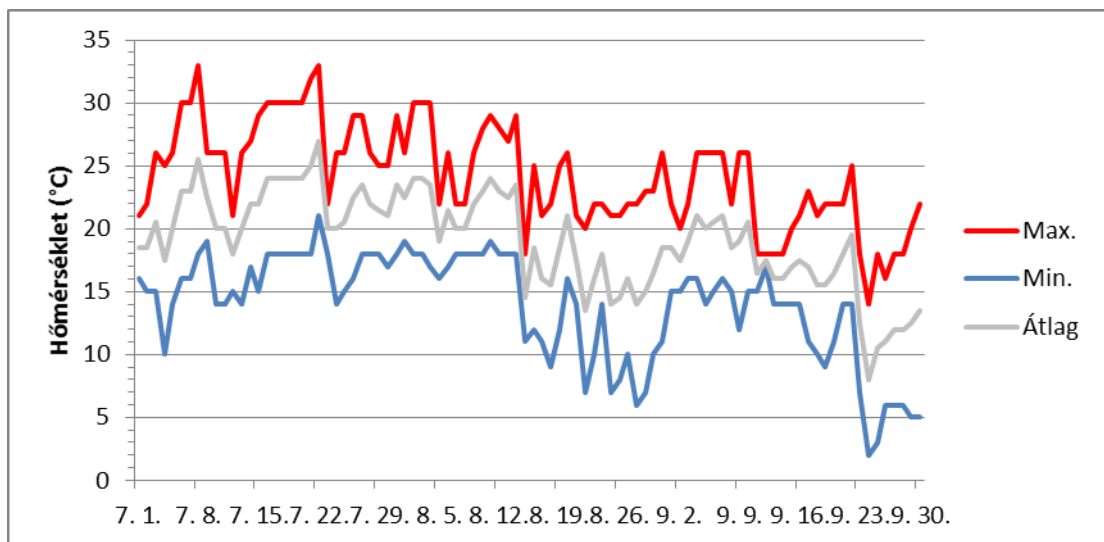
| | | | C3735 | |
|------------------|--------------------|------------------|------------------|--|
| piros | kormos | zöld | piros | |
| 56±6,67 a | 51±8,55 a | 73,1±5,46 b | 64,2±4,15 b | |
| 124,5±6,1 8 c | 64,2±10,4 9 b | 22,6±1,28 a | 171,5±6,1 4 b | |
| 217,2±8,3 6 b | 148,3±40, 01 ab | 123,6±6,2 3 a | 117,8±7,1 8 a | |
| ND | 1,5±0,37 a | 2±0,7 a | 7,3±1,22 b | |
| 1,1±0,23 a | 1,3±0,24 a | 1,7±0,39 a | 6,1±1,28 b | |
| 19,8±2,55 a | 17,3±3,44 a | 16,8±2,38 a | 4,5±0,28 ab | |
| 17,5±2,78 a | 13,5±2,66 a | 17±2,57a | 75,9±2,48 c | |
| 11,3±0,94 b | 10±1,09 b | 3,8±0,96 a | 8,9±0,57 c | |
| 16,4±2,85 a | 21±1,71 a | ND | 9,1±3,77 | |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos kis betűvel jelöltek a különböző érézfázisok alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.4. 2014. évi szabadföldi termesztés

4.4.1. Környezeti paraméterek

Szabadföldi körülmények között szeptember 17-én mértünk fényintenzitást a hálók alatt a növény állomány lomb szintjén, a fehér 655 ± 12 , piros 398 ± 6 , zöld 528 ± 5 és kontroll alatt 820 ± 9 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ besugárzás volt a PAR-ban. Kong et al. (2013) szabadföldi kísérletében a fekete és gyöngyházfényű árnyékolók a PAR-ban szignifikánsan ugyanannyi fény mennyiséget (1300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) engedtek át, de a mi árnyékolatlan kezelésünkhöz képest lényegesen nagyobb ez az érték, mert azokat délebben mérték. A **16. ábrán** látható a vegetáció alatt mért léghőmérséklet, extra hőmérők hiányában sajnos az egyes színes hálók alá nem tudtuk kihelyezni, ezért szakirodalmi adatokra hivatkozva tudjuk a hálók között mért különbségeket feltérképezni. Kong et al. (2013) fekete és gyöngyházfényű hálók alatt átlag hőmérsékletekben és relatív páratartalomban nem talált különbséget. Az intenzív bogycserés időszaka a szedés előtti két hét, ezért a szedésekhez kiszámoltuk a 14 napos átlag hőmérsékletet, az augusztus 24-e előtt ez 18°C , a szeptember 28-ai szedéshez pedig 14°C .



16. ábra. 2014-szabadföldön mért napi átlag, minimum és maximum hőmérséklet adatok ($^\circ\text{C}$) 2014. július 1-től szeptember 30-ig.

4.4.2. Totál kapszaicinoid (TC)

A 'Star Flame' esetében szignifikánsan hatott a szedés ($F_{1,24}=56,107$, $p<0,001$) a TC-re; a második szedéskor minden háló alatt legmagasabb értékeket mértünk, a háló hatása ugyanakkor nem mérhető a TC-ben (**8. táblázat**). Összességében megállapítható, hogy a legjobb kombináció a szeptember végi szedésű kontroll kezelés ($611,4\pm 45,3$ $\mu\text{g/g}$). Másik sárga boggyójú fajtával összehasonlítva ('Caribe'), amely összes kapszaicinoid tartalma kb. 93 $\mu\text{g/g}$ (Ornelas-Paz et al. 2010), a 'Star Flame' rendkívül csípős. A 'Fire Flame' TC értékére a hálós árnyékolás és szedés között fellépő interakció hatott szignifikánsan ($F_{3,24}=8,155$, $p<0,001$); az első szedéskor a kontrol paprikák szignifikánsan többet termeltek, mint az árnyékoltak, de a második szedéskor egyedül a piros termelt kevesebbet, mint a kontroll, fehér és zöld árnyékolású. Összességében a zöld hálós árnyékolás a második szedés alkalmával eredményezett csípősebb paprikákat TC-ben ($370,8\pm 14,1$ $\mu\text{g/g}$). Ezt alátámasztja némileg Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa (2016) megfigyelése, akik szintén nagyobb átlag csípősséget mértek ('Piquin' chiliben) a direkt besugárzáshoz képest 35%-os árnyékolású zöld alatt mérték. Így számolva az általunk használt zöld háló is pontosan 35%-ot csökkent a direkt besugárzásból 2014. szeptember 17-i mérés alapján.

Mindkét genotípus a szeptemberi 28-ai szedésben eredményezett nagyobb TC-t, vagyis a 14°C -os hőmérséklet és az augusztusihoz képest szeptemberben feltételezett alacsonyabb besugárzás kedvezett a kapszaicinoidok kialakulásának. Úgy találtuk, hogy a minimum hőmérsékletek átlaga jobban mutatja, azt hogy a 2. szedés előtt a paprikákat hideg hatás érte, 14 nap átlagában 6°C volt, amelyben $2-3^{\circ}\text{C}$ is mérhető volt. Egy meleg igényes növény számára ez a hőmérséklet már egy komoly stresszor, és erre válaszolt a növény emelt kapszaicinoid értékkel. Ezt Gurung et al. (2011) különböző magasságokon termesztett chili paprikákat és eredménye alátámasztja, miszerint az alacsonyabb hőmérséklet és besugárzás serkenti a csípősséget. A szeptember végi szedés előtti időszakban az éjjeli hőmérséklet 5°C alá is lement, Otha (1960) szerint alacsonyabb éjjeli hőmérséklet indukálja, hogy a paprikák csípősebbek legyenek.

8. táblázat. A színes hálós árnyékolás és a szedés idő hatása a TC koncentráció átlag \pm SD (n=4) értékekre μ g/g-ban friss tömegre vonatkoztatva.

| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1. szedés | 2. szedés | 1. szedés | 2. szedés |
| Fehér | 436,4 \pm 81,1 Aa | 576,7 \pm 51,6 Ba | 152,9 \pm 25,0 Aa | 338,1 \pm 25,7 Bb |
| Piros | 427,9 \pm 79,1 Aa | 591,5 \pm 53,1 Ba | 150,7 \pm 18,6 Aa | 202,3 \pm 24,3 Ba |
| Zöld | 375,7 \pm 63,7 Aa | 578,5 \pm 49,1 Ba | 172,6 \pm 24,5 Aa | 370,8 \pm 14,1 Bb |
| Kontroll | 489,4 \pm 36,8 Aa | 611,4 \pm 45,3 Ba | 247,8 \pm 5,9 Ab | 337,5 \pm 84,0 Ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.4.3. C-vitamin

A 'Star Flamere' az árnyékolás szignifikánsan hatott ($F_{3,24}=10,549$, $p<0,001$, **9. táblázat**); a kontroll a piros és fehér árnyékolású bogyókat felülmúlta mindkét szedés alkalmával. Eredményünkkel ellentétben Ilić et al. (2011) megállapította, hogy a piros háló alkalmazása (de üvegházban termesztett) édes étkezési paprikákon magasabb C-vitamin szintet eredményezett, mint ugyanott az árnyékolatlanoké. A szedés idő is szignifikánsan hatott ($F_{1,24}=37,16$, $p<0,001$); a második szedéssel mértünk magasabb értékeket, vagyis összességében a kontroll második szedése során mértük a legmagasabb értéket ($3220\pm 185 \mu$ g/g). A 'Fire Flame' esetében az interakció hatott szignifikánsan ($F_{3,24}=3,103$, $p=0,046$). A legmagasabb érték árnyékolatlan második szedésű kezeléssel származik, de ez szignifikánsan nem nagyobb, mint, ugyanakkor a fehér árnyékolású alatt mért. Ipari paradicsomban (*Lycopersicon esculentum*) árnyékolatlan kezelésben szignifikánsan magasabb C-vitamin tartalmat mértek, mint árnyékoltban (Pék et al. 2011), amely tendencia a csípős paprikában is igaz bizonyos szedések alkalmával. Édes paprikán is hasonlóképpen bebizonyították, hogy árnyékolatlanul természetve majd tárolt formában is megőrzi a magasabb C-vitamin koncentrációt (Frezza et al. 2016).

Mindkét fajtánál igaz az, hogy a második szedéskor magasabb értéket mértünk, annak ellenére, hogy az előtte levő 14 napos átlag hő alacsonyabb volt, mint az első szedés előtti (18-ról 14°C-ra csökkent). A C-vitamin tartalomra nagymértékben hatnak a termesztés körülményei és egyéb abiotikus tényezők, de legfőképpen a hőmérséklet és fényintenzitás (Buczowska 1990; Lee és Kader 2000). Méréseink alapján az augusztusi napi átlag hőmérséklet (18°C), illetve a napi

maximális hőmérsékletek (26-29°C) túl magasnak bizonyult, és ez zavarta a C-vitamin szintézist, ezáltal a szeptemberi szedésben kaptunk jobb eredményeket.

Az ajánlott napi bevitel felnőtt férfiak számára 90 mg, felnőtt nők számára pedig 70 mg, a még tolerálható felső határ pedig 1800-2000 mg-ban határozta meg Monsen (2000). Ha ezzel a megállapítással számolunk, akkor a férfiaknak kb. 20-30 gramot a nőknek 18-25 g szabadföldön termett Fire Flamet kellene ennie a napi C-vitamin bevitel fedezésére a 2014-es szabadföldi eredmények alapján. Ez nagyjából 2-3 bogyó elfogyasztásával érhető el, elméletileg, de a magas kapszaicinoid mennyiség miatt ez nem ajánlott.

9. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a C-vitamin koncentráció átlag±SD (n=4) értékekre µg/g-ban friss tömegben kifejezve.

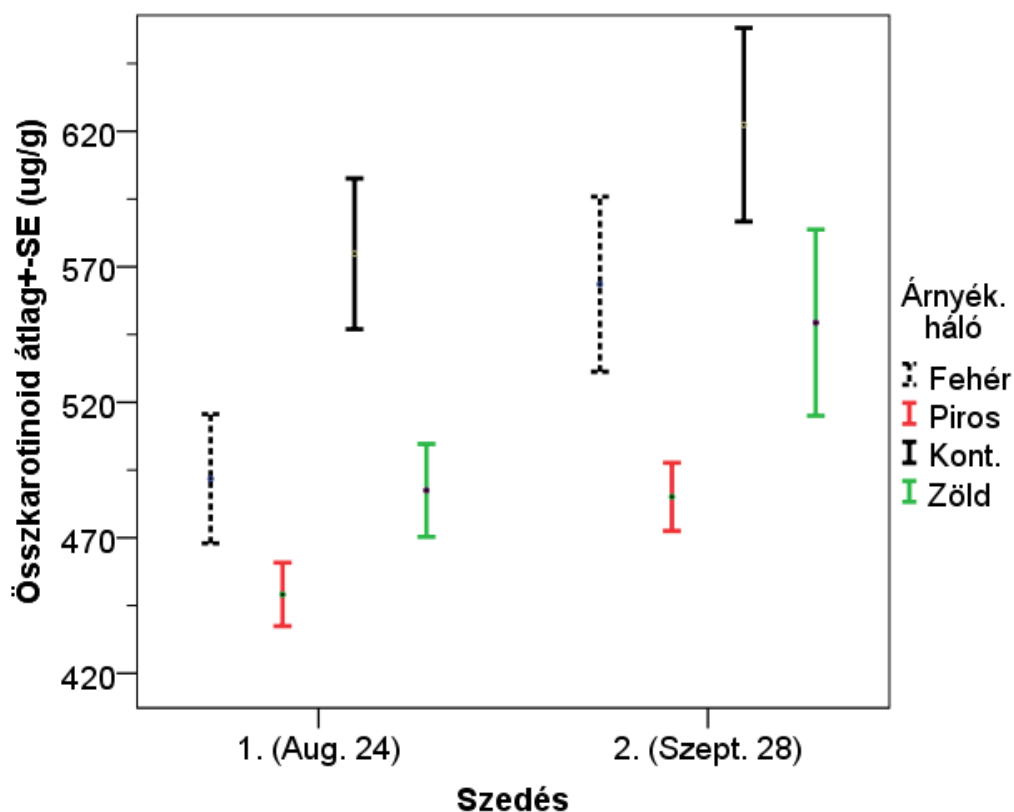
| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | |
|-----------------|-------------|--------------|-------------|--------------|
| | 1. szedés | 2. szedés | 1. szedés | 2. szedés |
| Fehér | 2706±43 Aa | 2996±78 Ba | 2780±154 Aa | 3535±155 Bab |
| Piros | 2635±138 Aa | 2809±219 Ba | 3051±196 Aa | 3375±157 Ba |
| Zöld | 2575±77 Aa | 3080±123 Bab | 3022±234 Aa | 3402±124 Ba |
| Kontroll | 2983±162 Ab | 3220±185 Bb | 3079±192 Aa | 3748±121 Bb |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.4.4. Karotinoidok

A karotinoid eredményeket a **10. táblázat** tartalmazza és a hozzátartozó statisztikai mutatókat a **Függelék 5. táblázat**. Az összes karotinoid tartalom 449,11±23,41 és 622,40±71,43 µg/g között változott (**17. ábra**). Az árnyékolás szignifikánsan csökkentette az összes karotinoid tartalmat (p<0,001), a zöld és piros árnyékolás hasonlóképpen érvényesült e paraméterben, a fehér hálós pedig átmenetet képezett a kontroll felé, hiszen ennek hatása nem különbözött a többi kezelési szinttől. Az eredményünk alapján elmondható, hogy az árnyékolás hiánya, vagy kis mértéke serkenti a karotinoidok szintetizálását, de ez nem állapítható meg az egyes vegyületekre külön. A szedés idő szignifikánsan hatott az összkarotinoid értékre a második szedés alkalmával minden árnyékolás alatt nagyobbat mértünk, annak ellenére, hogy a második szedés előtti középhőmérséklet alacsonyabb volt, mint az első szedés előtt (18°C és 14°C). A maximális hőmérsékletek pedig az augusztusi szedés előtt 26-29°C-ra is emelkedtek, és ez zavart a karotinoidok szintézisét. Ezt a tendenciát, miszt az őszi szedéssel nagyobb összkarotinoid mérhető, Ombódi et al. (2016) is megerősítette fóliában nevelt kápia paprikákon. Továbbá alátámasztja

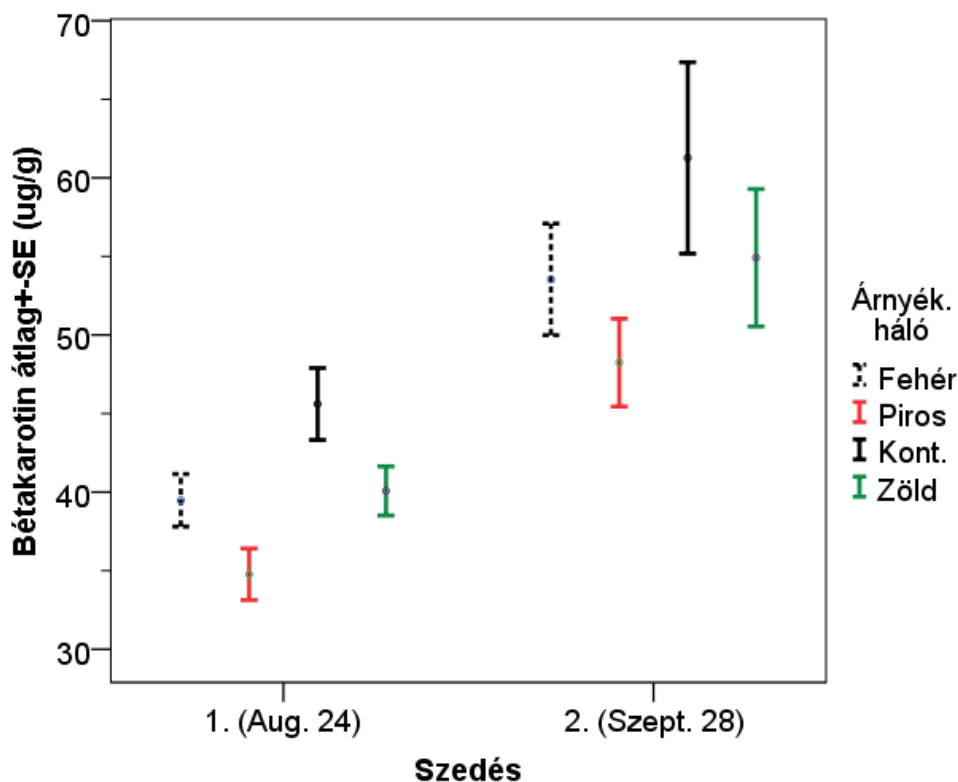
Helyes et al. (2007) állítása, miszerint az optimálistól magasabb hőmérséklet zavarja a karotinoidok (likopin) bioszintézisét, ipari paradicsomban. Kim et al. (2008) koreai fűszer paprikában mért a negyedik és második szedés között kétszeres különbséget, feltételezve okként a különböző körülményeket a szedések között. Ambrózy et al. (2016) azonos hálókkal végzett kísérleteiből megtudhatjuk, hogy az első szedés alkalmával a piros és zöld hálók alatt a második szedéskor fehér háló növelte az összkarotinoidot, de esetükben a háló és szedés idő között fellépő szignifikáns interakció az eredmények magyarázatát jelentősen nehezíti. Az árnyékolatlan kezelésben mért szig magasabb összkarotinoid értékek magyarázatával némiképp ellentmond, Russo és Howard (2002) kísérlete miszerint a szabadföldön vagy üvegházban termesztett paprikák között is mérhető volt összkarotinoidban különbség az üvegház javára, mert megállapításai szerint a védettebb körülmények serkentik e paraméter mennyiségét. Keyhaninejad et al. (2012) hasonló következtetésre jutott, vagyis, hogy a kisebb kitettség növeli e paramétert. De ezzel szemben, mi egy adott szedés időben azt állapítottuk meg, hogy az árnyékolatlan kezelés kedvezőbb, mint a színes hálóval kezelt.



17. ábra. Összkarotinoid átlag \pm SE (n=4) ug/g friss tömegre vonatkoztatva.

Napi összes karotinoid bevitelre tesz ajánlást Lucarini et al. (2006), ennek mennyiségét 14,3 mg/főben állapította meg. Ha gondosan választunk a különböző időpontban és hálók alatt szedett termésekből, akkor körülbelül 23 g (a 622,40 µg/g koncentrációjú kontroll 2. szedés) friss ‘Fire Flame’ elegendő lenne a napi szükséglet fedezésére. A nagydózisú A-vitamin bevitel súlyos tüneteket okozhat az emberben, ezért inkább a sok karotinoidot tartalmazó növények fogyasztása ajánlott (Semba, 1994), mint amilyen a ‘Fire Flame’ is.

Az összsárga értékre hatással volt a különböző árnyékolás, vagyis az árnyékolatlan eredményezett a legtöbbet. A sárga vegyületekre fókuszálva a szabad pigmentekre nem hatott a szedés idő, de az észteres formában levő vegyületek (mind ME és DE) pedig a második szedés alkalmával voltak szignifikánsan nagyobb mennyiségben, hasonlóan a piros ME (monoészter) és DE (diészter) vegyületekhez. A β-karotin értéket a szedés és háló is szignifikánsan meghatározta, a második szedés egyértelműen kedvezett, a hálók közül pedig a piros csökkentette a kontrollhoz képest szignifikánsan a fehér és zöld csak átlag értékben (18. ábra).



18. ábra. β-karotin átlag ± SE (n=4) µg/g friss tömegre vonatkoztatva.

Az összpáros (kapszantin és kapszorubin minden formájával) értéket is befolyásolta a hálós árnyékolás; a piros és zöld árnyékoló csökkentette. A legjelentősebb piros vegyület a kapszanthin, amely az összes karotinoid 40-60%-át teszi ki fajtától

függően (Suzuki et al. 2007). A mért összkapszanthin mennyiséget tekintve, megállapíthatjuk, hogy ez a vegyület 50%-ot tesz ki az összkarotinoid tartalomból, és ez az érték eléggé állandó az egyes kezeléskombinációk között. A piros vegyületekre fókuszálva megállapíthatjuk, hogy az észterkötéseket tartalmazó formák (mind ME és DE) szignifikánsan nagyobb mennyiségben voltak a második szedéskor, de ugyanakkor a szabad pigmentek az első szedéskor voltak nagyobb mennyiségben, mert ezekből alakulnak az ME és DE formák. Biacs et al. (1989) megállapítása szerint a nyers paprika nagy ME és DE vegyület tartalommal jobban ellen áll a feldolgozásnak, mint az alacsony ME, DE tartalmú nyers paprika. Schweiggert et al. (2007) is megfigyelte feldolgozott chili és fűszerpaprika őrlményben, hogy ME and DE vegyületek jobban ellenállnak magas hőmérsékletnek összehasonlítva a szabad formában levő pigmentekkel. Ezen irodalmak által le tudjuk vonni azt a következtetést, hogy a nyers paprika a második szedés alkalmával jobb minőségű termék feldolgozás számára a nagyobb mennyiségű ME és DE vegyületeknek köszönhetően. Tápanyagtartalmi szempontból Breithaupt et al. (2003) és Matsufuji et al. (1998) állat kísérletben igazolta, hogy az észterezett, illetve szabad formában levő kapszanthinnal egyformán felvehető, vagyis az észtereződöttségi szint nem befolyásolja beltartralmi értékét a paprikának.

10. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a karotinoid funkcionális csoportok átlag \pm SD (n=4) értékeire ug/g friss tömegrre vonatkoztatva pirosra érett 'Fire Flame' fajtában.

| Karotinoid csoportok | Fehér | | Piros | | Zöld | | Kontroll | |
|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------|
| | 1. szedés | 2. szedés | 1. szedés | 2. szedés | 1. szedés | 2. szedés | 1. szedés | 2. szedés |
| Piros xanth. szabad | 25,81 \pm 3,14 Bb | 18,16 \pm 2,70 Ab | 23,58 \pm 1,77 Ba | 17,40 \pm 0,34 Aa | 27,80 \pm 1,24 Bb | 17,83 \pm 2,77 Ab | 30,53 \pm 4,35 Bbc | 22,32 \pm 4,78 Abc |
| Piros xanth. ME | 102,95 \pm 11,90 Aab | 116,33 \pm 13,46 Bab | 97,23 \pm 14,96 Aa | 103,95 \pm 3,63 Ba | 107,23 \pm 7,49 Aab | 115,73 \pm 12,31 Bab | 117,52 \pm 22,07 Ab | 127,99 \pm 18,59 Bbc |
| Piros xanth. DE | 211,28 \pm 23,52 Abc | 239,99 \pm 28,61 Bbc | 189,74 \pm 16,87 Aa | 195,25 \pm 8,83 Ba | 207,07 \pm 13,79 Aab | 229,03 \pm 29,98 Bab | 247,23 \pm 24,60 Ac | 262,93 \pm 23,42 Bc |
| Összpiros xanth. | 340,04 \pm 37,25 Aab | 374,48 \pm 43,06 Aab | 310,55 \pm 32,07 Aa | 316,61 \pm 9,74 Aa | 342,09 \pm 22,04 Aa | 362,59 \pm 43,35 Aa | 395,28 \pm 41,61 Ab | 413,24 \pm 41,89 Ab |

| Összpiros/ Összsárga | Összkarot inoid | Összeaxa nthin | β -karotin | Összsárga xanth. | Sárga DE/ME | Sárga xant. DE | Sárga xanth. ME | Sárga xanth. szabad | Piros DE/ME | Összkapsz anthin |
|-------------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-----------------|--------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------|----------------------|
| 3,05±0,34 Ba | 491,78±47 ,67 Aab | 46,60±3,6 8 Aab | 39,48±3,3 5 Aab | 112,27±13 ,68 Aab | 0,82±0,12 Aa | 40,90±4,2 0 Aab | 50,80±10, 20 Aab | 20,57±2,3 1Aa | 2,05±0,06 Aa | 264,01±30 ,36 Aab |
| 2,76±0,07 Aa | 563,56±64 ,63 Bab | 67,66±7,8 1 Bab | 53,54±7,1 0 Bab | 135,54±15 ,56 Bab | 1,02±0,05 Ba | 58,09±4,2 0 Bab | 56,76±6,9 4 Bab | 20,69±2,2 8 Aa | 2,06±0,12 Aa | 281,11±32 ,19 Aab |
| 3,08±0,72 Ba | 449,11±23 ,41 Aa | 42,45±5,8 2 Aa | 34,77±3,2 9 Aa | 103,17,87 Aa | 0,81±0,08 Aa | 33,78±4,6 6 Aa | 41,58±2,4 4 Aa | 28,42±17, 12 Aa | 1,97±0,14 Aa | 237,84±22 ,08 Aa |
| 2,65±0,20 Aa | 485,09±25 ,15 Ba | 57,71±4,1 9 Ba | 48,24±5,6 0 Ba | 120,24±12 ,09Ba | 0,94±0,10 Ba | 48,66±3,9 0 Ba | 52,40±8,8 6 Ba | 19,18±0,6 8 Aa | 1,88±0,10 Aa | 240,14±5, 98 Aa |
| 3,27±0,31 Ba | 487,49±34 ,27 Aa | 46,23±8,8 1 Aa | 40,08±3,1 3 Aab | 105,32±13 ,02Aa | 0,78±0,04 Aa | 36,97±6,5 0 Aa | 46,97±5,8 6 Aab | 21,38±1,1 3 Aa | 1,93±0,05 Aa | 263,58±18 ,69 Aa |
| 2,76±0,12 Aa | 549,36±68 ,73 Ba | 63,97±8,7 3 Ba | 54,91±8,7 4 Bab | 131,86±17 ,75 Ba | 1,03±0,05 Ba | 56,67±8,8 1 Ba | 54,86±7,0 7 Bab | 20,34±2,5 9 Aa | 1,98±0,11 Aa | 270,31±32 ,59 Aa |
| 2,96±0,29 Ba | 574,76±55 ,63 Ab | 60,55±10, 75 Ab | 45,61±4,5 7 Ab | 133,87±15 ,12 Ab | 0,86±0,07 Aa | 50,16±9,1 4 Ab | 57,94±6,5 0 Ab | 25,77±1,8 5 Aa | 2,15±0,43 Aa | 305,67±36 ,16 Ab |
| 2,80±0,09 Aa | 622,40±71 ,43 Bb | 74,32±11, 28 Bb | 61,27±12, 18 Bb | 147,89±17 ,91 Bb | 1,06±0,09 Ba | 64,73±10, 56 Bb | 60,53±5,4 3 Bb | 22,63±2,8 5 Aa | 2,07±0,24 Aa | 307,61±34 ,07 Ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

