



Szent István Egyetem

**KÜLÖNBÖZŐ CÉKLAFAJTÁK BELTARTALMI
PARAMÉTEREINEK ÉS SZÁRÍTÁS HATÁSÁRA
BEKÖVETKEZŐ VÁLTOZÁSAINAK VIZSGÁLATA**

BABINSZKI-SZÉKELY DÓRA
okleveles élelmiszermérnök

Témavezető:

Stégerné dr. Máté Mónika, egyetemi docens

Készült:

Szent István Egyetem

Élelmiszertudományi Kar

Konzervtechnológiai Tanszék

Gödöllő

2019

A doktori iskola

Megnevezése: Szent István Egyetem
Élelmiszertudományi Doktori Iskola

Tudományossága: Élelmiszertudományok

Vezetője: **Dr. Vatai Gyula**

Egyetemi tanár, DSc
Szent István Egyetem,
Élelmiszertudományi Kar,
Élelmiszeripari Műveletek és Gépek Tanszék

Témavezető: **Stégerné dr. Máté Mónika**

Egyetemi docens, PhD
Szent István Egyetem,
Élelmiszertudományi Kar,
Konzervtechnológiai Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyás

.....
A témavezető jóváhagyása

BÍRÁLÓ BIZOTTSÁG

Elnöke

Dr. Vatai Gyula, DSc

Tagjai

Dr. Cserhalmi Zsuzsanna, PhD

Dr. Márki Edit, PhD

Dr. Dalmadi István, PhD

Dr. Szigedi Tamás, PhD

Opponensek

Stefanovitsné dr. Bányai Éva, DSc

Dr. Belovai Judit, PhD

Titkár

Dr. Nagy Edina Szandra, PhD

Tartalomjegyzék

RÖVIDÍTÉSEK, JELÖLÉSEK JEGYZÉKE.....	7
1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK.....	8
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	10
2.1. A cékla általános jellemzése	10
2.1.1. Rendszertani besorolása, származása	10
2.1.2. Növénytani jellemzése.....	11
2.1.3. Ökológiai igényei	12
2.1.4. Termesztési adatai	14
2.1.6. Beltartalmi értékei.....	16
2.1.7. Redukáló tulajdonsággal rendelkező vegyületei és egyéb bioaktív komponensei	19
2.1.8. Nitrát-, nitrit tartalma	24
2.1.9. Táplálkozás-élettani hatásai	28
2.1.10. Feldolgozása és a feldolgozás hatásai a biológiailag aktív komponensekre	30
2.2. Szárítás.....	32
2.2.1. Szárítási módok csoportosítása.....	33
2.2.2. Mikrohullámú vákuumszárítás, mint kombinált szárítástechnológia	35
2.2.3. A mikrohullámú vákuumszárítás (MV) jellemzői.....	37
3.ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	41
3.1.Kísérletek helyszínei	41
3.2. Felhasznált növényi anyagok	41
3.3. Nyers minták vizsgálati módszerei	43
3.3.1.Morfológiai.....	43
3.3.2. Vízoldható szárazanyagtartalom.....	43
3.3.3. Összes szárazanyagtartalom	43
3.3.4. Vízáktivitás	43
3.3.5. Színkoordináták.....	43
3.3.6. Nitrit-, nitrát tartalom	44
3.3.7. Betacianin-, betaxantin tartalom	44
3.3.8. Antioxidáns kapacitás mérése	45
3.3.9. Összes polifenol tartalom mérése.....	45
3.3.10. Aszkorbinsav (C-vitamin) tartalom meghatározása.....	46
3.3.11. Ásványianyag-tartalom meghatározása.....	46
3.4. Alkalmazott szárítási módok.....	47