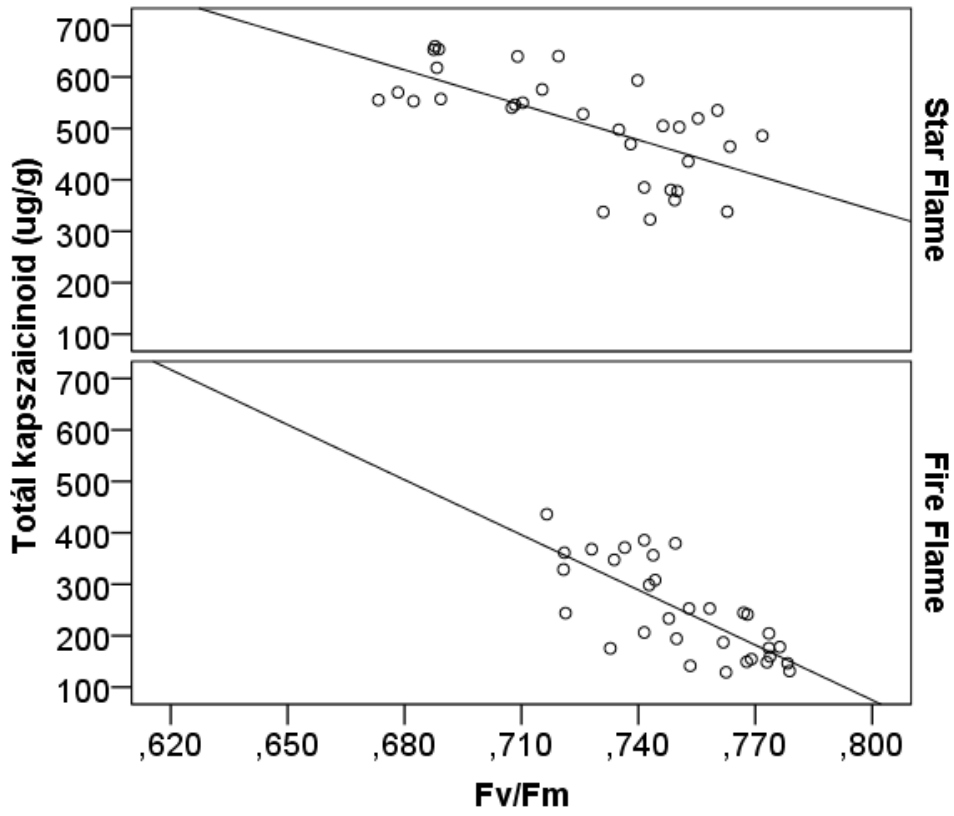
4.4.5. Klorofill-a fluoreszcencia

A 'Star Flame' klorofill-a fluoreszcenciáját a szedés idő befolyásolta ($F_{1,24}=82,406$, $p<0,001$, **11. táblázat**). Bolhar-Nordenkamp et al. (1989) megállapítása szerint 0,72-0,85 közötti Fv/Fm érték jelzi, hogy a növény optimális környezetben van, mégis kísérletünkben a második szedés előtti időszakban minden Fv/Fm értéket ez alatt volt, és ez a láthatóan a nagy TC értékekkel társult. A 'Fire Flame' esetében a különböző árnyékolások szignifikánsan ($F_{3,24}=5,02$, $p=0,008$) hatottak. A kontroll paprikák alacsonyabb fotoszintetikus aktivitást mutattak, mint a piros árnyékoló alatt neveltek. Cui és Zhang (2003) szerint a gyengébb fényintenzitás (kitétség) növeli a paprika levelek klorofill tartalmát közvetlen a kitétséghez képest, de nem tesz említést a klorofill fluoreszcenciáról. Hanying et al. (2001) megállapítása szerint a magas hőmérséklet gátolja édes paprikában a magas fotoszintetikus aktivitást. Az Fv/Fm 'Star Flame' TC között negatív és szignifikáns a kapcsolat (Pearson=-0,66, $p<0,01$, N=32, **19. ábra**) és 'Fire Flammel' is (Pearson=-0,74, $p<0,01$, N=32). Az Fv/Fm és C-vitamin kapcsolat erőssége a 'Star Flamben' szintén szignifikáns (Pearson=0,53, $p=0,002$, N=32) és a 'Fire Flamere' is (Pearson=0,74, $p<0,001$, N=32). A TC és C-vitamin tartalom 'Star Flameben' szignifikánsan korrelál (Pearson=0,714, N=32, $<0,001$), 'Fire Flameben' hasonlóképpen (Pearson=0,716, N=32, $<0,001$).

11. táblázat. A klorofill-a fluoreszcencia (Fv/Fm) átlaga \pm SD (n=4) az egyes szedések előtti időszakban, szabadföldön.

| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1.szedés | 2.szedés | 1.szedés | 2.szedés |
| Fehér | 0,749 \pm 0,009 a | 0,699 \pm 0,012 a | 0,762 \pm 0,006 a | 0,732 \pm 0,01 a |
| Piros | 0,757 \pm 0,013 a | 0,689 \pm 0,014 a | 0,775 \pm 0,005 b | 0,743 \pm 0,008 a |
| Zöld | 0,747 \pm 0,014 a | 0,714 \pm 0,025 a | 0,774 \pm 0,001 b | 0,739 \pm 0,012 a |
| Kontroll | 0,747 \pm 0,009 a | 0,700 \pm 0,02 a | 0,762 \pm 0,007 a | 0,729 \pm 0,012 a |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt kezelések árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.



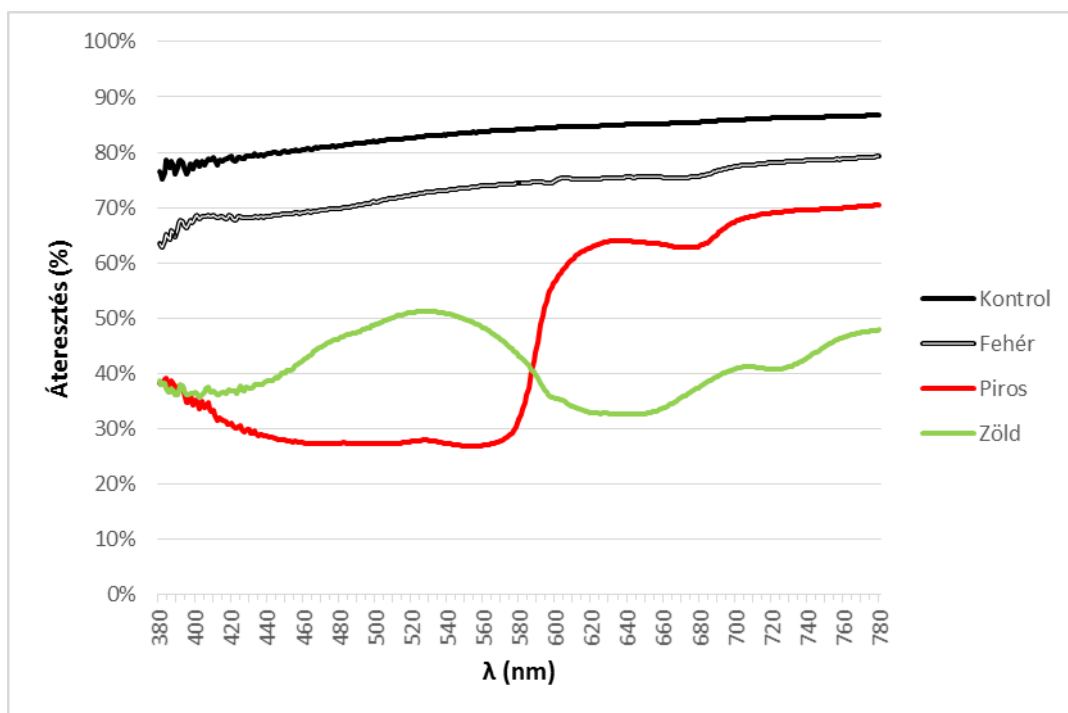
19. ábra 'Star Flame' és 'Fire Flame' Fv/Fm értékek és TC összefüggése, 2014, szabadföld.

4.5. Fólia alatt termesztés – (Soroksár 70 típusú) 2014-ben

4.5.2. Környezeti paraméterek a fóliában

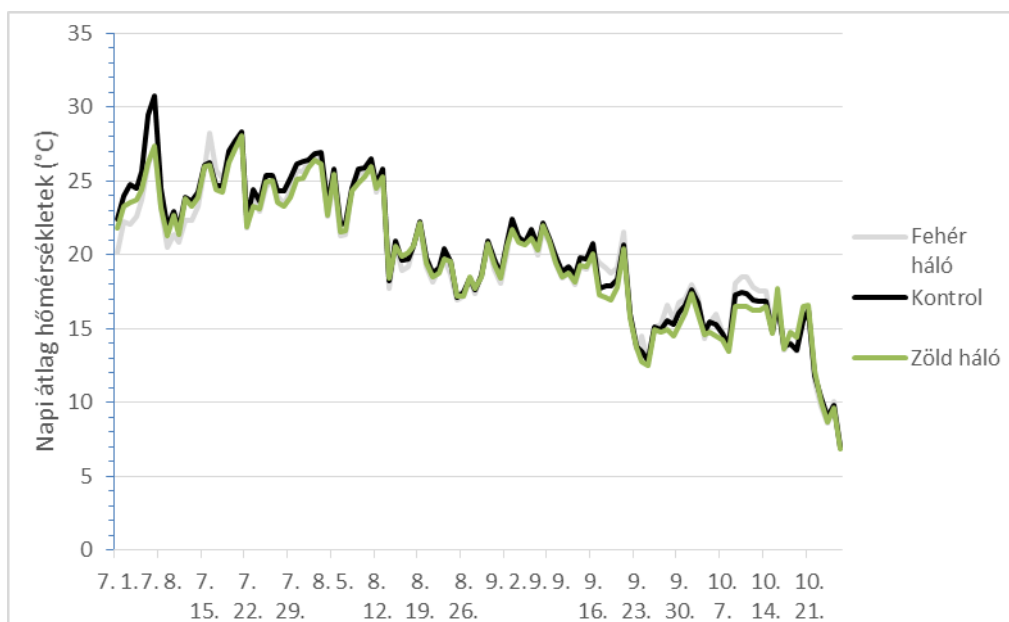
A fotoszintetikus aktív régióban mért PPF_D (380-710 nm) betekintést ad a fóliában kialakult körülményekről. E mérés 2014-ben egy alkalommal szeptember 17-én történt meg. A variancia-analízis eredményeképp elmondhatjuk, hogy a PPF_D értékre szignifikánsan hatottak a különböző hálók ($F_{4,15} = 1752,60$; $p < 0,001$). A legmagasabb értéket a kontrollban mértük ($712 \pm 8,9 \mu\text{mol/m}^2 \text{ s}$) utána a fehér alatt ($556 \pm 1,5$), zöld alatt ($508 \pm 2,6$) és a piros csökkentette legnagyobb mértékben a besugárzást ($394 \pm 6,1$). A piros alatti alacsony érték csak részben tulajdonítható a színnek, mert a fehér és zöld hálótól eltérő, sűrűbb szövésű.

A fényösszetétel-mérést szintén a fotoszintézis szempontjából aktív régióban mértük (**20. ábra**). A kontroll és fehér árnyékoló hasonló transzmittanciát mutat, vagyis egy fokozatos emelkedést a fotoszintetikusan aktív régióban. A fehér árnyékoló maximális fény átengedése a 80 %, a kontrollé, vagyis a fólia anyagáé önmagában közel 80-90%-os. A zöld árnyékoló maximális átérésztése 50% amelyet az 530-550 nm közötti tartományon mértünk, és a többi árnyékolóval ellentétben a PAR felső határán alacsonyabb, 30-50% fény átérésztése. A piros árnyékoló a PAR-ban szintén változó tendenciát mutat, 560 és 600 nm között egy meredek emelkedéssel. Megállapíthatjuk, hogy a piros és zöld háló szelektál az egyes hullámhosszok között, míg a fehér háló átengedése majdnem teljesen egyenletes a PAR régióban. 2013-ban Lajosmizsén mért adatok alapján, amikor ugyanazt a típusú a fehér és zöld hálót használták, mint a jelen kísérletben, megmérték, hogy az UV-tartományban (325 nm és 380 nm) a piros és zöld árnyékolók átérésztése kb. 35-40%, még a fehéré és kontrollé 45-50%-os.



20. ábra. Színes hálók fóliával együttesen átengedett (transzmittancia) fény összetétele a fotoszintetikusán aktív régióban 2014-ben.

A **21. ábrán** napi átlaghőmérséklet 3 ponton mérve. A július 28-i szedés előtt 14 napos periódus átlaga 25°C, a szeptember 16-i szedés előtt 20°C, és az október 26 szedés előtt 14°C. Az ábrán láthatóan elkülönül a három szakasz, továbbá a különböző hálók alatt mért napi átlagok majdnem teljes mértékben megegyeznek, amelynek egyik oka, hogy közös légtér voltak kihelyezve. Ombódi et al. (2016) tanulmánya szerint még különböző fóliákban kihelyezett színes árnyékoló hálók alatt mért átlag hőmérsékletek sem különböznek szignifikánsan, kivétel a sárga háló ami szignifikánsan melegebbet okoz. Ezen felül Nangare et al. (2015) egyforma színű (zöld) de különböző árnyékolási százaléku (35%, 50%, 75%) hálók alatt ugyanakkora havi átlag hőmérsékletet és relatív páratartalmat mért fóliában.



21. ábra. Napi átlag hőmérsékletek a fehér, kontroll és zöld háló alatt 07.01-től 10.26-ig.

4.5.3. Totál kapszaicinoidok (TC)

A színes hálós árnyékolás hatása változó volt a TC tartalomra a különböző szedés időkhöz, hasonlóképpen, mint a C-vitaminra (**12. táblázat**). A 'Star Flammél' szignifikánsan hatott a szedés idő és árnyékolás között fellépő interakció ($F_{6,36}=4,02$, $p=0,004$); TC értékek magasabbak voltak az első szedéskor, mint a második vagy harmadik szedés alkalmával, kivétel a kontrollban, ahol nem volt mérhető különbség a csípősségben a különböző szedés idők között. Az első szedés előtt két hétben mért magasabb napi átlaghőmérséklet (22-28°C, átlagolva 25°C) pozitívan hat a kapszaicinoidok bioszintézisére (Lindsay és Bosland 1995). A szabadföldön mért tendencia, miszerint az őszi szedésben magasabb a TC mennyisége, a hideg hatás miatt, a fóliában nem volt mérhető, mert a fólia anyaga megvédte a növényeket az őszi végi 2-3°C-tól. A szeptemberi szedés alkalmával a zöld árnyékolás alatt nevelt paprikák csípőssége jelentősen meghaladta a többi kezeléssel szemben a paprikák csípősségét. Ombódi et al. (2015) mérései alapján meg tudhatjuk, hogy a zöld háló csökkentő hatása átengedett fény mennyiségben PAR és teljes fény tartományban magasabb, mint a fehér és piros hálóknak, ezért feltételezzük, hogy a zöld háló árnyékoló hatása stimulálja a TC szintézisét. Gurung et al. (2011) eredményei szerint a magasabb besugárzásnak való kitettség (nem csak a PAR-ban) és magasabb hőmérséklet alacsonyabb kapszaicinoid mennyiséget eredményez (ezt szabadföldön állapította meg). A PPFD-t egy alkalommal mértük a 2014-es vegetáció alatt,

szeptember 17-én, de ennek eredménye, hogy a zöld szignifikánsan több fényt engedett a növény állományhoz, mint a piros háló, de kevesebbet, mint a fehér vagy a kontroll. A fény összetétel mérése is feltárja azt a tényt, hogy a piros és zöld árnyékoló máshogy szelektál, de olyan jellegű kísérlet, amely a hullámhossz összetétel és a kapszaicinoid szintézis kapcsolatát tárgyalja, tudomásunk szerint még nincsen, ezért nehézségekbe ütközik a második szedéskori zöld háló TC serkentő hatásának magyarázata. Egyedül egy szabadföldi kísérlet volt chili paprikán (Piquin), amely különböző árnyékolás százaléku zöld hálókat hasonlít össze, de megfigyelésük szerint nem okoztak szignifikáns különbséget csípősségben, viszont a 35%-os árnyékolású háló (amely besugárzás csökkentése szempontjából hasonlít a mi zöld hálónkhoz) eredményezett átlagértékben legerősebb bogyókat (Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa 2016).

A 'Fire Flame' esetében a csípősséget a különböző árnyékolások ($F_{3,36}=4.53$, $p=0,009$) és a különböző szedés idők ($F_{2,36}=15,31$, $p<0,001$) is szignifikánsan befolyásolták, ugyanakkor a köztük fellépő interakció éppen nem szignifikáns ($F_{6,36}=2,35$, $p=0,055$). Az őszi szedések hasonlóképpen alakultak, és lényegesen eltértek a nyári szedéstől csípősség tekintetben, de csak a piros és zöld árnyékoló esetében volt a nyárihoz képest alacsonyabb érték ősszel. Nagyobb kapszaicinoid tartalmat találtunk az árnyékolatlan paprikákban a piros vagy zölddel árnyékolattól, de semmi esetben sem a fehértől eltérőt, őszi szedések alkalmával. Úgy véljük az árnyékolás hiánya, vagy minimális megléte intenzívebb evaporációhoz ez által a növények számára korlátolt vízmennyiséghez vezethet. A vízdeficit vagy korlátolt mennyiségű elérhető víz a növény számára más csípős paprikák esetén csípősség növekedéssel járt (Estrada et al. 1999; Mahendran és Bandara 2000; Sung et al. 2005; Zamudio-Moreno et al. 2014).

12. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a TC koncentráció átlag±SD (n=4) értékekre ug/g-ban friss tömegben kifejezve.

| Háló színe | Star Flame | | | Fire Flame | | |
|------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. |
| Fehér | 518,7±80, 45 Aa | 241,2±13, 50 Ba | 327,9±48, 30 Ba | 189,3±39, 39 Aa | 156,4±38, 71 Aab | 178,3±16, 29 Aab |
| Piros | 464,5±107, 28 Aa | 251,5±21, 33 Ba | 304,1±27, 33 Ba | 189,9±38, 59 Aa | 116,2±16, 64 Ba | 125,9±25, 28 Ba |
| Zöld | 403,4±28, 00 Aa | 377,6±13, 10 ABc | 329,0±53, 81 Ba | 224,7±22, 82 Aa | 116,8±19, 27 Ba | 154,2±24, 89 Bab |
| Kontroll | 443,4±101, 33 Aa | 332,2±26, 65 Ab | 325,8±19, 63 Aa | 193,1±42, 02 Aa | 171,8±12, 58 Ab | 191,8±33, 67 Ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.5.4. C-vitamin

A ‘Star Flame’ aszkorbinsav tartalmára szignifikánsan hatott a különböző színű hálók és szedés idők között fellépő interakció ($F_{6,36}=3,93$, $p=0,004$, **13. táblázat**). Az első szedés alkalmával minden háló alatt magasabb értékeket mértünk, mint a második szedés kor. A legmagasabb érték az első szedés idején termelt a fehér árnyékoló háló alatt (3061,4 ug/g). A ‘Fire Flame’ hibrid C-vitamin tartalmára a szedés hatott szignifikánsan ($F_{3,36}=59,71$, $p<0,001$): az első alkalommal magasabb értékeket mértünk, mint a második és harmadik szedés alkalmával.

Eredményeink szerint a nyári szedés kedvezett a C vitamin tartalomnak mind két paprika típusban, de a szedés és háló között fellépő interakció miatt nem magyarázható önmagában a kapott eredmény a szedés idővel. Ezzel összhangban állnak Kong et al. (2013) és Ombódi et al. (2016) eredményei, amelyek egy szignifikáns interakciót írnak le a szedés és háló hatás között, és amelyet a C-vitaminon kívül a TC-ben is tapasztaltunk. Az első szedés előtti két hétben, amely az intenzív bogyóérés időszaka, a napi átlaghőmérséklet a legfelsőbb bogyók magasságában mérve 22-28°C (25°C) volt, a magas hőmérséklet nagy besugárzással párosulva képes stimulálni a C-vitamin szintézisét (Mozafar, 1994). A fehér háló

stimuláló hatása a piros és zöldhöz képest az átengedett magas besugárzásnak köszönhető ($556 \pm 1,5 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$). Ugyankor a fényösszetétel-mérés eredménye is azt mutatja, hogy az UV tartományban nagyobb átengedést biztosított, mint a piros és zöld árnyékolók, amely a szakirodalom szerint általánosságban a fitonutriensek képződését serkenti (Wink, 1988; Namdeo, 2007).

13. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a C-vitamin koncentráció átlag \pm SD (n=4) értékekre ug/g-ban friss tömegben kifejezve.

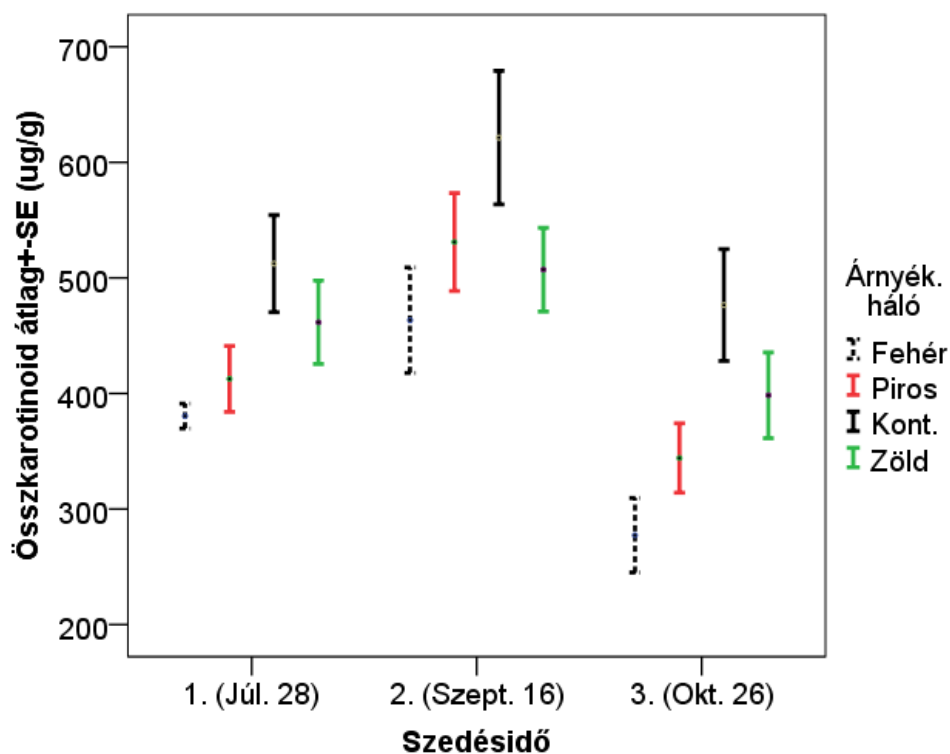
| Háló színe | Star Flame | | | Fire Flame | | |
|------------|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| | 1. szedés | 2. szedés | 3. szedés | 1. szedés | 2. szedés | 3. szedés |
| Fehér | 3061,4 \pm 13 6,16 Aa | 2370,7 \pm 82 ,83 Ba | 2263,0 \pm 16 1,80 Ba | 3547,2 \pm 10 1,57 Aa | 2613,5 \pm 23 3,80 Ba | 2811,6 \pm 11 0,89 Ba |
| Piros | 2769,0 \pm 12 2,16 Ab | 2204,4 \pm 10 4,70 Ba | 2543,9 \pm 33 1,03 ABa | 3385,7 \pm 13 2,31 Aa | 2542,0 \pm 50 ,37 Ba | 2525,7 \pm 31 7,55 Ba |
| Zöld | 2860,2 \pm 16 2,35 Aab | 2302,4 \pm 59 ,48 Ba | 2405,6 \pm 17 0,83 Ba | 3290,8 \pm 14 3,81 Aa | 2576,5 \pm 94 ,46 Ba | 2578,8 \pm 62 ,67 Ba |
| Kontroll | 2785,5 \pm 95 ,81 Aab | 2320,4 \pm 12 3,91 Ba | 2650,2 \pm 12 2,50 Aa | 3192,4 \pm 45 3,26 Aa | 2710,0 \pm 12 1,39 Ba | 2844 \pm 289, 75 Ba |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.5.5. Karotinoidok

A fóliában három szedés alkalmával értékeltük a karotinoidtartalmat és összetételt, amelyet a szabadföldi kísérlethez hasonlóan végeztünk el (**22. ábra**, statisztikai mutatókat a **Függelék 6. táblázat** tartalmazza). Az összkarotinoidra szignifikánsan hatott a szedés és a színes árnyékolás is (**14. ábra**). A szedések közötti tendencia a legegységesebb, minden árnyékolós és nélküli kezelés alatt a sorrend: 3., 1., 2. Ez a trend Ombódi et al, (2016) eredményével összhangban van, aki szintén a második (szeptember végi) szedéssel mért magasabb értékeket, a nyári szedéshez képest, és az általunk szabadföldön mértekkel is összhangban van. A harmadik szedésünk október 27-én volt, amely előtt 14 napban 14°C az átlaghőmérséklet, ez az alacsony érték, ha kevés besugárzással társul a karotinoidok szintézisnek nem megelegendő. Összeségében legnagyobb értéket a kontroll alatt

mértük a második szedés alkalmával ($621,42 \pm 115,6$). Az átlaghoz tartozó magas szórást annak tulajdonítottuk, hogy kb, 60 komponens összeadásával számoltuk ki ezt a paramétert, A legkevesebb a fehér alatt a harmadik szedés alkalmával ($277,31 \pm 64,41$) volt mérhető, így az átlagértékkel számolva a két szélsőérték között 2,24-szeres különbség van mindamelllett, hogy szignifikánsan is eltérnek egymástól.



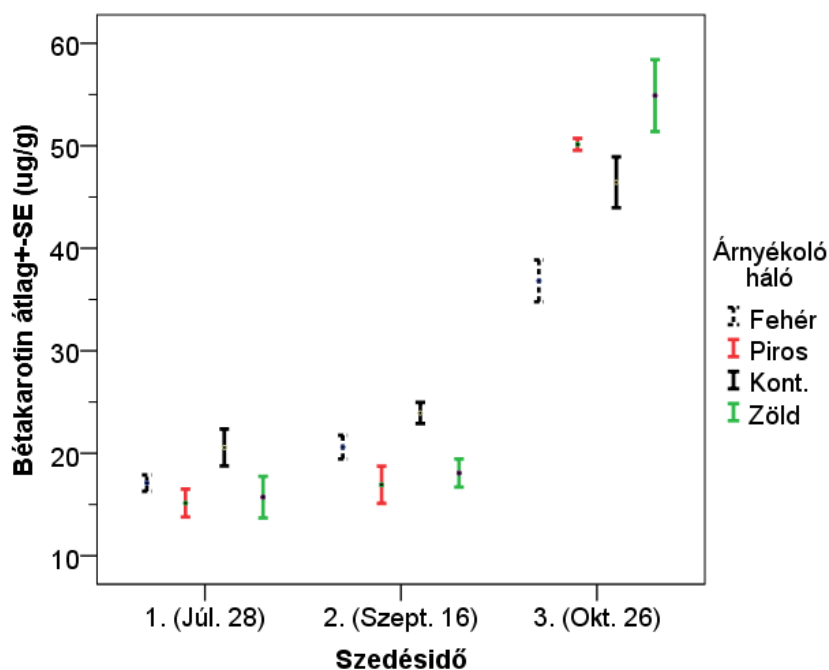
22. ábra. Összkarotinoid átlag érték \pm SE (n=4) ug/g friss tömegben kifejezve.

Az összpáros érték legnagyobbbrészt a kapszanthin különböző formáit jelöli. A kapszorubin elhanyagolható mennyiségben van jelen a 'Fire Flameben', és ebben jelentősen különbözik a magyar fűszerpaprikáktól (Biacs et al, 1993). Az összkapszanthin aránya az összkarotinoidból az első két szedésben 60-64%-ot tesz ki, majd a harmadik szedésre a színes hálók alatt 50%-ra, a kontrollban 56%-ra csökkent. A szabad piros vegyületek az első és második szedésben ugyannyi, a harmadikban szignifikánsan magasabb értéket mutatnak. A piros ME értékben mindegyik hálónál ugyanaz a sorrend a szedésekben; csökkenő értékekkel a második, első és harmadik szedés alkalmával mért. A piros DE értékben a szabad piros értékben mért sorrend lelhető fel. A piros DE/ME értékre az árnyékolás és a színes háló is szignifikánsan hatott, a piros és a zöld csökkentette a kontroll és fehérhez képest, a szedések pedig a következő sorrendben növelték: második, első majd harmadik. Az észtereződöttségi szinteket megvizsgálva arra a következtetésre jutottunk, hogy az első és második szedés alkalmával szedett paprikák magas ME,

DE karotinoiddal rendelkezik ezáltal jobb minőségű és feldolgozásnak ellenállóbb termést eredményeztek, de a DE/ME arány a 3. szedésben volt a legmagasabb minden árnyékoló alatt. Ennek oka, hogy az ME érték a 3. szedésben minden árnyékoló alatt rendkívül alacsony volt (kevesebb, mint fele a 2. szedésnek).

A sárga vegyületek a pirosakkal együtt, de kisebb mennyiségben vannak jelen a paprikában. A piros-sárga arány a színtabilitást jellemzi és az interakció befolyásolta szignifikánsan, ami abban nyilvánult meg, hogy minden árnyékoló alatt a második szedés volt legmagasabb, a legmagasabb pedig a zöld árnyékoló alatt ($4,63 \pm 0,29 \mu\text{g/g}$).

A szabad sárga vegyületekre szignifikánsan hatott a szedés és árnyékolás is, és úgy alakultak, ahogyan piros ME vegyületek. A sárga ME értékre a szedés nem hatott szígon, csak az árnyékolás, mert anélkül képződött nagyobb mennyiségben. A sárga DE érték pedig a 3. szedéssel volt magabb, mint az első kettő, és az árnyékolás hatása abban nyilvánult meg, hogy a kontrollé szignifikánsan magasabb volt, mint a többi árnyékolóé. Táplálkozástudományi szempontból legfontosabb sárga vegyület a β -karotin, amelyre a szedés és árnyékolás közötti interakció hatott szignifikánsan ($<0,001$, **23. ábra**); mindegyik árnyékolás esetében a harmadik eredményezett szignifikánsan magasabb értékeket, a második szedés a kontroll a zöldről és pirostól, a harmadik szedés a fehér a zöldről és pirostól tér el. Maximális értékét a zöld háló alatt az utolsó szedés mérjük ($54,90 \pm 7,02$). Selahle et al, (2014) megállapította, hogy a legmagasabb mennyisége a legnagyobb árnyékolást biztosító fekete hálóval érhető el, így le tudjuk vonni a következtetést, hogy októberre az alacsonyabb hő és besugárzás segítette a β -karotin aktív szintézisét.



23. ábra β -karotin koncentráció átlag érték \pm SE (n=4) ug/g friss koncentrációban kifejezve.

További fontos vegyületek a lutein, de ez elhanyagolható mennyiségben volt jelen, és a zeaxanthin. Az összezeaxanthinra is a szedés és árnyékolás hatott szignifikánsan, ugyanabban a tendenciában, mint az összsárga értékre, és a β -karotinra. A zeaxanthin a luteinhez képest aktívabban védi az emberi szem egészségét, és az utóbbi időben emelt zeaxanthin tartalmú funkcionális élelmiszerekkel enyhítik az öregedéssel járó szemromlás tüneteit (Kim et al 2016), ilyen szempontból is kiemelkedő hibrid a 'Fire Flame'.

14. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a karotinoid funkcionális csoportok átlag±SD (n=4) értékeire ug/g-ban friss tömegben kifejezve, soroksári fólia.

| Karotin. csoportok | fehér | | | piros | | | zöld | | | kontroll | | |
|---------------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|-----------------|
| | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 3 szed. |
| Piros xanth. szabad | 21,36±11,31 Ba | 26,60±7,0 Ba | 9,34±3,06 Aa | 30,03±4,2 2 Bab | 32,34±4,6 7 Bab | 11,77±3,5 4 Aab | 32,30±6,0 1 Bb | 31,51±3,6 7 Bb | 14,30±2,5 6 Ab | 36,36±6,7 3 Bb | 35,41±10,06 Bb | 16,40±3,3 7 Ab |
| Piros xanth. ME | 99,38±7,1 6 Ba | 145,27±36,17 Ca | 49,83±14,83 Aa | 115,45±14,83 Bab | 188,37±29,49 Cab | 67,51±12,93 Aab | 133,39±21,06 Bb | 176,92±22,94 Cb | 73,18±14,60 Ab | 140,55±28,62 Bb | 197,03±52,37 Cb | 98,77±28,74 Ab |
| Piros xanth. DE | 171,14±12,67 Ba | 195,93±34,97 Ba | 118,33±29,69 Aa | 179,91±24,40 Ba | 210,98±35,39 Ba | 146,66±31,47 Aa | 205,48±31,19 Ba | 208,26±32,87 Ba | 171,02±36,34 Aa | 224,11±29,53 Bb | 259,95±41,20 Bb | 217,55±46,10 Ab |
| Piros DE/ME | 1,71±0,05 Bb | 1,37±0,14 Ab | 2,44±0,17 Cb | 1,56±0,06 Ba | 1,12±0,09 Aa | 2,16±0,09 Ca | 1,54±0,08 Ba | 1,17±0,04 Aa | 2,34±0,14 Ca | 1,62±0,17 Bb | 1,35±0,17 Ab | 2,25±0,24 Cb |
| Összcapsanthin | 234,68±15,98 Ba | 280,85±55,93 Ca | 136,23±39,49 Aa | 260,91±35,49 Bab | 328,06±53,05 Cab | 173,80±35,53 Aab | 300,54±44,28 Bbc | 321,23±48,41 Cbc | 203,30±42,75 Abc | 328,13±50,23 Bc | 384,03±79,55 Cc | 267,02±60,27 Ac |
| összpiros xanth. | 291,87±18,83 Ba | 367,77±76,17 Ca | 176,72±47,17 Aa | 325,39±43,04 Bab | 431,69±67,76 Cab | 225,94±46,31 Aab | 371,17±56,42 Bbc | 416,70±59,07 Cbc | 258,50±52,38 Abc | 401,01±63,42 Bc | 492,40±101,72 Cc | 332,72±76,95 Ac |
| Sárga xanth. szabad | 19,15±1,0 6 Ba | 25,92±7,2 9 Ca | 11,15±2,9 8 Aa | 22,39±2,6 9 Bbc | 33,17±4,9 0 Cbc | 13,45±2,9 4 Abc | 24,70±4,3 6 Bab | 28,43±4,6 8 Cab | 15,40±2,7 4 Aab | 25,06±4,0 6 Bc | 34,45±9,7 9 Cc | 18,19±4,9 8 Ac |
| Sárga xanth. ME | 32,79±2,1 8 Aa | 26,02±4,9 5 Aa | 23,41±5,0 4 Aa | 30,43±5,6 3 Aa | 29,32±5,3 7 Aa | 25,37±5,3 8 Aa | 28,36±5,5 4 Aa | 25,61±4,1 1 Aa | 31,11±6,2 3 Aa | 38,66±11,86 Ab | 37,36±5,1 5 Ab | 35,38±8,0 2 Ab |
| Sárga xanth. DE | 19,59±1,8 5 Aa | 23,09±4,5 6 Aa | 29,20±6,4 4 Ba | 19,24±4,9 0 Aa | 19,95±4,7 6 Aa | 29,23±6,5 5 Ba | 21,63±3,6 4 Aa | 18,32±3,2 1 Aa | 38,50±8,3 5 Ba | 27,06±6,3 9 Aab | 33,30±1,5 6 Ab | 43,77±11,99 Bb |
| Sárga DE/ME | 0,60±0,02 Aa | 0,89±0,13 Bb | 1,25±0,02 Ca | 0,62±0,05 Aab | 0,67±0,07 Aa | 1,16±0,16 Ba | 0,76±0,02 Ac | 0,71±0,02 Aab | 1,23±0,03 Ba | 0,71±0,05 Abc | 0,91±0,01 Ab | 1,24±0,17 Ba |

| Piros/sárga | Összkarotinoid | Összsárgaxanth. | β-karotin | Összeaxanthin | Összlutein |
|------------------|---------------------|--------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 3,30±0,25 Ba | 380,47±21,58 Ba | 88,60±6,27 Aa | 17,09±1,60 Aa | 25,08±2,25 Aa | 0,81±0,06 Ba |
| 3,83±0,23 Ca | 463,41±91,21 Ca | 95,64±15,37 Aa | 20,60±2,30 Aab | 35,72±6,31 Aa | 1,24±0,46 Ca |
| 1,74±0,16 Aa | 277,31±64,41 Aa | 100,58±17,43 Ba | 36,82±4,07 Ba | 37,74±9,03 Ba | 0,30±0,01 0 Aa |
| 3,77±0,34 Bab | 412,58±57,05 Ba | 87,19±15,29 Aa | 15,15±2,72 Aa | 24,57±6,40 Aa | 1,02±0,14 Bab |
| 4,36±0,25 Cab | 531,05±84,68 Ca | 99,36±17,50 Aa | 16,93±3,64 Aa | 31,50±9,01 Aa | 1,80±0,30 Cab |
| 1,90±0,21 Aab | 344,13±60,01 Aa | 118,19±14,05 Ba | 50,14±1,17 Bb | 39,52±8,57 Ba | 0,40±0,06 Aab |
| 4,12±0,21 Bb | 461,57±72,16 Bab | 94,39±18,12 Aa | 15,72±4,06 Aa | 35,86±5,94 Aa | 1,21±0,21 Bab |
| 4,63±0,29 Cb | 507,12±72,47 Cab | 103,61±20,81 Aa | 18,07±2,74 Aa | 32,97±5,85 Aa | 1,72±0,28 Cab |
| 1,84±0,14 Aab | 398,40±74,26 Aab | 125,61±25,60 Ba | 54,90±7,02 Bb | 50,66±11,05 Ba | 0,40±0,08 Aab |
| 3,65±0,49 Bab | 512,36±84,05 Bb | 111,35±24,19 Ab | 20,57±3,60 Aa | 41,21±4,75 Ab | 1,34±0,39 Bb |
| 3,79±0,42 BCa | 621,42±115,61 Cb | 129,03±14,65 Ab | 23,93±2,06 Ab | 51,62±2,91 Ab | 1,79±0,62 Cb |
| 2,31±0,40 Ab | 476,49±96,75 Ab | 139,90±22,46 Bb | 46,44±4,97 Bab | 59,83±14,66 Bb | 0,63±0,21 Ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagyságúval jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.5.6. Klorofill-a fluoreszcencia

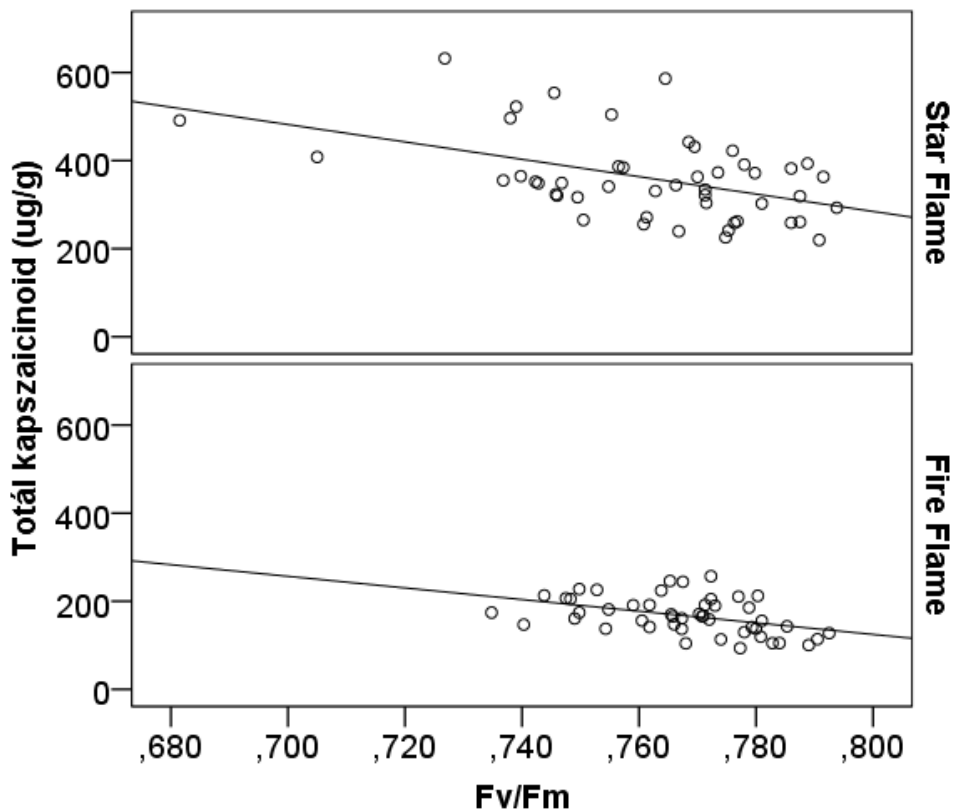
A 'Star Flamben' az első szedés alkalmával volt mérhető hatása a különböző színű árnyékolóknak ($F_{3,12}=4,2$, $p=0,031$, **15. táblázat**), a kontroll értékei alacsonyabbak voltak a többinél, de szignifikánsan csak a zöld árnyékoló alatt mérttől tért el. A 'Fire Flame' genotípusban a második ($F_{3,12}=5,1$, $p=0,017$) és harmadik ($F_{3,12}=5,6$, $p=0,012$) alkalom előtt a kontroll tért el a pirostól. Klorofill-a fluoreszcencia tekintetében minimálisan reagált a két különböző paprika a színes árnyékolásra. A legalacsonyabb értéket (0,720) a nyári szedésben a kontroll alatt detektáltuk, amely Bolhar-Nordenkampf et al. (1989) megállapítása szerint már szuboptimális. Hanying et al. (2001) kísérlete szerint a magas hőmérséklet által indukált stressz csökkenti a fotoszintetikus aktivitást, amely megerősíti eredményeinket, miszerint az árnyékolás hiányában kialakult magasabb hőmérsékleti stressz a fotoszintézisben is mérhető.

15. táblázat. A klorofill-a fluoreszcencia (Fv/Fm) átlaga \pm SD (n=4) az egyes szedések előtti időszakban, soroksári fóliában.

| Háló színe | Star Flame | | | Fire Flame | | |
|-----------------|------------------------|---------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| | 1.szedés | 2.szedés | 3.szedés | 1.szedés | 2.szedés | 3.szedés |
| Fehér | 0,747 \pm 0,018 a | 0,773 \pm 0,004 a | 0,747 \pm 0,01 a | 0,763 \pm 0,014 a | 0,770 \pm 0,005 a | 0,769 \pm 0,005 a |
| Piros | 0,750 \pm 0,013 a | 0,776 \pm 0,018 a | 0,772 \pm 0,015 a | 0,766 \pm 0,014 a | 0,785 \pm 0,008 b | 0,777 \pm 0,011 a |
| Zöld | 0,769 \pm 0,009 a | 0,786 \pm 0,005 a | 0,767 \pm 0,019 a | 0,766 \pm 0,014 a | 0,781 \pm 0,009 b | 0,768 \pm 0,008 a |
| Kontroll | 0,720 \pm 0,032 b | 0,776 \pm 0,010 a | 0,759 \pm 0,015 a | 0,748 \pm 0,014 a | 0,769 \pm 0,003 a | 0,752 \pm 0,01 b |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt kezelések árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

A klorofill-a fluoreszcencia és a TC minimális szinten, de szignifikánsan és negatívan összefüggést mutatnak a 'Star Flameben' (Pearson= -0,47, N=48, $p<0,001$, **24. ábra**) és 'Fire Flameben' is (Pearson= -0,45, N=48, $p<0,001$). Amelyből arra következtethetünk, hogy az alacsonyabb klorofill-a fluoreszcencia magasabb csípőséggel társul. A C-vitamin és TC szignifikánsan és pozitívan korrelált 'Fire Flameben' (Pearson= 0,65, N=48, $p<0,001$), a 'Star Flameben' pedig nem volt ilyen kapcsolat mérhető. Nem volt értékelhető kapcsolat a C-vitamin és a klorofill-a fluoreszcencia között egyik genotípusban sem.



24. ábra. ‘Star Flame’ és ‘Fire Flame’ Fv/Fm értékek és TC összefüggése, 2014.

4.5.7. Termés adatok

Mindkét vizsgált genotípusban az árnyékolás szignifikánsan befolyásolta a piacképes termést ($F_{3,24}=6,01$, $p=0,003$) és a tendencia is ugyanaz, miszerint a fehér szignifikánsan többet eredményezett, mint a kontroll és a zöld (16. táblázat). Ugyanakkor a fehér a pirostól nem tért el, átlagértékben mégis magasabb értéket mértünk a fehér alatt mindkét esetben. Átlagértéket nézve a zöld árnyékoló háló alatt kevesebb termett, mint a kontroll alatt, de nem jelentősen. Ilic et al. (2011) üvegházi kísérleteiben, szignifikánsan nagyobb termésmennyiséget ért el édes paprikán a piros és gyöngyházfényű árnyékoló hálók használatával, mint árnyékolás nélkül, amely összhangban van mi eredményinkkel. Továbbá egy postharvest kísérlet során Selahle et al. (2014) piros és sárga bogyójú édes paprikákkal megállapította, hogy a piros és gyöngyház fényű hálók alatt nagyobb számban termett fekete és sárga háléhoz képest tárolásra alkalmasabb és piacképes termés. Son és Oh (2015) mérései alátámasztják, hogy a levél asszimilálósejtjei effektíven a piros (600-700 nm) és kék fényt tudják megkötni (400-500 nm), amelyek közül a piros fény stimulálja a biomassza produkciót salátanövényben. A fényösszetétel-mérésünk alapján tudjuk, hogy a zöld háló árnyékol legnagyobb mértékben (kb. 30-40 %) a piros fénytartományban, amely

nem kedvező a biomasszaprodukciónak. Viszont hazánkban a zöld árnyékoló használata a legeltejedtebb (Ledó, 2011), de a tanulmányunkból mégis azt a következtetést tudtuk levonni, hogy a piros és fehér árnyékolásnál kevesebb termést hozott, mindkét genotípusnál, a kontrollhoz képest sem hoz szignifikánsan többletet. A Faostat (2017) statisztikái szerint 2010-2014 között 35-48 t/ha a hazai átlagtermés (szabadföldön nevelt fűszerpaprikából) a fehér 31,5 t/ha-ral közelített meg a legjobban.

16. táblázat A színes hálós árnyékolás hatása az összegzett piacképes termés átlagára \pm SD (kg/m²-ben), Soroksári fólia.

| Háló színe | Star Flame kg/m ² | Fire Flame kg/m ² |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|
| Fehér | 2,89 \pm 0,30 c | 3,15 \pm 0,36 c |
| Piros | 2,86 \pm 0,22 bc | 3,13 \pm 0,47 bc |
| Zöld | 2,44 \pm 0,30 a | 2,48 \pm 0,19 a |
| Kontroll | 2,58 \pm 0,24 ab | 2,55 \pm 0,34 ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt kezelések árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

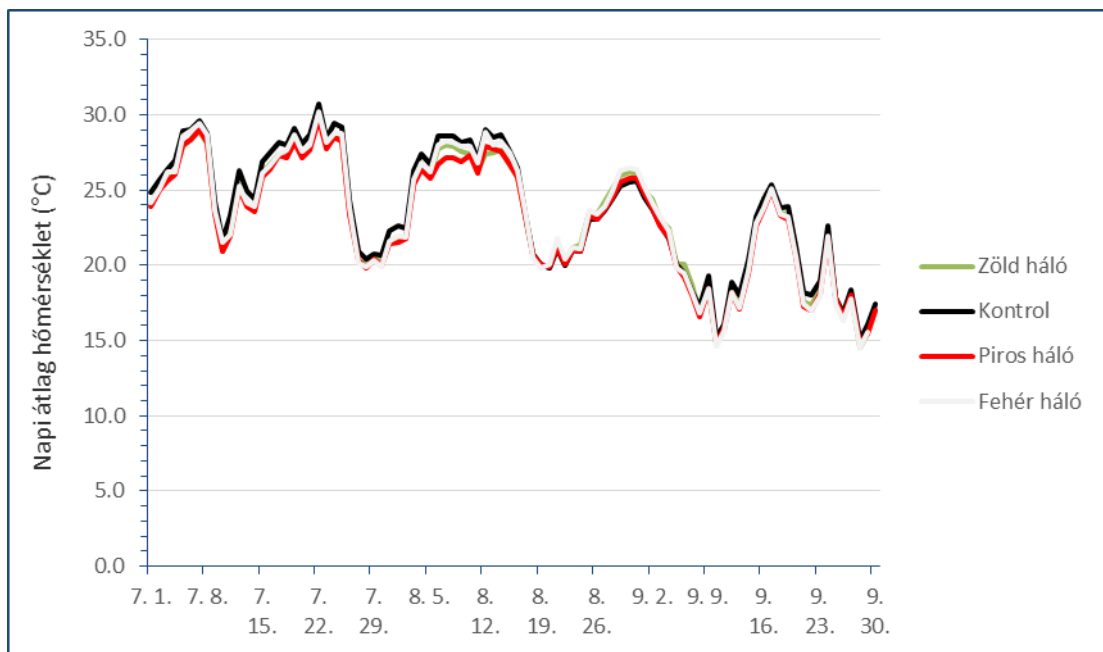
4.6. Fólia alatti termesztés - (Rischel típusú növényházban) 2015 -ben

4.6.2. Környezeti paraméterek

A 2015-ös év hőmérséklet és besugárzás adatait tartalmazza a **17-18. Táblázat** és **25. ábra**, amelyeket június 10-től szeptember 30-ig mértük. Az átlagolt hőmérséklet értéket nézve a hálók nagyon hasonlóak, ennek oka, hogy egy légtérben vannak. A besugárzás adatokat tekintve az árnyékolatlan kontroll június és július hónapokban jelentős mennyiségű fényt engedett át a zöld és piros hálóhoz képest, és ezek az értékek hőmérséklet különbségekkel mégsem társulnak. A legmagasabb 26,1°C júliusban a kontroll alatt volt mérhető.

17. táblázat Besugárzás (lux vagy $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) és átlagolt hőmérséklet ($^{\circ}\text{C}$) értékei, 2015.

| Vegetációs hónapok | fehér | | | piros | | | zöld | | | kontroll | | |
|--------------------|----------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|------------|------------|----------|------------|------------|
| | átlag hő | Besugárzás | Besugárzás | átlag hő | Besugárzás | Besugárzás | átlag hő | Besugárzás | Besugárzás | átlag hő | Besugárzás | Besugárzás |
| június | 22,4 | 19034,5 | 361,6 | 22,2 | 13675 | 259,8 | 22,4 | 15714,8 | 298,6 | 22,9 | 23723,9 | 450,7 |
| július | 25,5 | 20464,5 | 388,8 | 25,2 | 15321 | 291,1 | 25,4 | 18205,1 | 245,9 | 26,1 | 25895,6 | 492,0 |
| augusztus | 24,9 | 16164,5 | 307,1 | 24,4 | 11031 | 209,6 | 24,7 | 13327,9 | 253,2 | 24,9 | 16402,1 | 311,6 |
| szeptember | 19,6 | 11422,8 | 217,0 | 19,5 | 8926 | 169,6 | 19,7 | 10058,1 | 191,1 | 20,0 | 11562,5 | 219,7 |



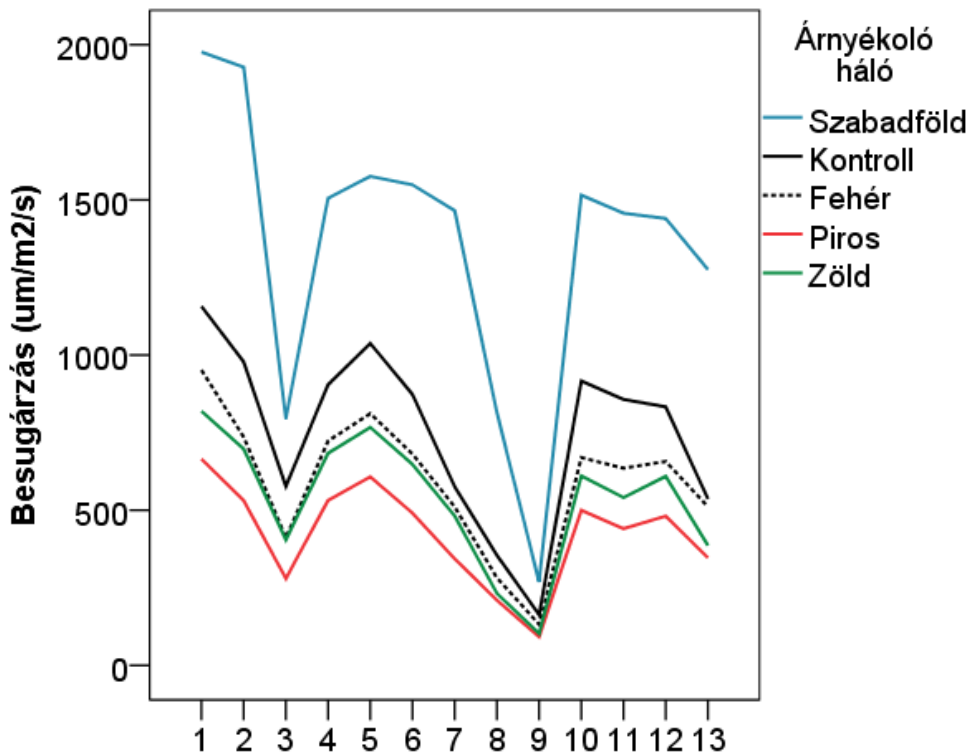
25. ábra. Napi átlag hőmérsékletek a fehér, kontroll, zöld és piros háló alatt 07.01-től 09.30-ig.