3.4.1.A szárítás folyamata	47
3.5. Szárítmányok vizsgálata	50
3.5.1. Mintaelőkészítés.....	50
3.5.2. Beltartalmi paraméterek.....	50
3.5.3 Állományprofil analízis	51
3.5.4. Érzékszervi vizsgálat	52
3.5.5. Rehidatációs ráta	53
3.6. Statisztikai adatelemzés	53
4.KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK.....	55
4.1. Nyers céklaminták eredményei	55
4.1.1. Morfológia	55
4.1.2. Vízdoldható- és összes szárazanyagtartalom.....	57
4.1.3 Színkoordináták.....	60
4.1.4. Betacianin- és betaxantin tartalom.....	61
4.1.4. Antioxidáns kapacitás mérési eredmények	64
4.1.5. Összes polifenol tartalom	66
4.1.5. Nitrit-, nitrát tartalom mérési eredmények	68
4.1.6. C-vitamin tartalom mérési eredményei	71
4.1.7. Ásványianyag-tartalom	72
4.2. Előszárítási kísérletek eredményei	84
4.2.1. Nedvességtartalom és vízaktivitás.....	84
4.2.2. Színkoordináták.....	86
4.2.4. Antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom	89
4.3. Vákuum és mikrohullámú vákuumszárítás kísérleti eredményei	91
4.3.1. Száradási ráta	91
4.3.2. Színkoordináták.....	96
4.3.3 Betacianin- és betaxantin tartalom.....	97
4.3.4. Antioxidáns kapacitás	98
4.3.5 Összes polifenol tartalom	99
4.2.6. Állománymérés.....	100
4.2.7. Rehidatációs ráta	104
4.2.9. Érzékszervi bírálat és profilanalízis.....	104
4.2.9 Fenolos savak	110
4.2.10. Energiaszükséglet	112
4.4. Új, tudományos eredmények.....	114
5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK	115

6. ÖSSZEFOGLALÁS	117
7. SUMMARY	120
MELLÉKLET	122

RÖVIDÍTÉSEK, JELÖLÉSEK JEGYZÉKE

JELÖLÉS	JELENTÉS
A	atmoszférikus (légáramú) szárítás
ASE	aszorbinsav ekvivalens egyenérték
a_w	vízaktivitás
DR	száradási ráta
GSE	galluszsav ekvivalens egyenérték
MV	mikrohullámú vákuumszáritott minták kódja
sz.a	szárazanyagtartalom
V	vákuumszáritás
F	felső része
K	középső rész
A	alsó rész
H	héj rész

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

A zöldségfogyasztás ösztönzésére egyre nagyobb figyelmet fordítanak napjainkban mind a fejlett, mind a fejlődő országokban. Bár e mögött eltérő okok húzódnak, az előbbieken a túlzott energiafogyasztás mérséklése és a zöldségfélékben jelen lévő rostanyagok, továbbá a lúgos kémhatású ásványi sók emésztést elősegítő értékes beltartalmi értékei miatt, az utóbbiakban az alultáplált, illetve egyoldalúan táplált lakosság vitaminnal és ásványi sóval való ellátása céljából.

A fejlett országokban manapság egyre hangsúlyosabb szerepet kap az egészséges, természetes alapanyagokból készülő, mesterséges ízesítő- és színezőanyagoktól mentes étrend, így az egészségtudatos életmódot folytató lakosság számára egyre jelentősebbé vált, hogy étrendjüket változatosan alakítsák ki. Bár a cékla nem tartozik az általánosan kedvelt zöldségfélékhez, számos pozitív táplálkozás-élettani tulajdonságainak köszönhetően egyre sűrűbben találkozhatunk vele. Jelentős kálium és magnézium tartalma mellé alacsony nátrium koncentráció társul, amely jótékonyan hat az emberi szervezet ionháztartására. A benne lévő betacianinok csökkentik az oxidatív stresszt és a szabad gyökök káros hatásait, antibakteriális és vírusellenes tulajdonságokkal rendelkeznek, gátolják a rákos sejtek szaporodását és részt vesznek a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében. Maga a növény szinte mindenhol előfordulhat, mivel könnyen termeszthető és a kapáláson, ritkításon kívül nem igényel további gondoskodást.

Hazánkban a feldolgozóipar a cékla nyersanyagból elsősorban savanyúságot és lé alapanyagot állít elő. Emellett számos élelmiszerben használnak szárított és koncentrált céklalevet a piros szín intenzitásának növelése céljából, mint természetes színezék. A bébiélt gyártó cégek előszeretettel társítják a céklát más zöldséggel, gyümölccsel vagy hússal. Ez esetben a gyártónak nagyfokú figyelmet kell fordítania az alapanyag minőségére, mivel a cékla nitrit-, nitrát tartalma meglehetősen magas lehet, mely kevésbé kezelhető a fiatal, fejlődő szervezet számára. Továbbá, céklát tartalmazó étrend kiegészítő tabletták és szirupok szintén ismertek a piacon.