18. táblázat. Az 1. szedéshez (július 27.) és 2. szedéshez (szeptember 28.) kalkulált hőmérséklet és besugárzás mutatók.

| Kalkulált mutatók | Fehér | | Piros | | Zöld | | Kontroll | |
|--|---------|---------|--------|---------|---------|---------|----------|---------|
| | 1.szed | 2. szed | 1.szed | 2. szed | 1.szed | 2. szed | 1.szed | 2. szed |
| 14 napi átlag besugárzás kumulálva (LUX) | 295304 | 142319 | 218395 | 117527 | 260064 | 126886 | 369194 | 169262 |
| 14 nap max besugárzás kummulálva (LUX) | 1231742 | 688549 | 992007 | 559037 | 1223475 | 613804 | 1625789 | 777761 |
| 14 nap átlaghő átlagolva (°C) | 27 | 20 | 27 | 20 | 27 | 20 | 28 | 21 |
| 14 nap max hőmérséklet átlagolva (°C) | 41 | 33 | 39 | 32 | 41 | 33 | 42 | 34 |

A PPFD mérése hordozható fluoriméterrel a fotoszintetikusan aktív hullámhosszrégióból is elvégeztük 13 alkalommal a vegetáció alatt (**26. ábra**). Kék színnel azokat az értékeket jelöltük, amelyeket a fólia bejárata előtti térben vettünk fel (vagyis direkt besugárzás). Az ANOVA eredmény, hogy hálók szignifikánsan különböznek besugárzás átengedésben ($p < 0,001$); pontosabban a fehér és zöld árnyékolók átengedett fény mennyiségben nem különböztek egymástól a többi árnyékoló viszont mind különbözött. Megfigyelhető, hogy a hálók átlagolt besugárzása minden esetben ugyanazt a sorrendet követi: kontroll, fehér, zöld és

piros. A 4. és 5. mérés alkalmával az aktuális hőmérséklet mért 42 és 39°C volt, és 10-12 mérés alkalmával mért aktuális 32 és 36°C esetén térnek el a hálók jelentősen egymástól. Azokon a mintavételi napokon, amikor a hőmérséklet 40°C-ot közelítette átlagolt átengedett besugárzások jobban eltérnek egymástól az árnyékolók között, és ez arra enged következtetni, hogy amikor magasabb a léghőmérséklet, a hálók nagyobb mértékben fejtik ki hatásukat a besugárzás csökkentése révén.



26. ábra. Az x-tengelyen a mérés alkalom időben rendezve, az y-tengelyen a besugárzás mértéke látható ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$).

4.6.3. Totál kapszaicinoid (TC)

A 'Star Flame' esetén a háló és szedés idő között fellépő interakció szignifikánsan hatott ($F_{3,24}=4,67$; $p=0,010$, **19. táblázat**); vagyis a piros árnyékoló háló kivételével a többi a második szedéssel eredményezett szignifikánsan erősebb bogyókat, és a fehér árnyékolás a második szedés alkalmával produkálta a legmagasabb értéket ($977,686\pm 146,31$ $\mu\text{g}/\text{g}$). 'Fire Flame' esetében is az interakció hatott szignifikánsan ($F_{3,24}=4,251$; $p=0,015$), amely abban nyilvánult meg, hogy a második szedés alkalmával a piros kevesebb TC-t produkált a fehér és árnyékolatlanhoz képest. A 'Star Flame'hez hasonlóan átlagértékben legcsípősebb paprika a fehér árnyékoló alatt a második szedéskor termett ($844,84\pm 71,9$ $\mu\text{g}/\text{g}$).

'Jalapeno' esetében a szedés ($F_{1,24}=34,17$, $p<0,001$) és a háló is ($F_{3,24}=5,74$, $p=0,004$) szignifikánsan befolyásolta bogyókban kialakult TC tartalmat. A második szedés eredményezett erősebb bogyókat minden árnyékoló háló alatt, és a hálók tekintetében a zöld háló indukált erősebb bogyókat a fehér háléhoz képest, de a kontroll és piros háló alatt mért értékektől ezek nem tértek el, A legnagyobb értéket a zöld háló alatt a második szedéskor mértük ($403,68\pm 32,4$ ug/g).

A három genotípus részeredményeinek összegzéséből azt láthatjuk, hogy a második szedés (2015. szeptember 28.) serkentette a csípősség kialakulását legjobban, de az árnyékolás és szedés idő között fellépő interakció megnehezíti az árnyékolás hatásának mérését. A két szedés közötti nagy különbséget az magyarázza, hogy a mindennapos öntözés szeptemberben a felére lett csökkentve. Szakirodalmi adatok alátámasztják a kevesebb öntözés csípősség serkentő hatását (Mahendran és Bandara 2000; Valiente-Banuet és Gutiérrez-Ochoa, 2016). A két hibrid esetében egyezik, hogy átlag értéket tekintve a fehér árnyékolással a második szedéskor maximális a TC értéke. Figyelemre méltó, hogy a 'Fire Flamenél' a két szedés idő között 2,1-2,8-szoros különbség mutatkozik az átlagértékben. Gurung et al. (2012) megállapítása szerint egy kevésbé csípős paprika érzékenyebben reagál a környezeti, illetve termőhelyi változásokra (csípősség értékben), és ezt a 'Fire Flame' esetében a 'Star Flamehez' képest mi is tapasztaltuk. Megfigyelhető még, hogy a második szedésben mért magas értékekben a rendkívül erős 'Star Flame' és a közepesen erős 'Fire Flame' majdnem ugyanannyira csípős.

A kumulált besugárzás befolyását a TC értékekre regressziós modellel írtuk le, ennek eredményei a **20. táblázatban** találhatóak. A 'Star Flame' esetében az első és második szedéskor is szignifikáns kapcsolat van a kumulált besugárzás és TC között, ugyanakkor a kapcsolat erőssége gyenge ($r^2=0,257$; $0,327$). A 'Fire Flame' esetében pedig a második szedés előtti időszakban van hatása a kumulált besugárzásnak, amely kapcsolat közepesen erősnek mondható ($r^2=0,501$).

19. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedési idő hatása a TC koncentráció átlag±SD (n=4) értékeire friss tömegben kifejezve.

| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | | Jalapeno | |
|------------|--------------------------|----------------------|---------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|
| | 1 szedés | 2 szedés | 1 szedés | 2 szedés | 1 szedés | 2 szedés |
| fehér | 619,07± 140,97 Aab | 977,86± 146,31 Bb | 298,97± 54,30 Aa | 844,84± 71,98 Bb | 183,02± 51,02 Aa | 225,28± 16,87 Ba |
| piros | 516,79± 74,80 Aab | 559,14± 60,01 Aa | 261,13± 31,58 Aa | 541,60± 49,01 Ba | 148,47± 37,91 Aab | 333,25± 92,13 Bab |
| zöld | 464,10± 63,45 Aa | 790,77± 110,21 Bb | 245,94± 37,41 Aa | 668,72± 173,94 Bab | 240,04± 31,92 Ab | 403,68± 32,40 Bb |
| kontroll | 661,89± 32,80 Ab | 830,72± 78,69 Bb | 308,00± 39,39 Aa | 820,75± 90,95 Bb | 232,72± 69,32 Aab | 333,76± 84,91 Bab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

20. táblázat. Kumulált besugárzás hatása a TC értékekre.

| Genotípus | 1,szedés | | | 2,szedés | | |
|------------|----------------|-----------------|-------|----------------|------------------|-------|
| | r ² | y=ax+b | p | r ² | y=ax+b | p |
| Star Flame | 0,257 | y=0,013x+256,77 | 0,045 | 0,327 | y=0,072x-120,41 | 0,021 |
| Fire Flame | 0,159 | y=0,004x+180,35 | 0,126 | 0,501 | y=0,70x-155,72 | 0,002 |
| Jalapeno | 0,238 | y=0,006x+51,47 | 0,065 | 0,050 | y=-0,012x+477,49 | 0,404 |

4.6.3.1. Kétéves összehasonlítás TC

Az első évben bebizonyosodott, hogy a 'Star Flame' kifejezetten csípős chili paprika a 'Fire Flamhez' képest. A TC értéke 2015-ben jelentősen magasabb lett minden árnyékolás esetében, 2015-ben nagyobb szórással mértük ezt az értéket, annak ellenére, hogy ezévben elhagytuk a kimagozást, mert úgy véltük az rendkívül hosszadalmas és csökkenti a TC értékeket, az erek sérülése miatt.

A többi kísérlet helyszínnel együtt megvizsgálva a hálókkal kapcsoltba azt a következtetést tudjuk levonni, hogy a zöld nem változtatta, vagy növelte a csípősséget, a piros pedig nem változtatta vagy csökkentette ezt az értéket. Olyan kísérlet, hogy az egyes színek hogyan hatnak a kapszaicinoidok szintézisére-egyenlőre nem született, de árnyékolási százalékban azt találta, hogy a 70%-os árnyékolás az 50 és 0%-hoz képest bizonyos fajtákban szignifikánsan növeli a

csípősséget (Jeeatid et al, 2017). Továbbá biokémiai vizsgálatokban bizonyították, hogy a phenilalanin ammónium liáz (PAL), amely a kapszaicinoid szintézis egyik kulcs enzime alacsonyabb fénykitettségekben aktívabb. Továbbá a direkt besugárzásra kitett növények védekezésképp a sejtfal lignin tartalmát igyekeznek növelni, ezáltal tápanyagot vonnak el a kapszaicinoid szintézistől (Pacheco et al, 2014).

4.6.4. C-vitamin

A 'Star Flame' esetében a háló ($F_{3,24}=7,43$; $p=0,001$) és a szedés ($F_{1,24}=12,04$, $p=0,002$) is szignifikánsan hatott a C-vitamin koncentrációra (**21. táblázat**). Az első, vagyis a július végi szedés eredményezett nagyobb értékeket, a hálók tekintetében pedig a fehér árnyékolás, a fajtánál mért maximum $1918,6 \pm 102,7$ mg/kg volt. 'Fire Flame' hibridnél is a háló ($F_{3,24}=5,36$; $p=0,006$) és a szedés ($F_{1,24}=19,67$, $p<0,001$) befolyásolta a C-vitamin tartalmat szignifikánsan, és hasonlóképpen az első szedés és a fehér háló volt a legjobb kombináció ($2504,13 \pm 285,1$ µg/g).

'Jalapeno' esetében éppen nem hatott szignifikánsan a különböző árnyékoló hálók használata ($F_{3,24}=2,95$; $p=0,053$), de a szedési idő igen ($F_{1,24}=37,66$, $p<0,001$), az első szedés magasabb értékeket eredményezett. A maximális átlagértéket az első szedéskor a zöld árnyékoló alatt mértük, amely $1711,0 \pm 355,12$ µg/g volt.

Mind a három genotípusnál egyértelmű tendencia mutatkozik, miszerint az első szedéskor jelentősen C-vitamin gazdagabb paprikákat szedtünk. Ennek magyarázata az első szedéskor mért magasabb besugárzás és hőmérséklet (július átlagok $245,9-492,0$ µmol/m²s amely szeptemberre $209,6-311,6$ -ra µmol/m²s csökkent), és érdekes módon a TC esetében ez fordítottan alakult. Az árnyékolást tekintve, pedig megállapítható, hogy a fehér árnyékolás serkentette, a piros és zöld nem a kontrolhoz képest a C-vitamin szintézisét. Összegezve a 2014 Soroksári fóliában mért C-vitamin eredménnyel, megállapítható, hogy a fehér árnyékolás jó kiindulási alap, ha C-vitamin tartalom maximalizálás a cél. Mashabela et al, (2015) fóliában gyöngyház fényű árnyékolóval talált magasabb C-vitamin tartalmat édes étkezési paprikában és azt a következtetést vonták le, hogy a magas átengedett vörös/infravörös mennyiség serkenette a C-vitamin szintézist.

A kumulált besugárzás befolyását a C-vitamin értékekre regressziós modellel írtuk le, ennek eredményei **22. táblázatban** találhatóak. Látható, hogy a szedésekre külön számolt kumulált besugárzás C-vitaminra gyakorolt hatása egyedül a 'Star Flame' 1. szedésben szignifikáns ($p=0,027$), A szedések összevonásával felírt összefüggés

mindhárom paprikánál szignifikáns a kapcsolat erőssége pedig mérsékelt, a 'Jalapeno' esetében legmagasabb ($r^2=0,441$).

21. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása a C-vitamin koncentráció $\text{átlag} \pm \text{SD}$ ($n=4$) értékeire friss koncentrációban kifejezve.

| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | | Jalapeno | |
|-----------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------------|--------------------------|
| | 1 szedés | 2 szedés | 1 szedés | 2 szedés | 1 szedés | 2 szedés |
| Fehér | 1918,59± 102,74 Bb | 1805,37± 43,07 Ab | 2504,13± 285,11 Bb | 2181,96± 72,06 Ab | 1563,54± 340,25 Ba | 738,85±22 7,30 Aa |
| Piros | 1836,02± 111,95 Ba | 1596,99± 53,37 Aa | 2145,85± 115,65 Ba | 2026,83± 40,70 Aa | 1619,33± 452,57 Ba | 715,90±4 0,76 Aa |
| Zöld | 1686,98± 30,20 Ba | 1650,24± 144,84 Aa | 2177,31± 74,10 Ba | 2076,95± 172,53 Aa | 1552,55± 231,94 Ba | 1322,92± 189,76 Aa |
| Kontroll | 1769,40± 31,75 Bab | 1739,50± 87,27 Aab | 2294,31± 122,17 Ba | 1926,68± 127,87 Aa | 1710,99± 355,13 Ba | 1229,09± 205,46 Aa |

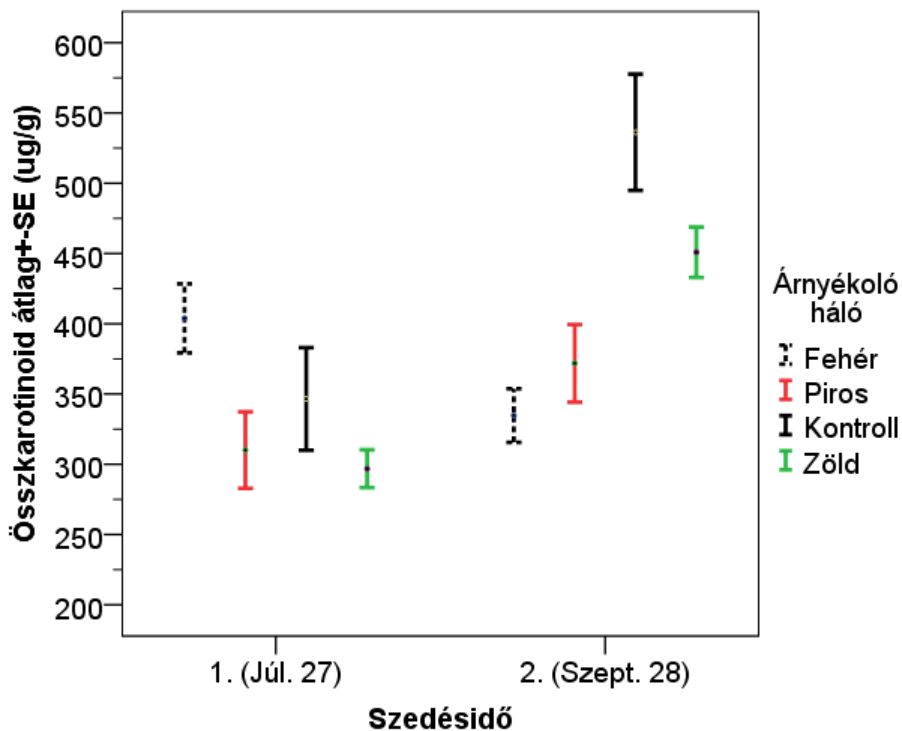
Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

22. táblázat. Kumulált besugárzás hatása a C-vitamin értékekre.

| genotípus | 1.szedés | | | 2.szedés | | | egyben | | |
|-------------------|----------------|---------------------------|-------|----------------|---------------------------|-------|----------------|----------------------|--------|
| | R ² | y=ax+b | p | R ² | y=ax+b | p | R ² | y=ax+b | p |
| Star Flame | 0,041 | y=- 0,005x+19 25,98 | 0,452 | 0,303 | Y=0,040x +1200,76 | 0,027 | 0,139 | y=0,007x+ 1624,19 | 0,036 |
| Fire Flame | 0,043 | y=0,010x+ 2044,52 | 0,439 | 0,047 | y=- 0,019x+22 89,00 | 0,420 | 0,280 | y=0,016x+ 1864,64 | 0,002 |
| Jalapeno | 0,018 | y=0,010x+ 1380,55 | 0,624 | 0,101 | y=0,065x+ 188,52 | 0,229 | 0,441 | y=0,044x+ 502,46 | <0,001 |

4.6.5. Karotinoidok

A 2015-ös évben a Rischel-típusú fóliában a különböző színes árnyékolás és a szedés idő hatását a 2014-es évhez hasonlóan mértük a karotinoid vegyületekre a 'Fire Flamen' (23. táblázat, statisztikai mutatók a Függelékek 7. táblázatban). A legmagasabb összkarotinoid tartalmat az árnyékolatlan szeptember végi szedés kombinációkor mértük ($536,24 \pm 82,72 \mu\text{g/g}$, 27. ábra). A fehér és piros árnyékoló háló alatt termett bogyók összkarotinoid tartamát nem befolyásolta a két eltérő szedés idő, ugyanakkor a kontroll és zöld árnyékolás esetében szignifikánsan különbségeket mértünk a július és szeptember végi szedéssel. Az összkarotinoid tartalom 2014-ben egyértelműbb tendenciát mutatott.

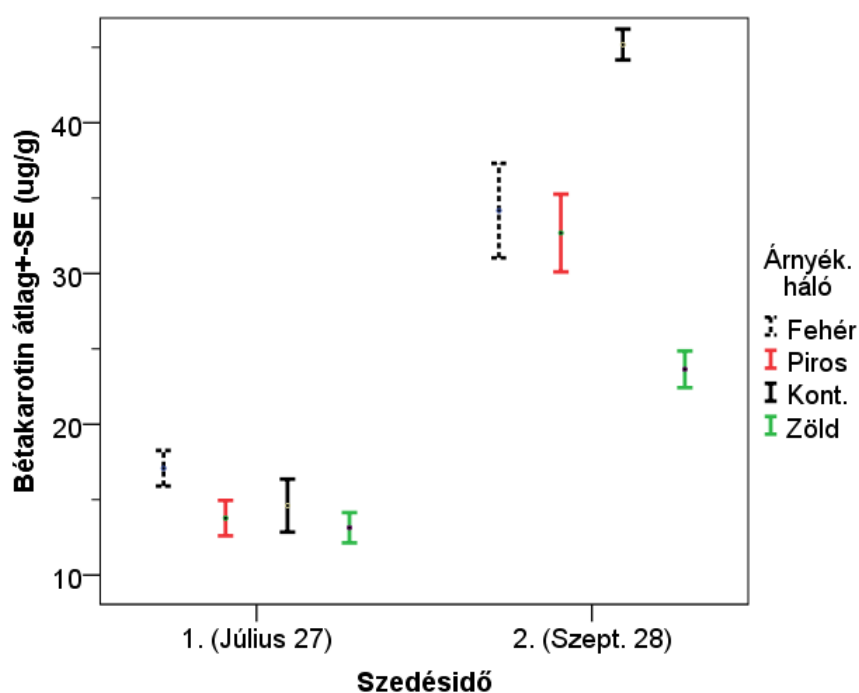


27. ábra Az összkarotinoid átlag \pm SE (n=4) $\mu\text{g/g}$ nedves koncentrációban kifejezve.

A piros vegyületekre fókuszálva az összkapszantin $160,25 \pm 15,02$ és $291,19 \pm 44,27 \mu\text{g/g}$ közötti értéket vett fel, és 2014-hez hasonlóan 53-55%-át tette ki az összkarotinoid tartalomnak. Ezen értéket is a kezelések között fellépő interakció határozta meg. Pontosabban, a fehér és piros árnyékolású paprikák esetében a két szedés idő nem okozott eltérést, de a zöld és árnyékolatlan kezelést kapott paprikáknál a második szedés szig nagyobb, átlagértéket nézve 1,5-szeres növekedést mértünk, az összkapszanthin értékben. Mivel a kapszanthin (különböző formáival együtt) a domináns piros vegyület, ezért az összpiros paraméterben ugyanazokat a tendenciákat mértük, mint az előbbiben. Feldolgozás szempontjából jelentős

paraméter a piros DE mennyiség, amely a szín ellenállóságát határozza meg. A kontroll alatt a második szedéskor volt maximális ($282,24 \pm 43,29 \mu\text{g/g}$), ugyanekkor a zöld árnyékoló alatt éppen alacsonyabbak. A piros DE adatai pedig az összpiros és összkapszanthinhoz hasonlóan alakultak. A piros DE/ME arányt is a szignifikáns interakció befolyásolta, de minden esetben látszik, hogy az első szedésben volt magasabb.

A legnagyobb mennyiségben mért sárga vegyület a β -karotin (**28. ábra**), amely koncentrációja $13,14 \pm 2,01$ -től $45,19 \pm 2,04 \mu\text{g/g}$ között volt mérhető, és amely paraméterre a szedés és árnyékolás között fellépő interakció volt hatással, de a post-hoc teszt eredményéből megállapíthatjuk, hogy minden árnyékolás esetében a második szedés szignifikánsan nagyobb értékeket eredményezett. Az első szedés előtti átlag hőmérséklet $27\text{-}28^\circ\text{C}$, ami még nem mondható az optimálisnál magasabb értékeknek, ellentétben a napi maximális hőmérsékletek átlagával, amely $39\text{-}42^\circ\text{C}$ volt, és ez a β -karotin szintézist már jelentősen gátolja paradicsomban (Tomes 1963). Pirosra érő és édes paprikán Selahle et al. (2014) megállapította, hogy legnagyobb árnyékolással rendelkező fekete háló alatt több β -karotin marad tárolás után is a bogyókban, mint sárga, piros, gyönygház háló alatt termettek.



28. ábra A β -karotin átlag \pm SE (n=4) $\mu\text{g/g}$ nedves koncentrációban kifejezve.

A másik kiemelt sárga vegyület az összeaxanthin ($37,69 \pm 5,01$ és $68,41 \pm 12,56 \mu\text{g/g}$), ahol a maximális értéket a második szedés árnyékolatlan kezelés alatt szintetizálódott, és a β -karotinnal ellentétben, csak a kontroll esetében volt különbség

a szedések között a színes árnyékolók alatt nem, és a második eredményezett szignifikánsan magasabbat a kontroll alatt.

23. táblázat. A színes hálós árnyékolás és szedés idő hatása ‘Fire Flame’ paprika karotinoid funkcionális csoportok átlaga \pm SD (n=4) értékeire friss tömegben kifejezve, fólia kísérlet.

| Karotinoid csoportok | Fehér | | Piros | | Zöld | | Kontroll | |
|----------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|---------------------------|
| | 1 szed. | 2 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 1 szed. | 2 szed. | 1 szed. | 2 szed. |
| Piros xanth. szabad | 38,51 \pm 2,6 0 Ba | 23,27 \pm 2,5 2 Aa | 33,70 \pm 7,0 9 Aa | 24,95 \pm 4,3 8 Aa | 31,20 \pm 5,9 7 Aa | 30,51 \pm 3,4 8 Aab | 31,08 \pm 6,1 5 Aa | 34,37 \pm 4,7 4 Ab |
| Piros xanth. ME | 67,55 \pm 9,2 5 Aa | 71,76 \pm 7,5 7 Aa | 53,01 \pm 8,9 2 Aa | 86,14 \pm 13, 22 Ba | 48,77 \pm 4,4 7 Aa | 125,47 \pm 17 ,54 Bb | 60,32 \pm 15, 01 Aa | 119,43 \pm 19 ,40 Bb |
| Piros xanth. DE | 207,19 \pm 30 ,76 Aa | 171,59 \pm 15 ,37 Aa | 151,92 \pm 28 ,79 Aa | 191,12 \pm 25 ,99 Aa | 148,74 \pm 10 ,39 Aa | 220,24 \pm 13 ,86 Ba | 177,47 \pm 39 ,76 Aa | 282,24 \pm 43 ,29 Bb |
| piros xanth. DE/ME | 3,06 \pm 0,05 Ba | 2,39 \pm 0,05 Ab | 2,86 \pm 0,20 Ba | 2,22 \pm 0,07 Ab | 3,05 \pm 0,07 Ba | 1,77 \pm 0,14 Aa | 3,00 \pm 0,19 Ba | 2,37 \pm 0,10 Ab |
| Összkapsz anthin | 217,64 \pm 29 ,11 Aa | 177,25 \pm 15 ,50 Aa | 166,40 \pm 31 ,26 Aa | 202,12 \pm 28 ,58 Aab | 160,25 \pm 15 ,02 Aa | 253,33 \pm 21 ,17 Bbc | 185,38 \pm 41 ,55 Aa | 291,19 \pm 44 ,27 Bc |
| Összpiros xanth. | 313,25 \pm 41 ,88 Aa | 266,63 \pm 24 ,65 Aa | 238,62 \pm 44 ,17 Aa | 302,21 \pm 43 ,44 Aab | 228,71 \pm 19 ,44 Aa | 376,22 \pm 33 ,91 Bbc | 268,86 \pm 60 ,47 Aa | 436,04 \pm 66 ,64 Bc |
| Sárga xanth. szabad | 25,01 \pm 2,0 1 Aa | 25,49 \pm 9,6 4 Ba | 20,07 \pm 3,0 7 Aa | 24,82 \pm 3,6 5 Ba | 19,14 \pm 2,8 6 Aa | 30,03 \pm 3,6 2 Ba | 20,58 \pm 4,1 9 Aa | 32,88 \pm 5,1 9 Ba |
| Sárga xanth. ME | 34,34 \pm 3,2 4 Ab | 31,68 \pm 4,2 7 Aa | 26,38 \pm 3,7 1 Aab | 30,87 \pm 7,3 4 Aa | 24,74 \pm 2,6 6 Aa | 35,13 \pm 0,7 6 Bab | 28,10 \pm 6,0 3 Aab | 46,09 \pm 8,2 0 Bb |
| Sárga xanth. DE | 10,89 \pm 5,3 2 Aa | 10,88 \pm 2,6 3 Aa | 11,25 \pm 2,2 0 Aa | 13,94 \pm 3,0 9 Aa | 11,10 \pm 1,5 8 Aa | 9,49 \pm 1,85 Aa | 12,19 \pm 2,0 2 Aa | 21,23 \pm 4,6 4 Bb |

| Piros/sárga | Összkarotinoid | Összsárga | Összeaxanthin | β -karotin | Sárga DE/ME |
|---------------------------------------|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|------------------------|
| 3,46 \pm 0,33 Aa | 403,84 \pm 49,13 Aa | 87,33 \pm 12,11 Ba | 48,32 \pm 7,6 2 Ab | 17,08 \pm 2,3 2 Aa | 0,41 \pm 0,04 Aa |
| 3,98 \pm 0,43 Aa | 334,68 \pm 38,13 Aa | 68,06 \pm 13,85 Aa | 44,04 \pm 6,6 9 Aa | 34,17 \pm 6,2 6 Bb | 0,35 \pm 0,08 Aab |
| 3,33 \pm 0,28 Aa | 310,10 \pm 54,40 Aa | 71,47 \pm 10,96 Aa | 39,59 \pm 6,0 1 Aab | 13,78 \pm 2,3 4 Aa | 0,42 \pm 0,03 Aa |
| 4,37 \pm 0,35 Bab | 371,83 \pm 55,17 Aa | 69,63 \pm 12,62 Aa | 46,64 \pm 9,1 3 Aa | 32,69 \pm 5,1 5 Bab | 0,46 \pm 0,10 Ab |
| 3,98 \pm 0,47 Aa | 296,83 \pm 26,92 Aa | 68,12 \pm 8,7 2 Aa | 37,69 \pm 5,0 1 Aa | 13,14 \pm 2,0 1 Aa | 0,45 \pm 0,03 Ba |
| 5,04\pm0,37 Bb | 450,87 \pm 35,85 Bab | 74,65 \pm 3,1 1 Aab | 42,98 \pm 2,7 4 Aa | 23,65 \pm 2,4 3 Bab | 0,27 \pm 0,05 Aa |
| 3,59 \pm 0,17 Aa | 346,52 \pm 73,04 Aa | 75,48 \pm 15,64 Aa | 41,33 \pm 7,8 3 Aab | 14,61 \pm 3,5 2 Aa | 0,44 \pm 0,02 Aa |
| 4,37 \pm 0,29 Bab | 536,24 \pm 82,72 Bb | 100,20 \pm 17,38 Ab | 68,41 \pm 12,56 Bb | 45,19 \pm 2,0 4 Bc | 0,46 \pm 0,04 Ab |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos nagybetűvel jelölt kezelések a szedés idő tekintetében a kis betűvel jelöltek pedig árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.6.6. Klorofill-a fluoreszcencia

Mindkét vizsgált hibridnél megállapítottuk, hogy 2015-ben a színes árnyékolásnak nem volt szignifikáns befolyása a Fv/Fm értékekre (**24. táblázat**). 'Star Flamben' a legmagasabb Fv/Fm-et a zöld árnyékolással, ősszel mértük (0,785 \pm 0,004), a 'Fire Flameben' pedig ugyanekkor a piros árnyékoló alatt (0,791 \pm 0,003).