Az eddig felsoroltak mellett ígéretes megoldásnak tűnik a cékla szárítmányként történő fogyasztása, mivel a szárítás az egyik legősibb tartósítási eljárás, mellyel az élelmiszerek eltarthatósága kémiai anyagok hozzáadása nélkül növelhető. Jelenleg a boltok polcain fellelhető snack típusú céklakészítmények nagy része légárammal szárított, illetve növényi olajban sütött termékek. Azonban a különböző élelmiszer-feldolgozási technológiák fejlődésének köszönhetően a jelentős beltartalmi- és érzékszervi veszteségeket eredményező

hagyományos szárítási technológiák kiváltásának ígéretes lehetőségei a kíméletes, kombinált szárítási módszerek, mint a mikrohullámú vákuumszárítás. Jelenlegi ismereteink alapján az ezzel a viszonylag újnak számító szárítási eljárással készült termékek Magyarországon még nincsenek kereskedelmi forgalomban. Azonban egyre élénkülő érdeklődés övezi, melyet a hagyományos szárítási eljárásoknál rövidebb szárítási idő és a késztermékek speciális, fogyasztóbarát állománya és megjelenése indokol. A fogyasztói kutatások eredményei jellemzően azt mutatják, hogy a szárítmányok esetében a fogyasztók jobban kedvelik a laza, ropogós állagú termékeket.

Doktori munkám során három céklafajta (*Beta vulgaris* L.: 'Alto F1', 'Cylindra', 'Detroit') termesztésére került sor a Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Kísérleti Üzem és Tangazdaság kezeletlen és pétisóval kezelt talajában egymást követő két évben. Az általam termesztett minták a kísérleti munkám nyersanyagául szolgáltak.

Célkitűzéseim az eddigiekben említettek alapján a következők voltak:

- három különböző céklafajta (*Beta vulgaris* L.: 'Alto F1', 'Cylindra', 'Detroit') beltartalmi sajátosságainak vizsgálata kezeletlen, illetve termesztésük során műtrágyával (pétisó: ammónium-nitrát, 27% nitrogén, 7% kalciumoxid, 5% magnéziumoxid) kezelt egyedek szerinti bontásban,
- a vizsgált beltartalmi komponensek a hámozott céklatest három részének (felső-, középső- és alsó rész) elkülönítésével, illetve a héj részben külön-külön történő meghatározása annak érdekében, hogy egyes paraméterek céklatesten belüli megoszlására fény derüljön, mely információ különös tekintettel fontos lehet a gyógyászati felhasználásának területén,
- különböző szárítási technológiák (atmoszférikus-, vákuum- és mikrohullámú vákuumszárítás) összehasonlítása az általam vizsgált céklafajták (*Beta Vulgaris* L.: 'Alto F1', 'Cylindra', 'Detroit') esetében a beltartalmi paramétereik változása alapján, különös tekintettel a mikrohullámú vákuumszárítási technológia, mint kíméletes dehidratációs módszer sajátosságainak feltérképezése.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A cékla általános jellemzése

A cékla irodalmi áttekintése során bemutatom a rendszertani besorolását, származását, növényteni jellemzőit. Továbbá, röviden ismertetem termesztési sajátosságait, értékes beltartalmi értékeit, tápanyagtartalmát, fogyasztásával kapcsolatos néhány tudnivalót és a különböző feldolgozási lehetőségeit.

2.1.1. Rendszertani besorolása, származása

A cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *conditiva*) a zárvatermők törzsébe tartozik, azon belül a *Caryophyllidae* alosztály, *Caryophyllanae* főrend, Libatopvirágúak (*Chenopodiales*) rend, Libatopfélék (*Chenopodiaceae*) család tagja (BÁLINT és HÖHN, 2001). Termesztett növényeink közül rokon a cukorrépával, a takarmányrépával és a mángolddal. Ezek az alfajok egymás között könnyen keresztezhetőek, elsősorban azért, mert idegentermékenyülők és szélporozta növények, így a vetőmagtermesztésnél erre fokozott figyelmet kell fordítani (KOVÁCS, 2011).