A Fv/Fm hányados és a beltartalmi paraméterek összefüggéseit vizsgálva sem 'Star Flame' sem a 'Fire Flame' esetében nincs a szignifikáns összefüggés a C-vitaminra és TC-re sem. A 'Fire Flamenél' a TC és C-vitamin között (Pearson=-0,425, N=32, p=0,015) találtunk szignifikáns korrelációt. A TC és C-vitamin közötti összefüggés 'Fire Flamben' a 2014-es fóliában mértnél gyengébb (amely Pearson= 0,65, N=48, p<0,001) volt, mivel 2015-ben eggyel kevesebb szedéshez időzítettünk beltartalmi mérést, ezért a korrelációhoz tartozó N (alapsokaság) is kevesebb, és ez gyengébb összefüggést okozhat.

24. táblázat A klorofill-a fluoreszcencia (Fv/Fm) átlagaa±SD (n=4) az egyes szedések előtti időszakban, rischel fóliában.

| Háló színe | Star Flame | | Fire Flame | |
|-----------------|---------------|---------------|---------------|----------------------|
| | 1.szedés | 2.szedés | 1.szedés | 2.szedés |
| Fehér | 0,754±0,017 a | 0,767±0,008 a | 0,776±0,006 a | 0,771±0,034 a |
| Piros | 0,767±0,018 a | 0,779±0,004 a | 0,771±0,014 a | 0,791±0,003 a |
| Zöld | 0,776±0,003 a | 0,785±0,004 a | 0,777±0,012 a | 0,781±0,004 a |
| Kontroll | 0,754±0,040 a | 0,769±0,011 a | 0,767±0,017 a | 0,769±0,016 a |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt kezelések árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.6.7. Termés adatok

Július 27-től október 26-ig 6 szedést végeztünk, amelyek összeadásával számoltuk a piacképes termést négyzetméterre vetítve (piacképes termés). Shahak (2008) tanulmánya szerint a színes árnyékoló hálók nyáron és kora ősszel voltak nagyobb hatással a paprikatermesre, a késő őszi és kora téli időszakban kevésbé, de az általunk használt kumulált piacképes terméssel az időpontokbeli különbségek eltűnnek.

A színes hálós árnyékolás szignifikánsan hatott (**25. táblázat**) a ‘Star Flame’ ($F_{3,12}=4,968$, $p=0,018$), a ‘Fire Flame’ ($F_{3,12}=5,231$, $p=0,015$) és a ‘Jalapeno’ termésére nem szignifikánsan ($F_{3,12}=3,417$, $p=0,053$). Mindhárom genotípus esetén a piros eredményezett a legalacsonyabb hozamot, de ez szignifikánsan nem volt kevesebb a többi színes háló alatt mért terméseredménytől. Fallik et al. (2009) sárga és piros árnyékoló alatt szignifikánsan több termést talált, mint ugyanolyan árnyékolás százaléku fekete árnyékoló használatakor. A kontroll alatt mértük a legmagasabb átlag értékeket, de ezek az értékek szignifikánsan nem magasabbak a zöld és fehér háló alatt mértéktől. A piros háló 2014-hez képest csökkentő hatása abban keresendő, hogy a 2015-ben Rischelnek dupla rétegű fala volt, míg 2014-ben a Soroskári fóliának csak szimpla. Úgy véljük, hogy a duplafalú fólia piros árnyékolóval kombinálva nem optimális körülményeket biztosított, mivel, a PAR-ban a besugárzást túlságosan csökkentette, A tendencia, hogy a fajták az árnyékolókra ugyanúgy reagálnak a 2014-es fóliában nevelt paprikákra is igaz, Diaz-Perez (2014) több édes paprikafajtát összehasonlító kísérletéből tudjuk, hogy a fajták eltérhetnek maximális piacképes termés hozamában különböző árnyékolási százaléku hálók alatt.

25. táblázat. Soroksári fóliában mért piacképes termés (kumulált, kg/m²), 2015.

| Háló színe | Star Flame kg/m ² | Fire Flame kg/m ² | Jalapeno kg/m ² |
|------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| Fehér | 2,63±0,63 ab | 2,71±0,77 ab | 2,55±0,49 ab |
| Piros | 2,10 ±0,33 a | 2,10±0,20 a | 1,83±0,28 a |
| Zöld | 2,52 ±0,18 ab | 2,86±0,71 ab | 2,50±0,51 ab |
| Kontroll | 2,88 ±0,36 b | 3,93±0,79 b | 2,90±0,57 b |

Tukey HSD post-hoc teszt eredménye alapján azonos betűvel jelölt kezelések árnyékolás alapján nem térnek el szignifikánsan egymástól.

4.7. SPAD érték

A Soroksári fóliában nevelt ‘Star Flame’ és ‘Fire Flame’ SPAD értékei 2014-ben 18 alkalommal (**Függelékek 1-2. ábra**). 2015-ben Rischel fóliában 13-szor (**Függelékek 3-4. ábra**), 2014-ben szabadföldön 15 alkalommal voltak lemérve (**Függelékek 5-6. ábra**). A növények növekedésével ez az érték is folyamatosan nő, mert a levelek klorofilt halmoznak fel, majd egy ponton stagnálást mutat, és végül a klorofil tartalom csökken (Borovsky és Paran 2008), de ezt nem minden esetben sikerült egyértelműen bizonyítani.

A ‘Fire Flame’ esetében 2014-ben a 1-9. mérésig (július 31-ig) tart az intenzív növekedés, majd a csökkenő szakaszban egyre nagyobb szórással mérhető a SPAD értékek. Ugyanebben az évben a ‘Star Flame’ esetében jelentős eltéréseket mértünk az egyes szedések alkalmával az árnyékolók hatására, vagyis SPAD érték jobban reagált a különböző színű hálókra, mint a ‘Fire Flame’.

2015-ben a ‘Star Flame’ leveleiben az egyes mérés időpontokban általában a zöld és piros árnyékoló alatt mértük a legalacsonyabb értékeket, és a legnagyobb szórást is a piros árnyékoló alatt voltak. A júliusi mérések alkalmával a fehér árnyékolóhoz tartozó SPAD értékek sokkal nagyobbak, mint a többi hónapban, és ugyanakkor a többi árnyékolóhoz képest is. A levelek SPAD értéke kb, az 5. méréskor (július 6) beállt, majd utána enyhén csökken. 2015-ben a Fire Flamenél a SPAD értékek a Star Flamehez képest később a 8. méréskor (július 30) áll be, és utána csökken, majd újra növekszik. A júliusi mérésekkor a fehér árnyékoló alatt jelentősen magasabb értékek mérhetőek, ahogyan a ‘Star Flameben’ is. Az alacsonyabb szórások miatt jobban

látszik a tendencia, hogy az árnyékolók sorrendje: fehér, kontroll, zöld majd piros a júliusi mérésekkor.

Szabadföldön mindkét genotípusnál a 4. és 5. mérés között (június 26 és július 3,) egy nagy ugrást észlelünk az értékekben, addig pedig nem különülnek el a mérési alkalmak egymástól. A 'Star Flame' a 7. méréskor éri el a maximális értéket, majd egy rendkívül szabályos csökkenést mutatnak az árnyékolók alatti mérések, de a kontroll nem, mert a 11-14. mérések között a kontroll értékei ingadozást mutatnak. A 'Fire Flame' esetében a 7. és 8. méréssel tetőzik a SPAD érték, majd egy minimális csökkenéssel folytatódik.

Lopez-Marin et al. (2012) kísérlete szerint üvegházban árnyékolatlan édes paprika levél SPAD értéke alacsonyabb, mint az árnyékoltaké, de nem szignifikánsan. Ezt az állítást csak részben tudjuk alátámasztani méréseinkkel, mert sok esetben átfednek a kontroll és az árnyékolós SPAD értékek, de a vegetáció elején mindkét fóliás kísérletben a kezdeti mérésekkor jobban elkülönül az átlag és a hozzá tartozó SE.

5. Új tudományos eredmények (tézisek)

- A korszerű analitikai módszerek segítségével megállapítottam, hogy a vizsgált 7 chili genotípus a csípősség fő komponenseinek maximális tartalma a zöld érésű bogyóban mérhető (kivétel 'BeibeiHong'), ezért zölden leszedve nyerhetjük belőlük a legnagyobb mennyiségű kapszaicinoidot;
- Megállapítottam, hogy a színes hálók használata csökkenti szabadföldön mind a 'Star Flame' és 'Fire Flame' genotípusoknál a C-vitamin koncentrációját, valamint 'Fire Flame' C-vitamin tartalma kiemelkedően magas (3748 ± 121 $\mu\text{g/g}$) szabadföldön árnyékolás nélkül természetve;
- Megállapítottam, hogy fóliás termesztésben a fehér árnyékolónak van a legkedvezőbb hatása a 'Star Flame' és 'Fire Flame' chili paprikák C-vitamin magasabb koncentráció eléréshez;
- Megállapítottam, hogy szabadföldön a szeptember végi szedés előtti hideg időszak (2-3 °C) serkentette a kapszaicinoid szintézisét mindkét vizsgált chili genotípusban;
- Megállapítottam, hogy az Fv/Fm érték és a totál kapszaicinoid között szignifikáns, negatív kapcsolat írható le mindkét vizsgált genotípus esetében, amely összefüggés a szabadföldön erősebb, mint a fóliában.

6. Következtetések és a javaslatok

Célkitűzésként fogalmaztam meg, hogy az egyes chili paprikák érése során megvizsgáljam, hogy a csípősségük, polifenol összetételük és C-vitamin tartalmuk hogyan változik. Arra a következtetésre jutottam, hogy a csípősség alapvetően csökken az érés előrehaladtával. C-vitamin és klorofill+karotinoid mennyisége szempontjából az érés előrehaladása kedvez, mert az alacsony kezdeti érték a zöld érés után hirtelen megnő a kormos piros állapotban, és a kormosodás és piros érés között kisebb különbséggel, de növekszik. A 'Fire Flame' és 'Jalapeno' paprikáknál a kormosodáskor volt maximális a C-vitamin, a tendencia mégis beleillik a szakirodalomban leírt növekvő tendenciához. A polifenol vegyületek jelentős része növekedést mutat az érés előrehaladtával, kivétel a vanilliasav-származék. A javaslatom, hogy a felhasználási cél határozza meg, hogy mikorra időzítsük a szedést, ha a nagy kapszicinoid tartalom a cél, akkor a zöld érésben, ha a többi beltartalmi paraméter a fontos, akkor piros érésben érdemes szedni ezeket a genotípusokat.

A második célkitűzésem volt, annak a vizsgálata, hogy a különböző színű árnyékolók, hogyan hatnak 'Star Flame', 'Fire Flame' illetve 'Jalapeno' genotípusok C-vitamin tartalmára. A fóliás kísérletek alapján megállapítottam, hogy a fehér árnyékoló serkenti legnagyobb mértékben a C-vitamin szintézist, mert fényösszetételben nem szelektál annyira, mint a zöld és piros háló, továbbá a fényerősséget sem csökkenti akkora mértékben, mint a zöld és piros háló. Ez a különbség azonban szignifikáns nem volt mindenesetben igazolt a 'Star Flame' és 'Fire Flame' esetében. Ha a chili paprika termesztés vagy nemesítés alkalmával a nagy C-vitamin elérése a cél, akkor fólia alatt a fehér árnyékolás ad a legjobb eredményt.

A TC érték esetében megfigyelésünk szerint a piros árnyékoló zavarja (csökkenti) leginkább a kapszaicinoid szintézist a kontrollhoz képest, a fehér hatása általában megegyezik a kontrollal. A zöld árnyékoló hatása a TC-re rendkívül változó, néha kifejezetten serkenti (2014, fólia 'Star Flame' szeptemberi szedés, és 2015 'Jalapeno' szeptemberi szedés), de a legtöbb esetben nincs rá hatással.

Szabadföldön a 2014-es kísérlet alapján a szedés időnek volt kifejezettebb hatása, mert a szeptember végi szedéskor rendkívül magasak voltak, amely az előtte levő

minimum hőmérsékleteknek (2-3°C) köszönhető, amely egy meleg igényes növény számára egy komoly stresszor, és erre emelt totál kapszaicinoiddal válaszolt a növény. A Rischel fóliában 2015-ben a szedés időnek van egyértelmű hatása, amelyet a szeptemberre erősen csökkentett vízellátás is indukált, és amelynek hatására a két hibrid csípőssége közel egyszintre került. A második szedéskor mért kumulált besugárzás hatása a TC-re, 'Fire Flamben' közepesen erősnek mondható ($r^2=0,501$, $p=0,002$, $y=0,70x-155,72$). Annak vizsgálatára, hogy a különböző színek pontosan hogyan hatnak a csípősségre egy olyan fitotronos kísérlet beállítását javaslom, amelyben a különböző monokrom fényforrások állandó erősségű fényt bocsájtanak ki, állandó hőmérsékletű térben, és az így termelt bogyókat vetném részletes analitikai vizsgálat alá.

Az összkarotinoid tartalomra szabadföldön és fóliában is igaz, hogy a szeptember végi szedés a kedvezőbb a nyári szedésekhez képest, mert karotinoid szintézist az augusztus végén mért napi max. hőmérsékletek (26-29°C) zavarták. A színes árnyékolók többnyire csökkentik ezen értékeket. A karotinoidokat értékelésükhöz funkcionális csoportokra osztottuk, és arra a következtetésre jutottunk, hogy a táplálkozástudományi szempontból kiemelt vegyületek (zeaxanthin, β -karotin) mindhárom árnyékoló hálós kísérletben az utolsó szedéskor (szeptember vagy október) a kontroll alatt volt a nagyobb. A feldolgozás szempontjából fontos piros ME és DE alakulása, fóliás termesztésben, az augusztusi szedéseknél eredményeztek nagyobb koncentrációkat. Arra a következtetésre jutottunk, hogy feldolgozásnak ellenállóbb bogyók teremnek ebben az időszakban a több észtereződött karotinoid mennyisége miatt. A piros/sárga arány mindhárom kísérletben nagyobb átlagértéket a zöld háló alatt mutatta, ami azt jelzi, hogy a zöld háló alatt színtabilabb 'Fire Flame' bogyók termettek.

A különböző színű árnyékoló hálókra piacképes termés képzéssel a fajták hasonlóan reagáltak az adott évben. 2015-ben a piros csökkentette a kontrollhoz képest, 2014-ben pedig a fehér növelte a kontrollhoz képest a piacképes termést. A piros háló csökkentő hatását a 2015-ben használt duplafalú Rischel fólia+ piros háló nagymértékű fényintenzitás csökkentő hatásának tulajdonítottuk. A termesztők körében legelterjedtebb zöld árnyékoló egyik évben sem hozott többletet a kontrollhoz képest. A kisebb hozam a kevésbé optimális körülményt jelezi, ezáltal megállapítható, hogy a zöld árnyékoló nem kedvező a nagyobb piacképes termés eléréséhez.

Az Fv/Fm érték a 2014-es kísérletek alapján sok esetben, a kontrollban a legalacsonyabb, mert az árnyékolás hiányában a növények többlet párologtathatnak, ezáltal vízstressz alakul ki bennük, vagyis a paprika fotoszintetikus aktivitása csökkenhet, környezeti stresszre, amelyet az árnyékolás hiánya okozta többlet besugárzás válthat ki. Továbbá 2014-ben mindkét helyszínen mindkét fajtában mértünk szignifikáns, negatív összefüggést az Fv/Fm és a TC között. Ez arra enged következtetni, hogy az alacsonyabb fotoszintetikus aktivitáshoz nagyobb csípősség társul. Szabadföldön ez a kapcsolat a nagyobb kitétség miatt kifejezettebb.

7. Összefoglalás

A téma feldolgozás első részében a paprikák, különös tekintettel chili paprikák (*Capsicum spp.*) fontos beltartalmi értékeit, mint a kapszaicinoidok, C-vitamin, karotinoidok ill, polifenol, és ezek kialakulására ható abiotikus stresszokről szóló irodalmat vizsgáltam meg. A következő nagy fejezetben a paprika érés dinamikáját és ökológiai igényeit, a fotoszintézis és a növényi stresszt feltáró kísérletek és az árnyékoló hálók használatával kapcsolatos kísérleteket dolgoztam fel.

Az anyag és módszer leírását a szabadföldi ill, fóliás kísérlet bemutatásával kezdtem, amely helyszíne Gödöllő, GAK Kht. A fehér, zöld (Első Magyar Kenderfonó) és a piros árnyékolók használata mindkét év júniusában kezdődött és a vegetáció végéig tartott. Összesen két *C. frutescens* ('Bandai', 'Beibeihong') és 5 *C. annuum* fajhoz tartozó genotípust ('C3735', 'Lolo', 'Jalapeno', 'Star Flame', 'Fire Flame') vizsgáltunk. Két éves kísérlet csak az utóbbi kettővel történt.

Minden vizsgált vegyület csoportot fordított fázisú rendszerben C18-s funkciós csoportot tartalmazó analitikai oszlopon választottunk szét HPLC segítségével, helyileg a Regionális Egyetemi Tudásközpont Élelmiszer Analitikai Laboratóriumában. A kvantitatív mérések ismert mennyiségű standard anyag injektálása és koncentrációba váltásával, a beazonosítás pedig a kapszaicinoidok esetében retenció idő alapján, a karotinoidok, C-vitamin és polifenoloknál a reteneciós és az irodalomban fellelhető spektrális tulajdonságaik alapján végeztük el. Optimalizált módszerekkel végeztük a méréseket, ennek egyes paramétereit kiszámításra kerültek (LOD, LOQ, kalibrációs egyenes, elméleti paraméterek). Összesen 6-7 kapszaicinoidot, kb, 60 karotinoidot (funkcionális csoportokba osztva szín és észtereződöttségi szint alapján) és 9 polifenol komponenst azonosítottunk a 7 genotípusban. A detektált komponenseket összehasonlítottuk más paprikákban mért értékekkel, és a végső érésben a vizsgált genotípusokat egymással is. Ekkor legtöbb CAP tartalmú a 'Bandai' ($1176,1 \pm 112,1 \mu\text{g/g}$), legmagasabb C-vitamin tartalmú a 'Fire Flame' ($3689,4 \pm 160,61 \mu\text{g/g}$). Az érésdinamikai vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy a csípősség általában csökken, a C-vitamin és karotinoid+klorofill pedig nő a bogyóérés előrehaladtával. A polifenol vegyületek jelentős része növekedést mutat, kivétel a vanilliasav származék, ami a zöld érés után csökken.

A második célkitűzés a színes árnyékoló hálók hatása a beltartalmi mutatókra. Ehhez 2014-ben szabadföldi és Soroksári típusú fóliában, illi 2015-ben Rischel

fóliaházban végzett kísérlet adatait vettem alapul. A fóliás kísérletek eredményeként megállapítható, hogy a fehér árnyékolás a nyári szedéskor emelte legmagasabb mértékben a C-vitamin mennyiségét, de nem minden esetben szignifikánsan emelte. Ezt a fehér háló nagyfokú fényáteresztő képességének (kb 80%-a a kontrollnak) és a nyári magas hőmérsékletnek tulajdonítottuk. Szabadföldön viszont az árnyékolatlan kontrollban az őszi szedéskor mértünk legnagyobb C-vitamin tartalmat mindkét vizsgált genotípusnál, ami szintén nem volt szignifikánsan nagyobb az összes árnyékolónál mérttől.

A csípősség (TC) értékek mutatnak legkevésbé egyértelmű tendenciát. A TC-re 2014-ben szabadföldön a szedés idő hatott szignifikánsan, a szeptember végi szedés növelte minden árnyékolás alatt, ezen felül a 'Fire Flameben' minden árnyékolás nyáron csökkentette, de szeptember végén már csak a piros volt negatív hatással a TC-re. A fóliás kísérletekben 2014-ben és 2015-ben is csak a piros háló csökkentő hatása volt észrevehető, továbbá a zöld háló variabilis hatása is megmutatkozott, amely szignifikánsan növelte a kontrollhoz képest 2014-ben 'Star Flameben' a és 2015-ben 'Jalapeno' szeptemberi szedésekor, de a többi esetben nem befolyásolta. Befolyás a kumulált besugárzással ($r^2=0,501$, $p=0,002$, $y=0,70x-155,72$) csak a 'Fire Flame' esetében írható le (2015, szeptemberi 28).

Részletes karotinoid elemzést a pirosra érő 'Fire Flamen' végeztünk, ennek eredményei a következők. Tápanyagtartalom szempontból fontos és nagy mennyiségben detektálható sárga vegyületek a zeaxantin és β -karotin. Mindhárom árnyékoló hálós kísérletben az utolsó szedéskor (szeptember, október) a kontroll alatt a legnagyobbak e vegyületek jelenléte, de kivételt képezett a 2014-es fóliás kísérlet, mert a piros és zöld árnyékoló alatt magasabb átlag volt mérhető az októberi szedéskor. A feldolgozás szempontjából fontos piros ME és DE vegyületek a szeptemberi szedésnél voltak legnagyobb mennyiségben. Kivétel 2015-ben a fehér és piros árnyékolás, ahol szignifikánsan nem tért el a július és szeptemberi szedéssel mért piros észtereződött karotinoid mennyisége. Továbbá a feldolgozás szempontból fontos a színtabilitás, vagyis a piros/sárga arány kiemelkedően nagy volt 2015-ben a zöld árnyékoló alatt, szeptember végi szedésnél ($5,04\pm 0,37$). A karotinoidok szintézisnek hőmérsékleti gátja alacsonyabb, mint a C-vitaminé ezért egyik kísérletben sem mértünk nagy karotinoid értékeket a nyári szedésnél.

Az árnyékoló háló és a fotoszintetikus aktivitást a levelek heti szintű klorofill-a fluoreszcencia (Fv/Fm) mérésével követtük nyomon. A különböző színű árnyékolókra a fajták csak minimálisan reagáltak Fv/Fm értékben, de a kontroll alatt

több esetben is az optimálisnál alacsonyabb (0,720) értéket mértünk 2014-ben. A Fv/Fm hatása a TC-re 2014-ben mind szabadföldön, mind fóliában szignifikáns volt, negatív előjelű ugyanakkor gyenge erősségű ($r^2=0,202$ és $0,55$), de ezt a hatást 2015-ben nem tapasztaltuk.

7.1. Összefoglalás angol nyelven

The „Literature” chapter involves a description of the most important phytonutrients of pungent pepper (capsaicinoids, Vitamin C, carotenoids and polyphenols) emphasizing how environmental stress affects them. The next section is about the ripening dynamics, ecological demands and photosynthetic activity of pungent pepper, In the last section the available literature about the utilisation of net shading in pepper production.

The „Material and Methods” chapter starts with the description of the experiments, all of them was located in Gödöllő, Gak Kht. The utilisation of white, green net shadings (Első Magyar Kenderfonó) and red net (Ginegar) started in mid June until the end of vegetation. All in all two *C. frutescens* (Bandai, BeibeiHong) and 5 *C. annuum* (‘C3735’, ‘Lolo’, ‘Jalapeno’, ‘Star Flame’, ‘Fire Flame’) were investigated, but only the latter two were featured in two sequential-year trials. All investigated phytonutrients were separated on analytical columns containing C18 endcapping using HPLC, located in the Regional Knowledge Centre. The qualification of the various phytonutrients were done by comparing their spectral characteristic and retention time with available literature, and the quantification were done by injecting known concentration of standard material.

The „Results and Discussion” chapter starts with the validation parameters of adapted or developed methods (LOD, LOQ, calibration curve and area). Altogether 6-7 capsaicinoids, cc 60 carotenoids (arranged in functional groups based on esterification and colour), 9 polyphenols were detected in 7 different genotype. The detected compounds were compared to other peppers’ phytonutrient values, and in the most ripen stage to each other. At most ripen the maximal CAP was ‘Bandai’ measured in ($1176.1 \pm 112.1 \mu\text{g/g}$) and maximal vitamin C in ‘Fire Flame’ ($3689.4 \pm 160.61 \mu\text{g/g}$). The results of ripening dynamics observation was that pungency decreases in the pods, although Vitamin C and carotenoid+chlorophyll content increases in advance of ripening. The most polyphenol compounds also increase, but vanillic acid derivative decreased after green stage.

The second and major objective was to reveal the relationship among the different colored net shadings and phytonutrients based on two plastic house and one outdoor experiment. In general the yellow skinned 'Star Flame' and red 'Fire Flame' did not respond to net shading alike regarding pungency and Vitamin C content. Both plastic house experiment shows white net shading (during July harvest) increases Vitamin C content the most, but this tendency corresponds to the higher average not significantly higher Vitamin C value in both peppers. We consider the higher PPFD cause it under the white shading (cc 80% compared to unshaded plastic material) and the higher temperature in July. In the outdoor cultivated peppers the unshaded control during the second (end of September) harvest resulted in highest average, but significantly not higher than the other combinations.

The relationship of pungency and net shadings was least consequent of all phytonutrients. On 2014 during the openfield experiment harvest time effected so the end of September harvest resulted in significantly higher pungency values, in addition all shadings lowered it in 'Fire Flame' during summer and only the red net lowered it during September harvest. In the plastic house experiments both years the red net's decreasing effect and the green's variable impact was observed. The latter improved pungency in 2014 of 'Star Flame' hybrid during September harvest and in 2015 of 'Jalapeno' during September harvest, but in other cases did not influence it considerably. A significant and strong influence of cumulated light exposure on TC was detected in 'Fire Flame' ($r^2=0,501$, $p=0,002$, $y=0,70x-155,72$) in the preceding time period of the September harvest in 2015. The variable effect of red and green shading could be attributed to its variable permeability against light quality.

The effect of net shading on carotenoids were investigated on functional groups and only in Fire Flame. In nutritional point of view zeaxanthin and β -carotene are the most important yellow compounds. In all experiments the harvest in September under the unshaded control resulted the highest of the latter compounds except the plastic house in 2014, when the last harvest under red and green shading resulted statistically the same as control treatment in β -carotene concentration. From a processing point of view red DE and ME are important, in 2014 (both outdoor and plastic house) the harvest in August improved these values, except in 2015 when July and September harvested ME, DE values did not differed under red and net shading. Also important value is the rate of red and yellow carotenoids, which peaked (5.04 ± 0.37) in 2015, under green shading at September end harvest. The favourable

effect of the autumn harvest against summer harvest on carotenoids proves the lower temperature need, unlike the temperature need of Vitamin C.

The effect of coloured nets on the leaves chlorophyll-a fluorescence was monitored every week and expressed in Fv/Fm values. Both investigated genotype suffered little impact of net shadings in Fv/Fm value, but under the unshaded control suboptimal values were detected (less than 0.720) in 2014. The effect of Fv/Fm on TC was significant, negativ but not strong ($r^2=0.202$ és 0.55) in 2014, in 2015 this relation was not observed.

8. Mellékletek

8.1. M1 (Irodalomjegyzék)

- AbdulJawad, S, H, Hasanein, M, A, (2013). Influence of aqueous extract of red chillis pepper as curative for gastric ulcer in albino rats, *Journal of Natural Sciences Research*, 3 (4): 78-87.
- Ahmed, A, F, Yu, H, Yang, X, Jiang, W, (2014). Deficit irrigation affects growth, yield, vitamin C content, and irrigation water use efficiency of hot pepper grown in soilless culture, *HortScience*, 49 (6): 722-728.
- Airaki, M, Leterrier, M, Mateos, R, M, Valderrama, R., Chaki, M., Barroso, J, B., Río L, A, D., Palma J M., Corpas, F, J, (2012). Metabolism of reactive oxygen species and reactive nitrogen species in pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under low temperature stress, *Plant, Cell & Environment*, 35 (2): 281-295.
- AlHarbi, A, R, Saleh, A, M, Al-Omran, A, M, Wahb-Allah, M, A, (2013). Response of bell-pepper (*Capsicum annuum* L.) to salt stress and deficit irrigation strategy under greenhouse conditions, *Konferencia kiadvány: International Symposium on Growing Media and Soilless Cultivation*, 1034: 443-450.
- Ambrózy Z, Daood H, Nagy Z, Darázsi Ledó H, Helyes L (2016). Effect of net shading technology and harvest times on yield and fruit quality of sweet pepper, *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH* 14:(1) 99-109.
- Amor, F, M, Cuadra-Crespo, P, (2012). Plant growth-promoting bacteria as a tool to improve salinity tolerance in sweet pepper, *Functional Plant Biology*, 39 (1): 82-90.
- Arimboor, R, Natarajan, R, B, Menon, K, R, Chandrasekhar, L, P, Moorkoth, V, (2014). Red pepper (*Capsicum annuum*) carotenoids as a source of natural food colors: analysis and stability—a review, *Journal of Food Science and Technology*, 52 (3): 1258-1271.
- Ayodele, O, J, Alabi, E, O, Aluko, M (2015). Nitrogen Fertilizer Effects on Growth, Yield and Chemical Composition of Hot Pepper (Rodo), *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 8 (5): 666.
- Bae H, Jayaprakasha G, K, Crosby K, Yoo K, S, Leskovar D, I, Jifon J, Patil B, S (2014). Ascorbic acid, capsaicinoid, and flavonoid aglycone concentrations as a function of fruit maturity stage in greenhouse-grown peppers, *Journal of Food Composition and Analysis*, 33 (2): 195-202.

- Bavani, Z, Reza, M, Peyvast, G., Ghasemnezhad, M, Forghani, A (2016). Assessment of Salt Tolerance in Pepper Using Chlorophyll Fluorescence and Mineral Compositions, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 80 (3): 153-158.
- Bazán-Tene, M, Gonzalez, J, M, G, Juarez, F, R, Corner, J, P, C., Gonzalez, S, G (2005). Effect of Shading on the Germination and Vegetative Development of 'Jalapeño' Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.), *HortScience*, 40 (4): 1056-1056.
- Bazán-Tene, M., Molina-Ochoa, J, Bracamontes-Ursúa, E, A (2005). Effect of Shading on the Germination and Vegetative Development of 'Serrano' Hot Pepper (*Capsicum annuum* L.), *HortScience*, 40 (4): 1022-1023.
- Ben-Yakir D, Antignus, Y., Offir Y, Shahak Y, (2012): Colored shading nets impede insect invasion and decrease the incidences of insect-transmitted viral diseases in vegetable crops – *Entomologia Experimentalis Et Applicata*, 144 (3): 249-257.
- Bernal M, A, Calderon A, A, Pedreno M, A., Munoz R, Barcelo A, R, Merino C, F, (1993). Capsaicin oxidation by peroxidase from *Capsicum annuum* (variety *Annuum*) fruits, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41 (7): 1041-1044.
- Biacs, P, A, Daood, H, G, Huszka, T, T, Biacs, P, K (1993). Carotenoids and carotenoid esters from new cross-cultivars of paprika, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 41 (11): 1864-1867.
- Biwalkar, N, Singh, K, G, Jain, A, K, Sharda, R, Jindal, S, K, Singh, K, Chawla, N (2015). Response of coloured sweet pepper (*Capsicum annuum* L. var. *Grossum*) to fertigation and irrigation levels under naturally ventilated greenhouse, *Agricultural Research Journal*, 52 (1): 19-25.
- Björkman, O, Demmig, B (1987). Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins, *Planta*, 170 (4): 489-504.
- Bolhar-Nordenkampf HR, Long SP, Baker NR, Öquist G, Schreiber U, Lechner EG (1989) Chlorophyll fluorescence as a probe of the photosynthetic competence of leaves in the field: a review of current instrumentation, *Funct, Ecol*, 3: 497-514.
- Borisev M, Krstic B, Gvozdenovic D, Gvozdenovic-Varga J, (2012): Photosynthesis and water use efficiency relations to yield of ten pepper varieties (*Capsicum annuum* L.) – *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 18 (4): 589-594.
- Borovsky, Y, Paran, I, (2008). Chlorophyll breakdown during pepper fruit ripening in the chlorophyll retainer mutation is impaired at the homolog of the senescence-inducible stay-green gene, *Theoretical and Applied Genetics*, 117 (2): 235-240.

- Bosland, P, W, Coon, D, Reeves, G, (2012). 'Trinidad Moruga Scorpion'Pepper is the World's Hottest Measured Chile Pepper at More Than Two Million Scoville Heat Units, *HortTechnology*, 22 (4): 534-538.
- Breithaupt, D, E, Weller, P, Grashorn, M, A, (2003). Quantification of carotenoids in chicken plasma after feeding free or esterified lutein and capsanthin using high-performance liquid chromatography and liquid chromatography-mass spectrometry analysis, *Poultry science*, 82(3), 395-401.
- Buckenhüskes H, J, (2003). Current requirements on paprika powder for food industry, *Capsicum*, Amit Krishna De, Taylor and Francis Kiadó, 223-230.
- Buczowska, H, (1990). Evaluation of yield of six sweet pepper cultivars grown in an unheated foil tunnel and in the open field, *Folia Horticulturae*, 2(2), 29-39.
- Campos, H, Trejo, C, Peña-Valdivia, C, B, García-Nava, R, Conde-Martínez, F, V, Cruz-Ortega, M, R, (2014). Stomatal and non-stomatal limitations of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plants under water stress and re-watering: Delayed restoration of photosynthesis during recovery, *Environmental and Experimental Botany*, 98: 56-64.
- Castro-Concha, L, A, Baas-Espinola, F, M, Ancona-Escalante, W, R, Vázquez-Flota, F, A., Miranda-Ham, M, L, (2016). Phenylalanine biosynthesis and its relationship to accumulation of capsaicinoids during *Capsicum chinense*, *Biologia Plantarum*, 60 (3): 579-584.
- Castro, S, M, Saraiva, J, A, Lopes-da-Silva, J, A, Delgadillo, I, Van Loey, A, Smout, C, Hendrickx, M, (2008). Effect of thermal blanching and of high pressure treatments on sweet green and red bell pepper fruits (*Capsicum annuum* L.), *Food Chemistry*, 107 (4): 1436-1449.
- Cheng L, Fuchigami L,H, Breen P,J (2000). Light absorption and partitioning in relation to nitrogen content in 'Fuji' apple leaves, *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 125 (5): 581–587.
- Contreras-Padilla M, Yahia E, M (1998). Changes in capsaicinoids during development, maturation, and senescence of chile peppers and relation with peroxidase activity," *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (6): 2075-2079.
- Cortés-Jofr M, Rueda J,R, Corsini-Muñoz G, Fonseca-Cortés C, Caramboloso M, Bonfill C, X, (2012). Drugs for preventing lung cancer in healthy people, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 10: 1-73.
- Cui, S, F, Zhang, Z, H (2003). Differents of Shading Disposal Effect on Crop and Chloro phyll's Change in Pepper [J], *Tianjin Agricultural Sciences*, 2: 9.

- Curry, J, Aluru, M, Mendoza, M, Nevarez, J, Melendrez, M, O'Connell, M, A (1999). Transcripts for possible capsaicinoid biosynthetic genes are differentially accumulated in pungent and non-pungent *Capsicum* spp, *Plant Science*, 148 (1): 47-57.
- Daood, H, G, Palotás, G, Palotás, G, Somogyi, G, Pék, Z, Helyes, L, (2014). Carotenoid and antioxidant content of ground paprika from indoor-cultivated traditional varieties and new hybrids of spice red peppers, *Food Research International*, 650: 231-237.
- Daood, H, G, Halasz, G, Palotás, G, Palotás, G, Bodai, Z, Helyes, L, (2015). HPLC determination of capsaicinoids with cross-linked C18 column and buffer-free eluent, *Journal of Chromatographic Science*, 53 (1): 135-143.
- Amor Del, F, M, (2006). Growth, photosynthesis and chlorophyll fluorescence of sweet pepper plants as affected by the cultivation method, *Annals of Applied Biology*, 148 (2): 133-139.
- Deli, J, Matus, Z, Molnár, P, Tóth, G, (2001). Separation and identification of carotenoids from different coloured paprika (*Capsicum annuum*) by reversed-phase high-performance liquid chromatography, *European Food Research and Technology*, 213(4-5), 301-305.
- Deli, J, Matus, Z, Tóth, G (1996). Carotenoid composition in the fruits of *Capsicum annuum* cv, Szentesi Kosszarvú during ripening, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 44(3), 711-716.
- Denre, M, Chakravarty, A, Pal, S, Bhattacharya, A (2013). Changes in some biochemical characteristics in response to foliar applications of chelator and micronutrients in green pungent pepper, *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 5 (2): 25-35.
- Deruère, J, Römer, S., d'Harlingue, A, Backhaus, R, A, Kuntz, M., Camara, B (1994). Fibril assembly and carotenoid overaccumulation in chromoplasts: a model for supramolecular lipoprotein structures, *The Plant Cell*, 6 (1): 119-133.
- DeWitt D, Bosland P, W (2009). Capsaicin and the quest for the world's hottest pepper, Könyv: *The Complete Chile Pepper Book*, Timber Kiadó, London, Nagy-Britannia, 1, kiadás.
- Dias, J, S (2012). Nutritional quality and health benefits of vegetables: a review, *Food and Nutrition Sciences*, 3 (10): 1354.
- Diaz J, Bernal A, Merino F, Barcelo R, A (1998). Phenolic metabolism in *Capsicum annuum* L, *Recent Research Developments in Phytochemistry*, 2: 155-169.

- Diaz-Perez, J, C (2014) Bell Pepper (*Capsicum annum* L.) Crop as Affected by Shade Level: Fruit Yield, Quality, and Postharvest Attributes, and Incidence of Phytophthora Blight (caused by *Phytophthora capsici* Leon.), *HortScience*, 49 (7): 891-900.
- Elad, Y, Messika, Y, Brand, M, David, D, R, Szejnberg, A (2007). Effect of colored shade nets on pepper powdery mildew (*Leveillula taurica*), *Phytoparasitica*, 35 (3): 285-299.
- Elmann, A, Garra, A, Alkalai-Tuvia, S, Fallik, E, (2016). Influence of organic and mineral-based conventional fertilization practices on nutrient levels, anti-proliferative activities and quality of sweet red peppers following cold storage, *Israel Journal of Plant Sciences*, 63 (1): 51-57.
- Estrada, B, Pomar, F, Diaz, J, Merino, F, Bernal, M,A (1998). Effects of mineral fertilization supplementation on fruit development and pungency in Padron peppers, *Journal of Horticultural Science & Biotechnology*, 73 (4): 493-497.
- Etoh, H, Utsunomiya, Y, Komori, A, Murakami, Y, Oshima, S, Inakuma, T (2000). Carotenoids in human blood plasma after ingesting paprika juice, *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry*, 64 (5): 1096-1098.
- Fallik, E, Alkalai-Tuvia, S, Parselan, Y, Aharon, Z, Elmann, A, Offir, Y, Matan E, Yehezkel H, Ratner K, Zur N, Shahak, Y (2009). Can colored shade nets maintain sweet pepper quality during storage and marketing? *Acta Horticulturae*, 830: 37-44.
- FAO Stat 2017, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Ferreira, R, D, C, Bezerra, R, D, S, Rosa, J, Q, (2014). Effects of light intensity modification by reflective aluminized greenhouse on sweet pepper growth and yield, *Engenharia Agrícola*, 34 (4): 626-635.
- Frezza, D, Miquel, A, M, P, Logegaray, V, Leon, A, P, Chiesa, A (2016). Effect Of Light Environment On Harvest Quality And Postharvest Behavior Of Minimally Processed Sweet Pepper, *European Scientific Journal*, 12 (15): 406-417.
- Fujiwake, H, Suzuki, T, Iwai, K (1982). Capsaicinoid formation in the protoplast from the placenta of *Capsicum* fruits, *Agricultural and Biological Chemistry*, 46 (10): 2591-2592.
- Gang, B, G, Kim, H, J, Lee, G, J, Park, S, G (2004). Determination of the optimum application rate of pig slurry for red pepper cultivation, *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 37 (6): 388-395.
- Gao Y, P, He L, L, Chen J,Q, Gao S, Li X,W, Dong X,K (2008). Effects of Shading on Capsaicin and Relevant Enzymes of Fruit in Pepper [J], *Acta Agriculturae Boreali-Sinica*, 3: 33.

- Gent, M, P (2007). Effect of degree and duration of shade on quality of greenhouse tomato, *HortScience*, 42 (3): 514-520.
- Ghasemnezhad, M, M, Sherafati, G, A, Payvast (2011). Variation in phenolic compounds, ascorbic acid and antioxidant activity of five coloured bell pepper (*Capsicum annum*) fruits at two different harvest times, *Journal of Functional Foods*, 3 (1): 44-49.
- Giuffrida, D, Dugo, P, Torre, G, Bignardi, C, Cavazza, A, Corradini, C Dugo, G, (2013). Characterization of 12 *Capsicum* varieties by evaluation of their carotenoid profile and pungency determination, *Food Chemistry*, 140(4), 794-802.
- Glowacz, M, Rees, D (2016). Exposure to ozone reduces postharvest quality loss in red and green chilli peppers, *Food Chemistry*, 210, 305-310.
- Gnayfeed, M, H, Daood H, G, Biacs P, A, Alcaraz C, F (2001). Content of bioactive compounds in pungent spice red pepper (paprika) as affected by ripening and genotype, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81 (15): 1580-1585.
- González-Zamora, A, Sierra-Campos, E, Luna-Ortega, J, G, Pérez-Morales, R, Ortiz, J, C, R, García-Hernández, J, L (2013). Characterization of different *capsicum* varieties by evaluation of their capsaicinoids content by high performance liquid chromatography, determination of pungency and effect of high temperature, *Molecules*, 18 (11): 13471-13486.
- Goren, A, Alkalia-Tuvia, S, Perzelan, Y, Aharon, Z, Fallik, E (2011). Photosensitive shade nets reduce postharvest decay development in pepper fruits, *Advances in Horticultural Science*, 25 (1): 26-31.
- Guang-cheng S, Rui-qi G, Na L, Shuang-en Y, Weng-gang X (2011). Photosynthetic, chlorophyll fluorescence and growth changes in hot pepper under deficit irrigation and partial root zone drying, *Afr, J, Agric, Res*, 6: 4671-4679.
- Guo, X, Hao, X, Khosla, S, Kumar, K, G, S, Cao, R, Bennett, N, (2016). Effect of LED interlighting combined with overhead HPS light on fruit yield and quality of year-round sweet pepper in commercial greenhouse, *Konferencia kiadvány: VIII International Symposium on Light in Horticulture* 1134: 71-78.
- Gurung, T, Techawongstien, S, Suriharn, B, Techawongstien, S, (2012). Stability analysis of yield and capsaicinoids content in chili (*Capsicum* spp.) grown across six environments, *Euphytica*, 187 (1): 11-18.
- Gurung, T, Techawongstien, S, Suriharn, B, Techawongstien, S (2011). Impact of Environments on the Accumulation of Capsaicinoids in *Capsicum* spp, *HortScience*, 46 (12): 1576-1581.

- GREGORY, G, K, CHEN, T, S, PHILIP, T (1987). Quantitative analysis of carotenoids and carotenoid esters in fruits by HPLC: red bell peppers, *Journal of food Science*, 52 (4): 1071-1073.
- Gyúróš J (2009). Étkezési paprika, Könyv: Hodossi S, Kovács A, Terbe I,: Zöldségtermesztés szabadföldön, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 141-142.
- Gyúróš J, Szóriné Z, A (2005). Paprika, Könyv: Terbe I, Hodossi S, Kovács A, Zöldségtermesztés a termesztőberendezésekben, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 134-135.
- Hallmann, E, Rembiałkowska, E (2012). Characterisation of antioxidant compounds in sweet bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under organic and conventional growing systems, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92 (12): 2409-2415.
- Harborne J, B, Williams C, A, (2000). Advances in Flavonoid Research Since, *Phytochemistry*, 55 (6): 481-504.
- Harvell, K, P, Bosland, P, W, (1997). The environment produces a significant effect on pungency of chiles, *HortScience: a publication of the American Society for Horticultural Science*, 32: 1292.
- Hayano-Kanashiro, C, Gámez-Meza, N, Medina-Juárez, L, Á (2016). Wild Pepper *Capsicum annuum* L, var, *glabriusculum*: Taxonomy, Plant Morphology, Distribution, Genetic Diversity, Genome Sequencing, and Phytochemical Compounds, *Crop Science*, 56 (1): 1-11.
- Hanying W, Shenyan S, Zhujun Z, Xinting Y (2001). Effects of high temperature stress on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in sweet pepper (*Capsicum frutescens* L.), *Acta Horticulturae Sinica*, 28: 517-521.
- Helyes, L, Lugasi, A, Pék, Z, (2007). Effect of natural light on surface temperature and lycopene content of vine ripened tomato fruit, *Canadian Journal of Plant Science*, 87 (4): 927-929.
- Helyes, L, Varga, G, (1994). Irrigation demand of tomato according to the results of three decades, *Acta Horticulturae*, 376: 323-328.
- Hernández-Jiménez, A, Gil-Muñoz, R, Ruiz-García, Y, López-Roca, J, M., Martínez-Cutillas, A, Gómez-Plaza, E, (2013). Evaluating the polyphenol profile in three segregating grape (*Vitis vinifera* L.) populations, *Journal of Analytical Methods in Chemistry*, [http://dx.doi.org/10,1155/2013/572896](http://dx.doi.org/10.1155/2013/572896).
- Hornero-Mendez, D, Minguez-Mosquera, M, I, (2000). Xanthophyll esterification accompanying carotenoid overaccumulation in chromoplast of *Capsicum annuum*

- ripening fruits is a constitutive process and useful for ripeness index, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (5): 1617-1617.
- Howard L, R, Talcott S, T, Brenes C, H, Villalon B (2000). Changes in phytochemical and antioxidant activity of selected pepper cultivars (*Capsicum* species) as influenced by maturity, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 (5): 1713-1720.
- Ignat, T, Schmilovitch, Z, Feföldi, J, Bernstein, N, Steiner, B, Egozi, H, Hoffman, A, (2013). Nonlinear methods for estimation of maturity stage, total chlorophyll, and carotenoid content in intact bell peppers, *Biosystems Engineering*, 114 (4): 414-425.
- Ikkonen, E, N, Shibaeva, T, G, Rosenqvist, E, Ottosen, C, O, (2015). Daily temperature drop prevents inhibition of photosynthesis in tomato plants under continuous light, *Photosynthetica*, 53 (3): 389-394.
- Ilić, Z, Milenković, L, Đurovka, M, Kapoulas, N, (2011). The effect of color shade nets on the greenhouse climate and pepper yield, In *Proceedings, 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture*, Opatija, Croatia, 529: 532.
- Ilić, Z, S, Fallik, E (2017). Light quality manipulation improves vegetable quality at harvest and postharvest: A review, *Environmental and Experimental Botany*, 139: 79-90.
- Iqbal, Q, Amjad, M, Asi, M, R, Ariño, A, (2013). Characterization of capsaicinoids and antioxidants in hot peppers as influenced by hybrid and harvesting stage, *Plant Foods for Human Nutrition*, 68 (4): 358-363.
- Iwai K, Suzuki T, Fujiwake H, (1979). Formation and Accumulation of Pungent Principle of Hot Pepper Fruits, Capsaicin and Its Analogues, in *Capsicum annuum* var, *annuum* cv, *Karayatsubusa* at Different Growth Stages after Flowering, *Agricultural and Biological Chemistry*, 43 (12): 2493-2498.
- Jägerbrand, A, K, Kudo, G, (2016). Short-Term Responses in Maximum Quantum Yield of PSII (Fv/Fm) to ex situ Temperature Treatment of Populations of Bryophytes Originating from Different Sites in Hokkaido, Northern Japan, *Plants*, 5 (2): 22.
- Jaimez, R, Rada, F, (2016). Gas exchange, growth, flowering and fruit production in sweet pepper (*C. Chinense* Jacq.) along a thermal gradient determined by altitudinal differences in a tropical region, *Experimental Agriculture*, 52 (2): 251-265.
- Jeeatid N, Techawongstien S, Suriharn B, Bosland P, A, Techawongstien S (2017). Light intensity affects capsaicinoid accumulation in hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) cultivars, *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58 (2): 103–110.

- Jifon J,L, Syvertsen J,P, Whaley E (2005). Growth environment and leaf anatomy affect nondestructive estimates of chlorophyll and nitrogen in citrus sp, leaves, *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 130 (2): 152–158.
- Johnson, C, D, Decoteau, D, R (1996). Nitrogen and potassium fertility affects jalapeño pepper plant growth, pod yield, and pungency, *HortScience*, 31 (7): 1119-1123.
- Jones, R, B, Stefanelli, D, Tomkins, R, B (2014). Pre-harvest and post-harvest factors affecting ascorbic acid and carotenoid content in fruits and vegetables, *Konferencia kiadvány: XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014)*, VI 1106: 31-42.
- Kähkönen, M, P, Heinämäki, J, Ollilainen, V, Heinonen, M, (2003). Berry anthocyanins: isolation, identification and antioxidant activities, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83 (14): 1403-1411.
- Kantar, MB, Anderson JE, Lucht SA, Mercer K, Bernau V, Case KA, Le NC, Frederiksen MK, DeKeyser HC, Wong Z, Hastings JC, Baumler DJ (2016). Vitamin Variation in *Capsicum* Spp, Provides Opportunities to Improve Nutritional Value of Human Diets, 11 (8): 1-12.
- Kawada, T, Iwai K (1985). In vivo and in vitro metabolism of dihydrocapsaicin, a pungent principle of hot pepper, in rats, *Agricultural and Biological Chemistry*, 49 (2): 441–448.
- Keyhaninejad, N, Richins, R, D, O’Connell, M, A (2012). Carotenoid content in field-grown versus greenhouse-grown peppers: different responses in leaf and fruit, *HortScience*, 47 (7): 852-855.
- Kirschbaum-Titze, P, Mueller-Seitz, E, Petz, M (2002). Pungency in paprika (*Capsicum annum*), 2, Heterogeneity of capsaicinoid content in individual fruits from one plant, *Journal of agricultural and food chemistry*, 50 (5): 1264-1266.
- Kim, S, Ha, T, Y, Hwang, I, K, (2009). Analysis, bioavailability, and potential healthy effects of capsanthin, natural red pigment from *Capsicum* spp, *Food Reviews International*, 25 (3), 198-213.
- Kim, J, S, An, C, G, Park, J, S, Lim, Y, P, Kim, S (2016). Carotenoid profiling from 27 types of paprika (*Capsicum annum* L.) with different colors, shapes, and cultivation methods, *Food Chemistry*, 201: 64-71.
- Kim, S, Youl Ha, T, Park, J (2008). Characteristics of pigment composition and colour value by the difference of harvesting times in Korean red pepper varieties (*Capsicum annum*, L.), *International Journal of Food Science & Technology*, 43 (5): 915-920

- Kırnak, H, Gökalp, Z, Demir, H, Kodal, S, Yildirim, E (2016). Paprika Pepper Yield and Quality as Affected by Different Irrigation Levels, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 22 (1): 77-88.
- Kitta, E, Baille, A, D, Katsoulas, N, Rigakis, N, González-Real, M, M (2014). Effects of cover optical properties on greenhouse radiative environment and sweet pepper productivity, *Biosystems Engineering*, 122: 115-126.
- Kong, Y, Avraham, L, Perzelan, Y, Alkalai-Tuvia, S, Ratner, K, Shahak, Y, Fallik, E, (2013). Pearl netting affects postharvest fruit quality in ‘Vergasa’ sweet pepper via light environment manipulation, *Scientia Horticulturae*, 150: 290-298.
- Kozukue, N, Han, J, S, Kozukue, E, Lee, S, J, Kim, J, A., Lee, K, R., Kim J, Lee K,R.,, Levin C, E, Friedman, M (2005). Analysis of eight capsaicinoids in peppers and pepper-containing foods by high-performance liquid chromatography and liquid chromatography– mass spectrometry, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (23): 9172-9181.
- Krga, I, Milenkovic, D, Morand, C, Monfoulet, L, E (2016). An update on the role of nutrigenomic modulations in mediating the cardiovascular protective effect of fruit polyphenols, *Food & Function*, 7 (9): 3656-3676.
- Kumar, O, A, TATA, S, S (2009). Ascorbic acid contents in chili peppers (*Capsicum L.*), *Notulae Scientia Biologicae*, 1 (1): 50-52.
- Kundu, S, Das, A, Ghosh, B (2014). Modulation of pungency and major bioactive compounds in pepper due to agro-climatic discrepancy: a case study with *C. chinense* Bhut Jolokia fruit, *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 7 (2): 294-298.
- Kwon, D, Y, Kim, Y, S, Ryu, S, Y, Cha, M, R, Yon, G, H, Yang, H, J, Kima M, J, Kang S, Park, S (2013). Capsiate improves glucose metabolism by improving insulin sensitivity better than capsaicin in diabetic rats, *The Journal of Nutritional Biochemistry*, 24 (6): 1078-1085.
- Ledó DH (2011). A vándorfólia alatti paprikatermesztés tapasztalatai (Experiences of mobile greenhouse in pepper cultivation) *Zöldség-Gyümölcs Piac és Technológia*, 8: 10-12.
- Lee SK, Kader AA (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops, *Postharvest Biol Technol*, 20: 207-220.
- Legarrea, S, Karnieli, A, Fereres, A, Weintraub, P, G (2010). Comparison of UV-absorbing Nets in Pepper Crops: Spectral Properties, Effects on Plants and Pest Control, *Photochemistry and Photobiology*, 86 (2): 324-330.