A céklát már az ókorban ismerték és termesztették fehér, valamint vörös változatát egyaránt. Az összes ma termesztett répafajtának, így a céklának is, a *Beta maritima* az ősalakja, mely a Földközi-tenger környékéről származtatható (TAKÁCSNÉ, 2011). Ez a faj, a tengeri répa ősidők óta megtalálható Európa és Észak-Afrika partvidékén, a Közel-Keleten és Ázsia egyes részein. A tengeri répa leveleit valószínűleg már azóta gyűjtötték, amióta az emberek először elkezdtek kísérletezni az ehető zöld növényi részekkel. Már Kr.e. 1000-tól használták az itt élő népek, a Római Birodalomban a levelét ételként, míg a gyökerét gyógyszerként alkalmazták (NINFALI és ANGELINO, 2013). Azonban a gumók hasznosíthatóságát csak később fedezték fel. A tengeri répát először a Földközi-tenger keleti részén és a Közel-Keleten házasították (NOTTHINGAM, 2004). Később legfőképpen Indiában vált népszerűvé, ahol nem csak a táplálkozástanilag fontos tulajdonságait használták ki, hanem gyógyító célokra is gyakran alkalmazták. A görögök és rómaiak szicíliai répa néven ismerték és fogyasztották.

Hazánkban a vörös, sárga és fehér változata terjedt el a 17. században, ám a modern, nemesített céklarépafajták csak a 19-20. században váltak igazán ismertté és gyakran fogyasztottá (KAPÁS, 1996).

2.1.2. Növényteni jellemzése

A cékla kétéves növény, az első évben répatestet és tölevélrózsát fejleszt, majd a téli nyugalmi időszak után a következő évben jelenik meg a magszár és a virág, majd a mag. A csupasz, egyszerű, fényes levelek a sötétzöldtől egészen a sötétvörösre nagyon változatos színűek lehetnek. A levélnyel hossza és színanyag tartalma a termesztett fajtától jelentősen függ. A vékonyabb, sötétlila levélnyel a kisebb lombosított fajtáknál figyelhető meg, míg a hosszabb levelű növények levélnyelve vastagabb és narancssárgás színű, lilás csíkokkal. A szögletes, elágazó lágyszár a második évben fejlődik, melyen gomolyos fürtvirágzat helyezkedik el (HODOSSI et al., 2010). Az öt szírommal rendelkező virágai kicsik (KEZI és SUMATHY, 2014), kétivarúak, azonban a porzó előbb érik, mint a bibe, így idegenbeporzók, azaz a megtermékenyítés a szél illetve a rovarok által történik. Termése gomolyból álló csalmatok. Egy gomolyban 2-3 db mag található, amelyek aprók és fekete színűek. A magok csírázó képességüket 3-4 évig, kedvező körülmények között akár 8-10 évig is megőrzik. A cékla ezermagtömege fajtától függően 13-22 g (HODOSSI et al., 2010).

Talajba hatoló karógyökérrel rendelkezik, amelynek oldalán található a sűrűn elhelyezkedő, 1-2 cm hosszúságú vékony oldalgökökerek. Leggyakrabban fogyasztott része a répatest, amely alakja szerint hengeres, gömbölyű és lapos csoportokba sorolható. A gömbölyű fajtákat csak vékony karógyökér rögzíti a talajhoz, így betakarításnál ezeket részesítik előnyben, mert kevesebb talajszennyeződéssel és sérülésmentesen oldható meg a betakarítás. A tenyészidő végére a répatest egyharmada a föld felett található, így géppel és kézzel is könnyen elvégezhető a felszedés. A répatestet másodlagos vastagodás jellemzi. Az idősebb növények gyökerének keresztmetszetén a fa- és hánccselemek koncentrikus köröket alkotnak, amelyek között kambiumzóna helyezkedik el (1. kép). A gyűrűk láthatóságát az okozza, hogy a hánccsész sejtjeinek a legmagasabb a céklára jellemző vörös színanyag tartalma (KOVÁCS, 2011).



1. kép: Másodlagos vastagodás okozta gyűrűrendszer (Saját felvétel)

2.1.3. Ökológiai igényei

A cékla szélsőséges talajtípusokon, mint a homokos, szikes és a köves talajon nem termesztendő. A legjobb minőségű és mennyiségű cékla a vályog-, homokos vályog- és humuszos homoktalajokról takarítható be. A gyakori öntözés talajelmosódást okoz a laza, homokos talaj esetén, melynek hatására a répatest talpgyökere megerősödik, ami rontja a betakarított cékla minőségét és megnehezíti a tisztítását is. A növény termesztéséhez az optimális talaj kémhatás 6,5-7,5 pH érték között van (BALÁZS, 2004). A céklamagok elvetését követően nyáron 75-90 nap, míg télen 100-120 nap múlva történik a betakarítás (YASHWANT, 2015).