- Lekshmi, S, L, Sreelathakumary, I (2016). Evaluation of Paprika (*Capsicum annuum* L.) Accessions for Capsaicin Content and Pungency, Imperial Journal of Interdisciplinary Research, 2 (4): 702-704.
- Lindsay, K, Bosland P,W, (1995). A field study of environmental interaction on pungency, *Capsicum* and Eggplant Newsletters, 14: 36-38.
- Lopez-Marin, J, Galvez, A, Gonzalez,, Egea-Gilabert, C, Fernandez, J, A, (2012). Effect of shade on yield, quality and photosynthesis-related parameters of sweet pepper plants, Konferencia kiadvány: VII International Symposium on Light in Horticultural Systems, 956: 545-552.
- López-Marín, J, González, A, Pérez-Alfocea, F, Egea-Gilabert, C, Fernández, J, A (2013). Grafting is an efficient alternative to shading screens to alleviate thermal stress in greenhouse-grown sweet pepper, Scientia Horticulturae, 149: 39-46.
- Lucarini, M, Lanzi, S, D'Evoli, L, Aguzzi, A, Lombardi-Boccia, G (2006). Intake of vitamin A and carotenoids from the Italian population—results of an Italian total diet study, International journal for vitamin and nutrition research, 76 (3): 103-109.
- Mahendran, S, Bandara, D, C (2000). Effects of soil moisture stress at different growth stages on vitamin C, capsaicin and β -carotene contents of chilli (*Capsicum annuum* L.) fruits and their impact on yield, Tropical Agricultural Research, 12: 95-106.
- Masabni, J, Sun, Y, Niu, G, Del Valle, P, (2016). Shade Effect on Growth and Productivity of Tomato and Chili Pepper, HortTechnology, 26 (3): 344-350.
- Mashabela, M, N, Selahle, K, M, Soundy, P, Crosby, K, M, Sivakumar, D (2015). Bioactive compounds and fruit quality of green sweet pepper grown under different colored shade netting during postharvest storage, Journal of Food Science, 80 (11): 2612-2618.
- Mateos, R, M, Jiménez, A, Román, P, Romojaro, F, Bacarizo, S, Leterrier, Gómez M, Sevilla F, Río L, A, Corpas F, J, Palma, J, M (2013). Antioxidant systems from pepper (*Capsicum annuum* L.): Involvement in the response to temperature changes in ripe fruits, International Journal of Molecular Sciences, 14 (5): 9556-9580.
- Materska, M, Perucka I (2005). Antioxidant activity of the main phenolic compounds isolated from hot pepper fruit (*Capsicum annuum* L.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 53 (5): 1750–1756.
- Matsufuji, H, Nakamura, H, Chino, M, Takeda, M (1998). Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*), Journal of Agricultural and Food Chemistry, 46 (9): 3468-3472.

- Maxwell, K, Johnson, G, N (2000). Chlorophyll fluorescence – a practical guide, *Journal of Experimental Botany*, 51 (345): 659-668.
- Medina-Lara, F, Echevarría-Machado, I, Pacheco-Arjona, R, Ruiz-Lau, N, Guzmán-Antonio, A, Martínez-Estevez, M, (2008). Influence of nitrogen and potassium fertilization on fruiting and capsaicin content in Habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.), *HortScience*, 43 (5): 1549-1554.
- Meir, S, Ronen, R, Lurie, S, Philosoph-Hadas, S (1997). Assessment of chilling injury during storage: chlorophyll fluorescence characteristics of chilling-susceptible and triazole-induced chilling tolerant basil leaves, *Postharvest Biology and Technology*, 10 (3): 213-220.
- Mercado, J, A, Reid, M, S, Valpuesta, V, Quesada, M, A, (1997), Metabolic changes and susceptibility to chilling stress in *Capsicum annuum* plants grown at suboptimal temperature, *Functional Plant Biology*, 24 (6): 759-767,
- Milenkovic, L, Ilic, Z, S, Đurovka, M, Kapoulas, N, Mirecki, N, Fallik, E, (2012). Yield and pepper quality as affected by light intensity using colour shade nets, *Poljoprivreda i Sumarstvo*, 58 (1):19.
- Mokhtar, M, Russo M, Cacciola F, Donato P, Giuffrida D, Riazi A, Farnetti S, Dugo P, Mondello L (2016). Capsaicinoids and Carotenoids in *Capsicum annuum* L. Optimization of the Extraction Method, Analytical Characterization, and Evaluation of its Biological Properties, *Food Analytical Methods*, 9 (5):1381-1390.
- Monsen, E, R (2000). Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids, *Journal of the American Dietetic Association*, 100 (6): 637-640
- Morales-Soto, A, Gómez-Caravaca A, M, García-Salas P, Segura-Carretero A, Fernández-Gutiérrez A (2013). High-performance liquid chromatography coupled to diode array and electrospray time-of-flight mass spectrometry detectors for a comprehensive characterization of phenolic and other polar compounds in three pepper (*Capsicum annuum* L.) samples, *Food Research International*, 51 (2): 977-984.
- Mozafar A (1994) *Plant Vitamins: Agronomic, Physiological and Nutritional Aspects*, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- Mózsik G, J, Szolcsányi, I, Rácz, (2005). Gastroprotection induced by capsaicin in healthy human subjects, *World Journal of Gastroenterology*, 11 (33): 5180-5184.
- Mózsik G, A, Dömötör, T, Past, V, Vas, P, Perjés, M, Kuzma, G, Blazics, J, Szolcsányi, (2009). Chemical taxonomy of the functional parts of the *Capsicums*, In: *Capsaicinoids*, Akadémiai Publishing, Budapest, Hungary.

- Namdeo, AG (2007). Plant cell elicitation for production of secondary metabolites: a review, *Pharmacognosy Reviews*, 1: 69-79.
- Nangare, D, D, Singh, J, Meena, V, S, Bhushan, B, Bhatnagar, P, R, (2015). Effect of green shade nets on yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) in semi-arid region of Punjab, *Asian Journal Advances in Basic and Applied Science*, 1: 1-8.
- Nankishore, A, Farrell, A, D (2016). The response of contrasting tomato genotypes to combined heat and drought stress, *Journal of Plant Physiology*, 202: 75-82.
- Núñez-Gastélum, J, A, Alvarez-Parrilla, E (2015). Effect of the smoking process and firewood type in the phytochemical content and antioxidant capacity of red Jalapeño pepper during its transformation to chipotle pepper, *Nutrients*, 2 (12): 1231–1246.
- Ombódi, A., Z, Pék, P, Szuvandzsiev, Z, Taskovics, A, Kőházi-Kis, A, Kovács, H, Ledó-Darázsi, L, Helyes, (2015), Effects of External Coloured Shade Nets on Sweet Peppers Cultivated in Walk-in Plastic Tunnels, *otulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 43 (2): 398-403.
- Ombódi, A, Pék, Z, Szuvandzsiev, P, Lugasi, A, Ledóné Darázsi, H, Helyes, L (2016). Effect of coloured shade nets on some nutritional characteristics of a kapia type pepper grown in plastic tunnel, *Columella: Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 3 (2): 25-33.
- Osuna-García, J, A, Wall M,M, Waddell C,A (1998). Endogenous levels of tocopherols and ascorbic acid during fruit ripening of New Mexican-type chile (*Capsicum annuum* L.) cultivars, *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46 (12): 5093-5096.
- Ornelas-Paz de Jesús, J, Martínez-Burrola, J, M, Ruiz-Cruz, S, Santana-Rodríguez, V, Ibarra-Junquera, V, Olivas, G, I, Pérez-Martínez, J, D (2010). Effect of cooking on the capsaicinoids and phenolics contents of Mexican peppers, *Food Chemistry*, 119 (4): 1619-1625.
- Otha Y (1960) Physiological and genetical studies on the pungency of *Capsicum*, II, Pungency under various growing conditions, *Rep, Kihara, Inst, Biol, Res*, 11: 73-74.
- Pacheco FV, Alvarenga ICA, Ribeiro Junior PM, Pinto JEBP, Avelar RDP, Alvarenga AA (2014) Growth and production of secondary compounds in monkey-pepper (*Piper aduncum* L.) leaves cultivated under altered ambient light, *Aust J Crop Sci*, 8:1510-1516.
- Padrón, R, A, R, Guedes, J, V, C, Swarowsky, A, Nogueira, C, U, Cerquera, R, R, Díaz-Pérez, J, C (2015). Supplemental irrigation levels in bell pepper under shade mesh and

- in open-field: Crop coefficient, yield, fruit quality and water productivity, *African Journal of Agricultural Research*, 10 (44): 4117-4125.
- Paine J A, Catherine A Shipton, Sunandha Chaggar, Rhian M Howells, Mike J Kennedy, Gareth Vernon, Susan Y Wright, Edward Hinchliffe, Jessica L Adams, Aron L Silverstone, Rachel Drake (2005). Improving the nutritional value of Golden Rice through increased pro-vitamin A content, *Nature biotechnology*, 23 (4): 482-487.
- Palotás Gábor, szóbeli közlése, III, *Magyar Paprika Napja*, 2014,08,29, Szentes
- Pandey, H, K, Pandey V, Pant T, Ahmed Z, (2010). Variation of capsaicinoids in chilli (*Capsicum frutescens* L.) cultivars with the maturity of fruits in middle hill conditions of western Himalayas, *International Journal of Green Pharmacy*, 4 (3): 178-182.
- Pék, Z, Szuvandzsiev, P, Nemenyi, A, Helyes, L, Lugasi, A (2011). The effect of natural light on changes in antioxidant content and color parameters of vine-ripened tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruits, *HortScience*, 46 (4): 583-585.
- Penella, C, Nebauer, S, G, López-Galarza, S, San Bautista, A, Rodriguez-Burruezo, A, Calatayud, A (2014). Evaluation of some pepper genotypes as rootstocks in water stress conditions, *Horticultural Science*, 41 (4): 192-200.
- Prakash, U, N, Srinivasan, K (2013). Enhanced intestinal uptake of iron, zinc and calcium in rats fed pungent spice principles—Piperine, capsaicin and ginger (*Zingiber officinale*), *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*, 27 (3): 184-190.
- Pressman E, Shaked R, Firon N (2006). Exposing pepper plants to high day temperatures prevents the adverse low night temperature symptoms, *Physiologia Plantarum*, 126: 618–626.
- Pundir, R, Rani, R, Tyagi, S, Pundir, P (2016). Advance review on nutritional phytochemical pharmacological and antimicrobial properties of chili, *International Journal of Ayurveda and Pharma Research*, 4 (4): 53-59.
- Rahman, M, J, Inden, H (2012). Effect of nutrient solution and temperature on capsaicin content and yield contributing characteristics in six sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars, *Journal of Food Agriculture & Environment*, 10 (1): 524-529.
- Rao, S, R, Ravishankar, G, A. (2002). Plant cell cultures: chemical factories of secondary metabolites, *Biotechnology Advances*, 20 (2): 101-153.
- Reddy, D,M,V,B, Sasikala P (2013). Capsaicin and colour extraction from different varieties of green and red chilli peppers of Andhrapradesh, *International Journal of Advanced Scientific and Technical Research*, 3: 554-572.
- Ribaya-Mercado, J, D, Blumberg, J, B, (2004). Lutein and zeaxanthin and their potential roles in disease prevention, *Journal of the American College of Nutrition*, 23: 567-587.

- Rigakis, N, Katsoulas, N, Belitsiotis, P, Kittas, C, Bartzanas, T (2013). Pepper crop production under shading and insect proof screenhouses, Konferencia kiadvány: International Symposium on New Technologies for Environment Control, Energy-Saving and Crop Production in Greenhouse and Plant, 1037: 599-604.
- Russo, V, M, Howard, L, R (2002). Carotenoids in pungent and non-pungent peppers at various developmental stages grown in the field and glasshouse, Journal of the Science of Food and Agriculture, 82 (6): 615-624.
- Rylski, I, Halevy, A, H (1973). Optimal environment for set and development of sweet pepper fruit, Konferencia kiadvány: Cultivation of Vegetables under Protection in the Mediterranean Regions, 42: 55-62.
- Sakaldas, M, Kaynas, K (2015). Biochemical and quality parameters changes of green sweet bell peppers as affected by different postharvest treatments, African Journal of Biotechnology, 9 (48): 8174-8181.
- Sanatombi, K, Sharma, G, J. (2008). Capsaicin content and pungency of different *Capsicum* spp, cultivars, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 36 (2): 89-90.
- Sánchez-Rodríguez, C, Martín-Sanz, E, Cuadrado, E, Granizo, J, J, Sanz-Fernández, R (2016). Protective effect of polyphenols on presbycusis via oxidative/nitrosative stress suppression in rats, Experimental Gerontology, 83: 31-36.
- Sasser, M, Andrews, A, K, Doganay, Z, U (1974). Inhibition of photosynthesis diminishes antibacterial action of pepper plants, Phytopathology, 64: 770-772.
- Sato K, Sasaki SS, Goda Y, Yamada T, Nunomura O, Ishikawa K, Maitani T (1999). Direct connection of supercritical fluid extraction and supercritical fluid chromatography as a rapid quantitative method for capsaicinoids in placentas of *Capsicum*, Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47 (11): 4665-4668.
- Sauberlich H, E (1994). Pharmacology of vitamin C, Annual Review of Nutrition 14 (1): 371-391.
- Schweiggert, U, Carle, R, Schieber, A (2006). Characterization of major and minor capsaicinoids and related compounds in chili pods (*Capsicum frutescens* L.) by high-performance liquid chromatography/atmospheric pressure chemical ionization mass spectrometry, Analytica Chimica Acta, 557 (1): 236-244.
- Selahle, K, M, Sivakumar, D, Jifon, J, Soundy, P (2014). Postharvest responses of red and yellow sweet peppers grown under photo-selective nets, Food Chemistry, 173: 951-956.

- Semba, R, D (1994). Vitamin A, immunity, and infection, *Clinical Infectious Diseases*, 19 (3): 489-499.
- Serrano-Martínez, A, del Amor, F, Fortea, M, I, Lucas-Abellán, C, López-Miranda, S, Núñez-Delgado, E (2014). Effect of plant age and saline water on antioxidant and peroxidase activity in sweet pepper fruit, *Journal of Agricultural Science*, 6 (12): 139-151.
- Shaha, R, K, Rahman S, Asrul A (2013). Bioactive compounds in chilli peppers (*Capsicum annuum* L.) at various ripening (green, yellow and red) stages, *Annals of Biological Research*, 4 (8): 27-34.
- Shahak, Y (2008). Photo-selective netting for improved performance of horticultural crops, A review of ornamental and vegetable studies carried out in Israel *Acta Horticulturae*, 770: 161–168.
- Shibaeva, T, G, Markovskaya, E, F, Ikkonen, E, N, Sherudilo, E, G (2015). Control of continuous irradiation injury on tomato plants with a temperature drop: Effectiveness evaluation, *Russian Agricultural Sciences*, 41 (6): 419-422.
- Son KH, Oh MM (2015). Growth, photosynthetic and antioxidant parameters of two lettuce cultivars as affected by red, green, and blue light-emitting diodes, *Hortic, Environ, Biotechnol*, 56: 639-653.
- Srinivasulu, B, Madhumathi, C, Tirupal, D (2015). Evaluation of Certain Varieties and Hybrids of *Capsicum* for Quality Attributes under Shade Net, *Journal of Horticulture*, 2 (1): 1-3.
- Stamps, R, H (2009) Use of colored shade netting in horticulture, *HortScience*, 44 (2): 239-241.
- Stone, I (1972). The natural history of ascorbic acid in the evolution of the mammals and primates and its significance for present-day man, *Orthomolecular Psychiatry*, 1 (2-3): 82-89.
- Sui, N (2015). Photoinhibition of Suaeda salsa to chilling stress is related to energy dissipation and water-water cycle, *Photosynthetica*, 53 (2): 207-212.
- Sung, Y, Chang Y, Y, Ting, N, L (2005). Capsaicin biosynthesis in water-stressed hot pepper fruits, *Botanical bulletin of Academia Sinica*, 46: 35-42.
- Supalkova, V, Stavelikova, H, Krizkova, S, Adam, V, Horna, A, Havel, L, Ryant P, Babula P, Kizek, R (2007). Study of capsaicin content in various parts of pepper fruit by liquid chromatography with electrochemical detection, *Acta Chimica Slovenica*, 54 (1): 55-59.

- Svirbely, J, L, Szent-Györgyi, A (1933). The chemical nature of vitamin C, *Biochemical Journal*, 27 (1): 279.
- Swint, J, M, Beining, K, M, Bryant, J, A, Tucker, R, M, Ludy, M, J (2015). Comparison of Capsaicin and Capsiate's Effects at a Meal, *Chemosensory Perception*, 8 (4): 174-182.
- Snyder LR, Kirkland JJ, Dolan JW (2011). In: Snyder LR, Kirkland JJ (ed.) *Introduction to modern liquid chromatography*, 2nd edition, John Wiley & Sons Inc, New York, Chichester, Brisbane, Toronto
- Suzuki, K, Mori, M, Ishikawa, K, Takizawa, K, Nunomura, O (2007). Carotenoid composition in mature *Capsicum annuum*, *Food science and technology research*, 13 (1): 77-80.
- Szent-Györgyi, A, V, Haworth, W, N (1933). Hexuronic acid' (ascorbic acid) as the antiscorbutic factor, *Nature*, 131 (3297): 24.
- Tewksbury, J, J, Mancho, C, Haak, D, C, Levey, D, J (2006). Where did the chili get its spice? Biogeography of capsaicinoid production in ancestral wild chili species, *Journal of Chemical Ecology*, 32 (3): 547-564.
- Tinyane PP, Sivakumar D, Soundy P (2013). Influence of photo-selective netting on fruit quality parameters and bioactive compounds in selected tomato cultivars, *Sci Hort*, 161: 340-349.
- Tomes, M, L (1963). Temperature inhibition of carotene synthesis in tomato, *Botanical Gazette*, 124 (3): 180-185.
- Tian, S, L, Lu, B, Y, Gong, Z, H, Shah, S, N, M (2014). Effects of drought stress on capsanthin during fruit development and ripening in pepper (*Capsicum annuum* L.), *Agricultural Water Management*, 137: 46-51.
- Topuz A, Ozdemir F (2007). Assessment of carotenoids, capsaicinoids and ascorbic acid composition of some selected pepper cultivars (*Capsicum annuum* L.) grown in Turkey, *J, Food Comp, Anal*, 20: 596-602,
- Tsao, R (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols, *Nutrients*, 2 (12): 1231-1246.
- Valiente-Banuet, J, I, Gutiérrez-Ochoa, A (2016). Effect of Irrigation Frequency and Shade Levels on Vegetative Growth, Yield, and Fruit Quality of Piquin Pepper (*Capsicum annuum* L. var. *glabriusculum*), *HortScience*, 51 (5): 573-579.
- Van Goethem D, Smedt S De, Valecke R, Potters G, Samson R (2013). Seasonal, diurnal and vertical variation of chlorophyll fluorescence on *Phyllostachys humilis* in Ireland, *Plos one*, 8: 72145.
- Wachtel R, E (1999). Capsaicin, *Regional Anesthesia and Pain Medicine*, 24 (4): 361.

- Wall, M, M, Waddell, C, A, Bosland, P, W (2001). Variation in β -carotene and total carotenoid content in fruits of *Capsicum*, HortScience, 36 (4): 746-749.
- Wheeler, G, L, Jones M, A, Smirnoff N (1998). The biosynthetic pathway of vitamin C in higher plants, Nature, 393 (6683): 365-369.
- Wood J, N, Winter J, James I, F, Rang H, Yeats J, Bevan S (1988). Capsaicin-induced ion fluxes in dorsal root ganglion cells in culture, The Journal of Neuroscience 8 (9): 3208-3220.
- Xin X, Fan R, Gong Y, Yuan F, Gao Y (2014). On-line HPLC-ABTS•+ evaluation and HPLC-MS n identification of bioactive compounds in hot pepper peel residues, European Food Research and Technology, 238 (5): 837-844.
- Yang, H, J, Kwon, D, Y, Kim, M, J, Kang, S, Moon, N, R, Daily, J, W, Park, S (2015). Red peppers with moderate and severe pungency prevent the memory deficit and hepatic insulin resistance in diabetic rats with Alzheimer's disease, Nutrition & Metabolism, 12 (1): 1-12.
- Yang, H, J, Kwon, D, Y, Kim, M, J, Kim, D, S, Kang, S, Shin, B, K, Park, S (2014). Red peppers with different pungencies and bioactive compounds differentially modulate energy and glucose metabolism in ovariectomized rats fed high fat diets, Journal of Functional Foods, 7: 246-256.
- Yoo, S, Y, Park, J, Y, Lee, D, W, Woo, S, H, Ko, T, S, Kim, T, W (2014). Chlorophyll a fluorescence imaging analysis in air-drying stressed sorghum (*Sorghum bicolor* L.) leaf, International Journal of Advanced Agricultural Science and Technology, 3 (1): 58-66.
- Yuzhu, H, Xiaomei, W, Shuyao, S (2011). Nitrogen determination in pepper (*Capsicum frutescens* L.) plants by color image analysis (RGB), African Journal of Biotechnology, 10 (77): 17737-17741.
- Wink M (1988) Plant breeding: importance of plant secondary metabolites for protection against pathogens and herbivores, Theoretical and Applied Genetics, 75 (2): 225-233.
- Zahra N, Alim-un-Nisa IK, Hina S, Javed A, Inam SM, Malik SM, Arshad F (2016). Estimation of capsaicin in different chilli varieties using different Extraction Techniques and HPLC method: A Review, Pakistan Journal of Food Sciences, 26 (1): 54-60.
- Zatykó F, (1994). Fűszerpaprika, In: BALÁZS S, (szerk.) Zöldségtermesztők kézikönyve, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 234.
- Zamudio-Moreno, E, Echevarría-Machado, I, de Fátima Medina-Lara, M, Calva-Calva, G, de Lourdes Miranda-Ham, M, Martínez-Estévez, M, (2014). Role of peroxidases in

- capsaicinoids degradation in habanero pepper (*Capsicum chinense* Jacq.) plants grown under water deficit conditions, *Australian Journal of Crop Science*, 8 (3): 448.
- Zewdie, Y, Bosland, P, W (2000). Evaluation of genotype, environment, and genotype-by-environment interaction for capsaicinoids in *Capsicum annuum* L. *Euphytica*, 111 (3): 185-190.
- Zhani, K, Ben, F, M, Mani, F, Hannachi, C (2012). Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.), *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, 8 (4): 236-252.
- Zhu, J, J, Qiang, P, E, N, G, Liang, Y, L, Xing, W, U, Hao, W, L (2012). Leaf gas exchange, chlorophyll fluorescence, and fruit yield in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) grown under different shade and soil moisture during the fruit growth stage, *Journal of Integrative Agriculture*, 11 (6): 927-937.
- Zhu, Y, Wang, M, Zhang, J, Peng, W, Firempong, C, K, Deng, W, Qilong W, Shicheng W, F, ShiJiangnan Y,X, Xu, X (2015). Improved oral bioavailability of capsaicin via liposomal nanoformulation: preparation, in vitro drug release and pharmacokinetics in rats, *Archives of Pharmacal Research*, 38 (4): 512-521.
- Ziino M, Condurso C, Romeo V, Tripodi G, Verzera A (2009). Volatile compounds and capsaicinoid content of fresh hot peppers (*Capsicum annuum* L.) of different calabrian varieties, *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89 (5): 774–780.

Internetes források

http 1: <https://fruitveb.hu/>

http2: <http://agrargazat.hu/cikk/magyar-fuszertprika-kivitelének-es-behozatalának-konvergalasa>

http 3: <http://www.eastwestseed.com/>

http 4: www.egc.com

8.2. M2 (Táblázatok)

Függelék 1. táblázat Diódasoros detektorral 440-470 nm-en azonosított karotinoid komponensek 'Fire Flame' chili paprikában.

| | Retenció | | Spektrum | | Azonosítás |
|----|----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|
| | idő | | | | |
| 1 | 6,78 | 411 | 442 | 469 | 6-epicarboxantin |
| 2 | 7,43 | 446 | 443 | 473 | kapszorubin |
| 3 | 8,04 | 419 | 443 | 473 | kukurbitaxantin b |
| 4 | 8,36 | 415 | 438 | 468 | violaxantin |
| 5 | 8,75 | 424 | 418 (448) | 471 (495) | luteoxantin + kapszantin epoxid |
| 6 | 9,3 | 450 | 470 | 495 | kapszantin |
| 7 | 9,91 | 416 | 438 | 468 | cyclo-violaxantin |
| 8 | 10,4 | 402 | 428 | 454 | mutatoxantin |
| 9 | 10,86 | 419 | 445 | 472 | anteraxantin |
| 10 | 11,22 | 423 | 450 | 477 | zeaxantin |
| 11 | 11,7 | 420-30 | 443 | 472 | oxolutein |
| 12 | 12,99 | 451 | 472 | -494 | kapszantin epoxid ME 1 |
| 13 | 13,3 | 451 | 472 | -494 | kapszantin epoxid ME 2 |
| 14 | 13,8 | 419 | 447 | 472 | kukurbitaxantin b ME 1 |
| 15 | 14 | 402 | 430 | 452 | mutatoxantin ME 1 |
| 16 | 14,26 | 421 | 441 | 469 | violaxantin ME 1 |
| 17 | 14,8 | 454 | 471 | 511 | kapszorubin ME 1 |
| 18 | 15,18 | 450 | 473 | -503 | kapszorubin ME 2 |
| 19 | 15,56 | 418 | 441 | 470 | cyclo-violaxantin ME 1 |
| 20 | 15,8 | 418 | 441 | 470 | cyclo-violaxantin ME 2 |
| 21 | 16,09 | 448 | 474 | 499 | kapszantin ME 3 |
| 22 | 16,4 | 452 | 474 | | kapszorubin ME /cryptokapszin? |
| 23 | 16,67 | 420 | 446 | 470 | kukurbitaxantin ME 2 |
| 24 | 17,13 | 420 | 446 | 470 | kukurbitaxantin ME 3 |
| 25 | 17,38 | 0 | 473 | 0 | kapszantin ME 4 |
| 26 | 17,67 | 0 | 473 | 0 | kapszantin ME 5 |
| 27 | 17,94 | 420 | 445 | 470 | kukurbitaxantin b ME 4 |
| 28 | 18,4 | 418 | 440 | 468 | cycloviolaxantin ME 3 |
| 29 | 18,7 | 432 | 456 | -493 | capsolutein ME 1 |
| 30 | 18,99 | | 453 | 473 | cryptocapsin ME 2 |
| 31 | 19,33 | (360) 419 | 443 | 470 | cis-cryptokapszin 1 |
| 32 | 19,45 | 424 | 448 | 474 | anteraxantin ME 1 |
| 33 | 20,25 | 403 | 428 | 453 | mutatoxantin ME 2 |
| 34 | 20,64 | 422 | 446 | 474 | anteraxantin ME 3 |
| 35 | 21,33 | 424 | 470 | 477 | zeaxantin ME 1 |
| 36 | 21,7 | 420 | 446 | 473 | cis-zeaxantin ME 1 |
| 37 | 22 | 450 | 477 | 514 | kapszorubin DE 1 |
| 38 | 22,65 | 421 | 446 | 474 | anteraxantin ME 2 |
| 39 | 23,44 | 424 | 451 | 478 | zeaxantin ME 2 |

| | | | | | |
|----|-------|----------|---------------|--------|------------------------|
| 40 | 23,9 | 453 | 479 | 513 | kapszorubin DE 2 |
| 41 | 24,8 | 440 | 469 | 502 | kapszantin epoxid DE 1 |
| 42 | 25,3 | 424 | 453 | 471-81 | β -karotin |
| 43 | 25,72 | 450 | 460, 470, 480 | 513 | kapszorubin DE 3 |
| 44 | 26,5 | 473 | 500 | | kapszantin DE 1 |
| 45 | 27,11 | 342, 448 | 475 | 511 | cis-kapszorubin DE 1 |
| 46 | 27,46 | 450 | 480 | 511 | cis-kapszorubin DE 2 |
| 47 | 28,3 | | 473 | -495 | kapszantin DE 2 |
| 48 | 28,7 | 428 | 452 | 481 | zeaxantin DE 1 |
| 49 | 29,59 | 422 | 442 | 472 | kukurbitaxantin DE 1 |
| 50 | 30,44 | | 472 | 494 | kapszantin DE3 |
| 51 | 31,2 | 425 | 454 | 482 | zeaxantin DE 3 |
| 52 | 31,9 | 419 | 445 | 474 | anteraxantin DE 1 |
| 53 | 32,9 | | 473 | 494 | kapszantin DE 3 |
| 54 | 34,12 | 425 | 453 | 481 | zeaxantin DE 4 |
| 55 | 34,7 | 425 | 453 | 481 | zeaxantin DE 5 |
| 56 | 35,87 | | 472 | 494 | kapszantin DE 4 |
| 57 | 37,9 | 426 | 452 | 481 | zeaxantin DE 5 |
| 58 | 38,9 | 403 | 429 | 454 | mutatoxantin DE 1 |
| 59 | 41,65 | 425 | 451 | 480 | zeaxantin DE 6 |

Függelék 2. táblázat, Érés dinamikai vizsgálat eredmények statisztikai mutatói kapszaicinoid komponensekre, C-vitaminra és karotinoid+klorofil tartalomra (7 genotípus).

| | Jalapeno | | C3735 | | Lolo | | Bandai | | Beibeihong | Genotípus |
|---------------|-----------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|-------------------|----------------------------|
| p-ért. | F-ért. | p-ért. | F-ért. | p-ért. | F-ért. | p-ért. | F-ért. | p-ért. | F-ért. | Mutató |
| 0,001 | 23,77 | 0,003 | 17,39 | 0,146 | 2,69 | 0,007 | 8,59 | 0,626 | 0,61 | NDC |
| <0,001 | 48433 | 0,011 | 10,5 | 0,122 | 3,05 | 0,001 | 18,93 | 0,302 | 1,44 | CAP |
| <0,001 | 40765 | 0,003 | 17,58 | 0,516 | 0,74 | 0,011 | 7,4 | 0,394 | 1,12 | DC |
| <0,001 | 55103 | - | - | 0,008 | 12,12 | 0,027 | 5,27 | 0,025 | 5,41 | HCAP1 |
| - | - | 0,125 | 3 | 0,001 | 29,94 | <0,001 | 22,7 | 0,158 | 2,26 | HCAP2 |
| 0,001 | 24774 | 0,005 | 15,03 | 0,467 | 0,86 | 0,02 | 5,95 | 0,032 | 4,89 | HDC1 |
| 0,001 | 24258 | 0,053 | 5 | 0,159 | 2,54 | 0,018 | 6,1 | 0,464 | 0,94 | HDC2 |
| 0,026 | 7,129 | <0,001 | 449,65 | 0,001 | 28,57 | <0,001 | 30,09 | <0,001 | 19,74 | C-vitamin |
| <0,001 | 320,001 | <0,001 | 88,03 | <0,001 | 377,54 | <0,001 | 164,267 | <0,001 | 201,497 | Karotinoid+Klorofil |

| | Star Flame | | Fire Flame |
|---------------|-------------------|---------------|-------------------|
| p-ért. | F-ért. | p-ért. | F-ért. |
| 0,004 | 16198 | 0,065 | 2605 |
| 0,003 | 17812 | <0,001 | 34180 |
| 0,008 | 12077 | <0,001 | 20662 |
| 0,020 | 8006 | 0,020 | 5906 |
| - | - | - | - |
| 0,004 | 15349 | 0,001 | 16887 |
| 0,021 | 7795 | 0,010 | 7696 |
| <0,001 | 1094,84 | <0,001 | 246,07 |
| <0,001 | 56,002 | <0,001 | 177,484 |

Függelék 3. táblázat. Érés dinamikai vizsgálat eredmények statisztikai mutatói polifenol komponenekre (4 genotípus).

| | Lolo | Bandai | | Beibeihong | Genotípus |
|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|------------------------|
| p-érték | F-érték | F-érték | p-érték | F-érték | Mutató |
| <0,001 | 42,59 | 1,05 | <0,001 | 21,88 | vanilliasav-szármaszék |
| <0,001 | 836,79 | 19,03 | <0,001 | 390,61 | katechin |
| 0,003 | 17,35 | 23,73 | 0,01 | 7,54 | naringenin-diglükozid |
| <0,001 | 37,55 | 1,15 | 0,02 | 13,47 | luteolin-rutinozid |
| 0,007 | 12,72 | 33,24 | <0,001 | 23,64 | queretin-glükozid |
| 0,032 | 6,49 | 22,39 | 0,01 | 7,62 | queretin-rhamnoside |
| <0,001 | 108,95 | 13,41 | 0,071 | 3,45 | luteolin-glükozid |
| <0,001 | 113,35 | 38,7 | <0,001 | 20,45 | myricetin |
| - | - | 28,15 | <0,001 | 79,18 | kaempferol-szármaszék |

| | | | | | | | | | | |
|--------------|----------------|-------|--------|-------|------|-------|------|------|--------|-------|
| C3735 | F-érték | 13,06 | 157,47 | 8,32 | 0,44 | 2,84 | 0,95 | 1,99 | 48,91 | 6,007 |
| | p-érték | 0,007 | <0,001 | 0,019 | 0,66 | 0,135 | 0,44 | 0,12 | <0,001 | 0,07 |

Függelék 4. táblázat. Diódasoros detektorral 440-460 nm-en azonosított karotinoid komponensek ‘Star Flame’ chili paprikában.

| Retenció idő | Spektrum | | | Azonosítás |
|---------------------|-----------------|----------|-----|--------------------|
| 7,25 | 417 | 440 | 469 | - |
| 7,63 | 419 | 444 | 472 | cucurbitaxanthin-a |
| 7,96 | 411 | 432, 436 | 463 | neoxanthin |
| 8,40 | 417 | 438 | 469 | violaxanthin |
| 8,91 | 400 | 419 | 447 | luteoxanthin |
| 9,95 | 418 | 442 | 471 | cucurbitaxanthin-b |
| 10,50 | 402 | 427 | 451 | mutatoxanthin |
| 11,10 | 420 | 443 | 472 | lutein |
| 11,49 | (340) 421 | 445 | 473 | cis-zeaxanthin |
| 12,37 | (340) 414 | 438 | 467 | 9-cis-lutein |
| 12,90 | (340) 412 | 437 | 465 | 13-cis-lutein |
| 14,60 | 416 | 438 | 469 | violaxanthin ME 1 |
| 15,16 | 417 | 436 | 468 | violaxanthin ME 2 |
| 15,80 | 419 | 438 | 469 | violaxanthin ME 3 |
| 16,16 | 420 | | 660 | chlorophyll |
| 17,03 | 419 | 441 | 469 | lutein epoxid ME 1 |
| 17,56 | 402 | 423 | 447 | lutoxanthin ME 1 |
| 18,35 | 418 | 441 | 469 | violaxanthin ME 4 |
| 19,10 | 421 | 443 | 472 | lutein ME 1 |
| 20,73 | 419 | 445 | 472 | lutein ME 1 |
| 23,81 | 417 | 437 | 467 | violaxanthin ME 5 |
| 25,00 | 423 | 448 | 475 | β-carotene |
| 25,60 | 416 | 438 | 467 | violaxanthin DE 1 |
| 27,30 | 417 | 438 | 469 | violaxanthin DE 2 |
| 29,13 | 415 | 440 | 469 | violaxanthin DE 3 |
| 30,50 | (342) 418 | 441 | 473 | lutein DE 1 |
| 31,30 | 417 | 438 | 469 | lutein DE 2 |
| 32,90 | 418 | 443 | 472 | lutein DE 3 |
| 35,74 | (340) 419 | 447 | 473 | antheroxanthin DE |
| 29,00 | 414 | 441 | 471 | lutein DE 4 |

Függelék 5. táblázat. Statisztikai mutatók összegzése a színes árnyékoló hálók és szedés idők hatása függvényében karotinoid funkcionális csoportokra, 2014-ben szabadföldön nevelt ‘Fire Flame’ bogyókra.

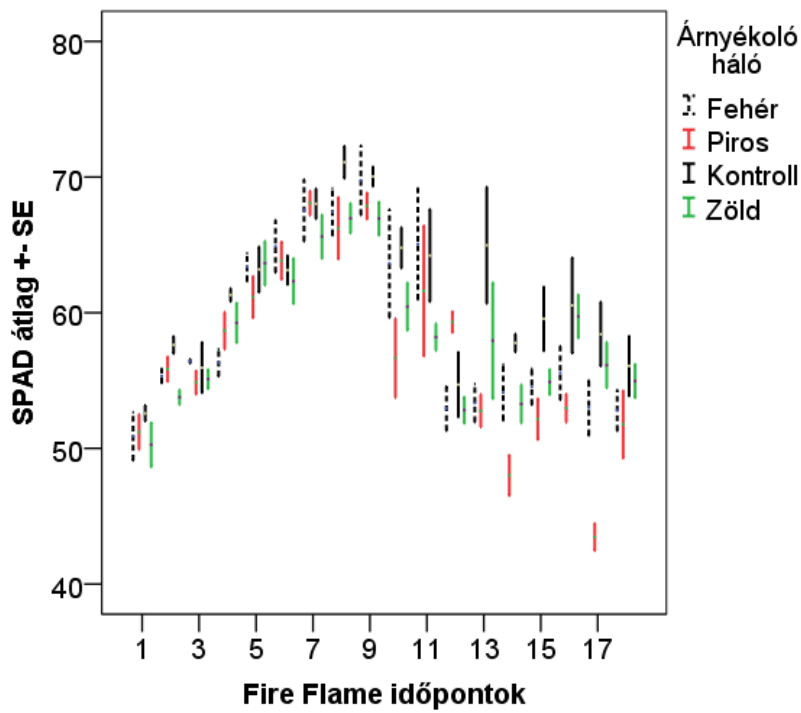
| Karotinoid csoportok | árnyékolás | | szedés idő | | árnyékolás × szedés | |
|----------------------|------------|---------|------------|---------|---------------------|---------|
| | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték |
| piros szabad | 5,70 | 0,004 | 57,42 | <0,001 | 0,55 | 0,653 |
| piros ME | 3,31 | 0,037 | 3,382 | 0,062 | 0,08 | 0,969 |
| piros DE | 10,68 | <0,001 | 5,20 | 0,032 | 0,39 | 0,761 |
| Összpiros | 8,65 | <0,001 | 2,44 | 0,131 | 0,21 | 0,887 |
| Össz kapszantin | 7,758 | 0,001 | 0,496 | 0,488 | 0,126 | 0,944 |
| Piros DE/ME | 1,67 | 0,20 | 0,16 | 0,69 | 0,23 | 0,876 |
| Sárgaszabad | 0,71 | 0,557 | 2,19 | 0,152 | 0,86 | 0,476 |
| Sárga ME | 4,32 | 0,014 | 7,57 | 0,011 | 0,49 | 0,695 |
| Sárga xant, DE | 6,96 | 0,002 | 42,00 | <0,001 | 0,22 | 0,884 |
| Összsárga | 5,07 | 0,007 | 13,37 | <0,001 | 0,28 | 0,838 |
| β-karotinoid | 4,27 | 0,015 | 37,51 | <0,001 | 0,04 | 0,989 |
| Összeaxanthin | 6,511 | 0,002 | 35,186 | <0,001 | 0,312 | 0,816 |
| Sárga DE/ME | 1,77 | 0,179 | 50,23 | <0,001 | 0,80 | 0,508 |
| Összkarotinoid | 8,62 | <0,001 | 8,69 | 0,007 | 0,18 | 0,907 |
| piros/sárga | 0,33 | 0,803 | 8,89 | 0,006 | 0,45 | 0,723 |

Függelék 6. táblázat. Statisztikai mutatók összegzése a színes árnyékoló hálók és szedés idők hatása függvényében karotinoid funkcionális csoportokra, 2014-ben Soroksári fóliában nevelt ‘Fire Flame’ bogyókra.

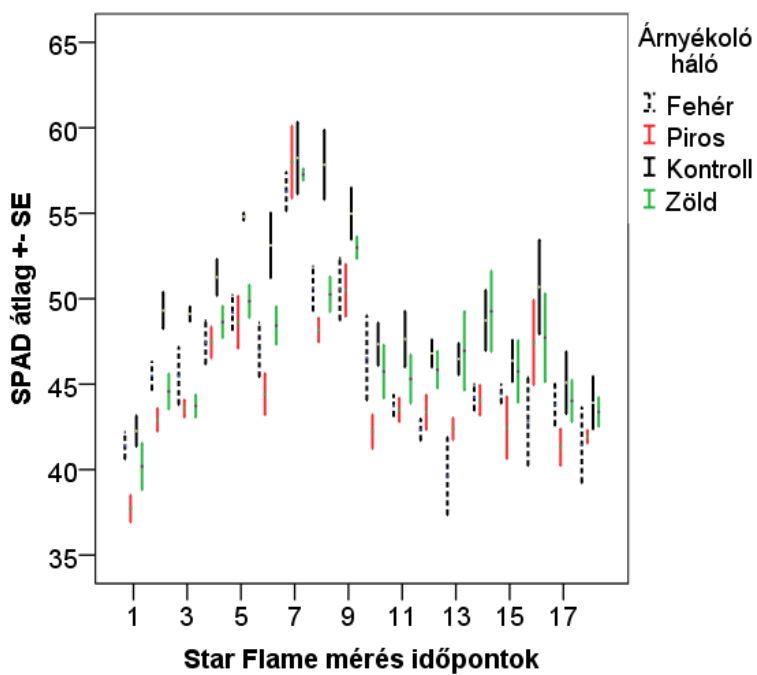
| Karotinoid csoportok | árnyékolás | | szedés idő | | árnyékolás × szedés | |
|----------------------|------------|---------|------------|---------|---------------------|---------|
| | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték |
| piros szabad | 5,846 | 0,002 | 44,983 | <0,001 | 0,412 | 0,866 |
| piros ME | 6,597 | 0,001 | 62,709 | <0,001 | 0,345 | 0,908 |
| piros DE | 10,341 | <0,001 | 11,259 | <0,001 | 0,566 | 0,754 |
| összkapszantin | 10,365 | <0,001 | 30,489 | <0,001 | 0,291 | 0,937 |
| összpiros | 8,939 | <0,001 | 32,954 | <0,001 | 0,290 | 0,938 |
| sárga szabad | 4,327 | 0,011 | 42,326 | <0,001 | 0,524 | 0,786 |
| sárga ME | 6,644 | 0,001 | 1,661 | 0,204 | 0,889 | 0,513 |
| sárga DE | 9,583 | <0,001 | 22,950 | <0,001 | 1,280 | 0,291 |
| összlutein | 5,286 | 0,004 | 67,138 | <0,001 | 0,638 | 0,699 |
| összeaxantin | 14,576 | <0,001 | 14,868 | <0,001 | 0,928 | 0,487 |
| β-karotinoid | 5,392 | 0,004 | 325,619 | <0,001 | 8,337 | <0,001 |
| összsárga | 7,892 | <0,001 | 13,213 | <0,001 | 1,415 | 0,236 |
| Összkarotinoid | 9,110 | <0,001 | 16,301 | <0,001 | 0,356 | 0,902 |
| piros/sárga | 7,64 | <0,001 | 242,26 | <0,001 | 3,914 | 0,004 |

Függelék 7. táblázat. Statisztikai mutatók összegzése a színes árnyékoló hálók és szedés idők hatása függvényében karotinoid funkcionális csoportokra, 2015-ben Rischel fóliában nevelt ‘Fire Flame’ bogyókra.

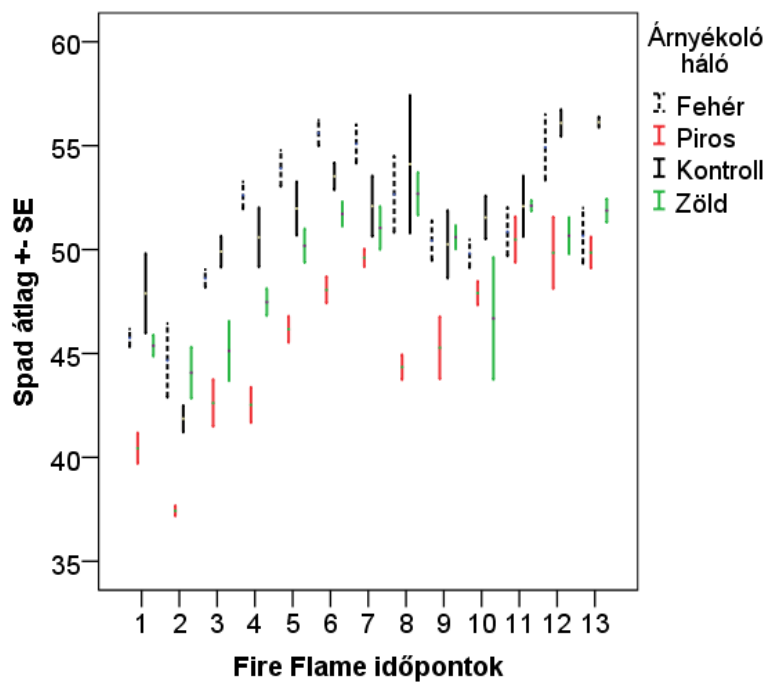
| Karotinoid csoportok | árnyékolás | | szedés | | árnyékolás × szedés | |
|-----------------------|------------|---------|---------|---------|---------------------|---------|
| | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték | F-érték | p-érték |
| piros szabad | 0,7 | 0,561 | 9,912 | 0,004 | 5,744 | 0,004 |
| piros ME | 5,796 | 0,004 | 90,39 | <0,001 | 12,046 | <0,001 |
| piros DE | 6,748 | 0,002 | 20,279 | <0,001 | 9,031 | <0,001 |
| Összpiros | 9,651 | <0,001 | 27,997 | <0,001 | 5,203 | 0,007 |
| Összkapszantin | 5,024 | 0,008 | 20,971 | <0,001 | 9,925 | <0,001 |
| Piros DE/ME | 11,37 | <0,001 | 358,16 | <0,001 | 14,008 | <0,001 |
| Sárga, szabad | 1,096 | 0,37 | 17,43 | <0,001 | 2,609 | 0,075 |
| Sárga ME | 4,367 | 0,014 | 17,573 | <0,001 | 5,928 | 0,004 |
| Sárga DE | 7,917 | 0,001 | 3,233 | 0,085 | 8,349 | 0,001 |
| Összsárga | 3,509 | 0,031 | 0,158 | 0,694 | 5,17 | 0,007 |
| β-karotinoid | 14,265 | <0,001 | 229,986 | <0,001 | 10,817 | <0,001 |
| Összaxantin | 5,886 | 0,004 | 9,254 | 0,006 | 7,448 | 0,001 |
| Sárga DE/ME | 5,467 | 0,005 | 5,773 | 0,025 | 6,554 | 0,002 |
| Összkarotinoid | 8,875 | <0,001 | 18,807 | <0,001 | 4,822 | 0,009 |
| piros/sárga | 3,384 | 0,035 | 79,104 | <0,001 | 4,710 | 0,010 |



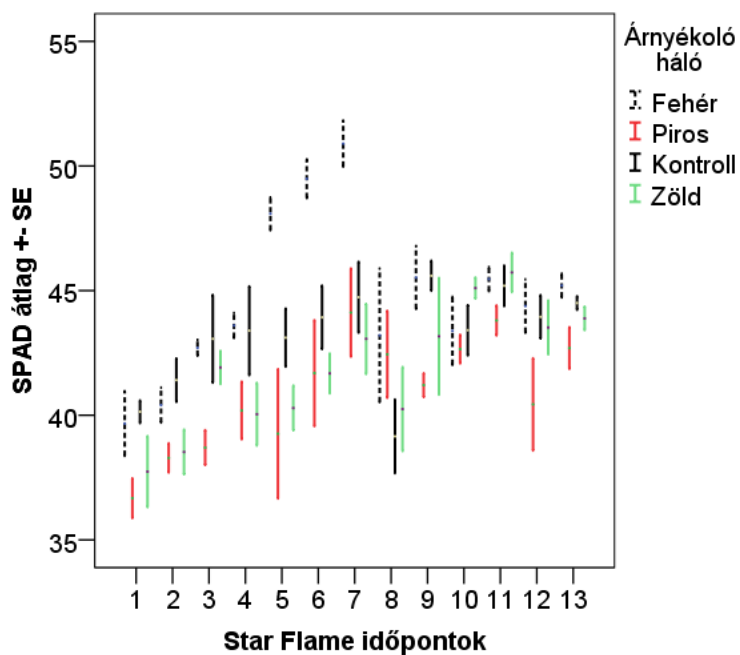
1. ábra. Az y-tengelyen 'Fire Flame' SPAD átlag \pm SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Soroksári fólia, 2014).



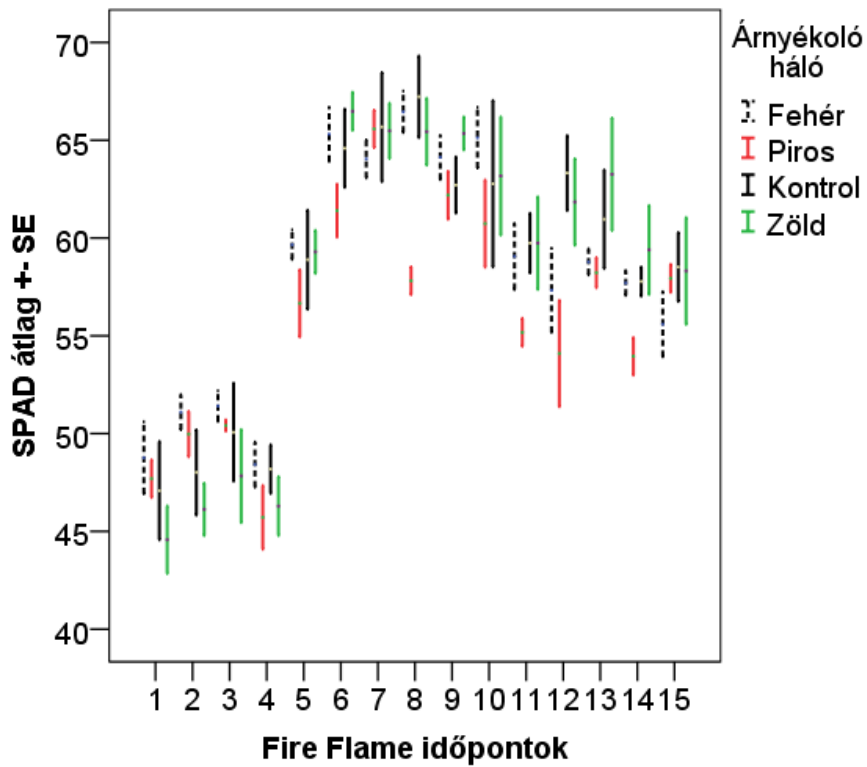
2. ábra Az y-tengelyen 'Star Flame' SPAD átlag \pm SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Soroksári fólia, 2014).



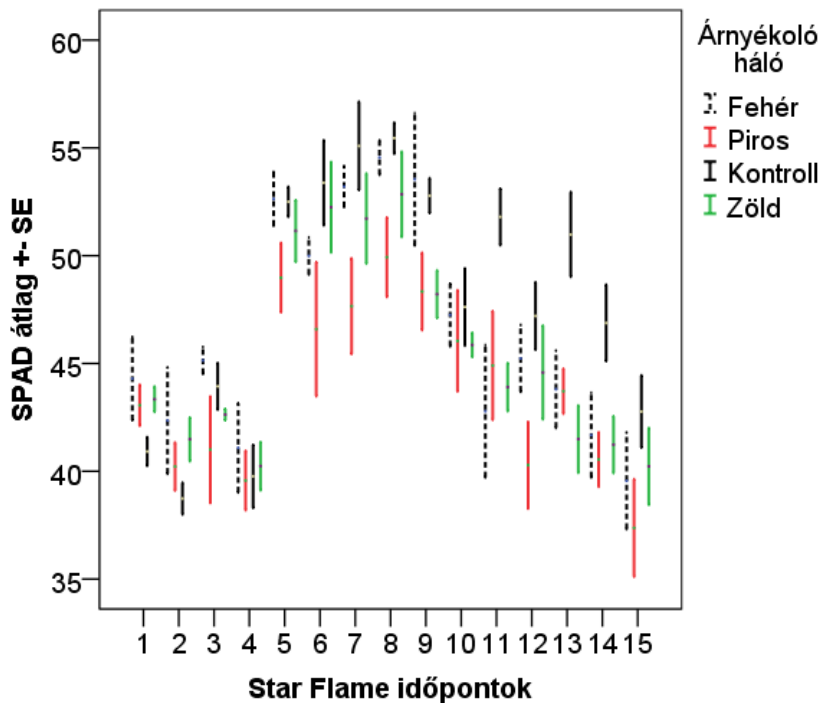
3. ábra. Az y-tengelyen ‘Fire Flame’ SPAD átlag±SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Rischel fólia, 2015).



4. ábra. Az y-tengelyen ‘Star Flame’ SPAD átlag±SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Rischel fólia, 2015).



5. ábra. Az y-tengelyen ‘Fire Flame’ SPAD átlag±SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Szabadföld, 2014).



6. ábra. Az y-tengelyen ‘Star Flame’ SPAD átlag±SE értéke (n=4), az x-tengelyen a szedés időpontok láthatóak (Szabadföld, 2014).

9. Köszönetnyilvánítás

Szeretném konzulensemnek Dr. Helyes Lajos Tanár Úrnak megköszönni a kutató munka és publikálási munkák elvégzésben nyújtott segítséget. Dr. Daood Husseinnek az analitikai munkák elvégzéséhez szükséges ismeretek megtanítását és azok publikálásában nyújtott segítségét. Szeretném továbbá megköszönni Dr. Neményi és Dr. Pék Tanár Úrnak a vegetációs mérések során rám áldozott rengeteg idejüket.