A cékla a közepes vízigényű növények közé sorolható. A csírázás során és a növény kezdeti fejlődési szakaszában nagyobb mennyiségű, folyamatos talajnedvességet igényel, amely az egyenletes kelés (homogén állomány) és kezdeti fejlődés miatt fontos. Ezt az időszakot leszámítva a többi gyökérzöldséghez képest a cékla vízhiányra kevésbé érzékeny.

Fényigény tekintetében a cékla közepes igényű zöldségféle. Gyengébb, szórt fényben is jól fejlődik, de ilyenkor a répatest színanyag- valamint cukortartalma kevesebb. A cékla a hosszúnappalos növények közé sorolható, azaz 12-14 óra vagy ennél hosszabb nappalok váltják ki a virágzást, azonban vannak naphosszúság iránt közömbös változatai is.

A cékla közepes hőigényű, amely a fejlődés során jelentős mértékben ingadozik. A Markov-Haen-törvény szerint a cékla számára az optimális hőmérséklet 19 °C. A csírázás már 5-6 °C-on megindul, de 25-26 °C-on leggyorsabb a kelés (BALÁZS, 2004). Az alacsonyabb hőmérséklet elősegíti a mélyvörös pigmentek kialakulását (YASWANT, 2015). Fiatal korban legérzékenyebb a hidegre, a tenyészidő alatt azonban az optimálisnál jóval magasabb és alacsonyabb hőmérsékleten is jól fejlődik. Ha sokáig alacsony hőmérsékletnek van kitéve, már az első évben magszárat hoz és a répatest kialakulásában zavar jelentkezik. Fagyérzékenységből adódóan a fagyok előtt be kell takarítani.

Ahogy minden más növény, úgy a cékla is meghatározott tápanyagigénnyel rendelkezik. Ennek ismeretében megállapítható, hogy mely műtrágya és milyen mennyiségben történő alkalmazásával érhető el a legjobb minőségű termés. A cékla a foszforra és nitrogénre vonatkozóan a közepes tápanyagigényű zöldségfélék közé sorolható, viszont káliumból nagyobb mennyiségre van szüksége a fejlődése során. Egy tonna terményre számítva a cékla fajlagos tápanyagigénye az említett makrotápelemekből a következőképpen alakul: 2,4 kg nitrogén, 1,4 kg foszfor és 6 kg kálium szükséges a termesztés során a kívánt minőségű zöldség termesztéséhez (BALÁZS, 2004). A nitrogén mennyiségének adagolására fokozott figyelmet kell fordítani, mert túladagolása esetén a répatest minősége romlik azáltal, hogy a nitrát-

felhalmozódás gyengébb tárolhatóságot, valamint szín- és szárazanyag tartalom csökkenést eredményez. Emellett a növény betegségekkel szembeni ellenállósága is csökken nitrogénfölség hatására. A nyomelemek közül a mangánhiányra különösen érzékeny (HODOSSI et al., 2010).

A 1. táblázat a cékla és más zöldségek egyes mikroelemekre vonatkozó igényét mutatja, melyből látható, hogy az egyes gyökérszöldségek mikroelem preferenciája eltér egymástól, emellett más zöldségfajok igényeivel sem hozható párhuzamba. Egyértelműen megállapítható, hogy a cékla mikroelem igénye a táblázatban szereplő többi zöldséghez képest magasabb, mivel a feltüntetett öt elemből három iránt (B, Cu, Mn) magas, a másik kettő iránt (Mo, Zn) közepes az igénye (BALÁZS, 1994).

1. táblázat: **Egyes zöldségfajok mikroelem igénye** (BALÁZS, 1994 nyomán)

	Bór (B)	Réz (Cu)	Mangán (Mn)	Molibdén (Mo)	Zink (Zn)
cékla	nagyon	nagyon	nagyon	közepesen	közepesen
sárgarépa	közepesen	nagyon	közepesen	nem	nem
petrezselyem	nem	közepesen	nem	nem	nem
zeller	nagyon	közepesen	közepesen	nem	nem
zöldbab	nem	nem	nagyon	közepesen	nagyon
hagyma	nem	nagyon	nagyon	nem	közepesen

A növények tápanyagigényének kielégítésére használható szerves- és műtrágya egyaránt. A cékla esetében a szerves műtrágya alkalmazása nem ajánlott, mivel friss istállótrágya hatására túlfajlett, deformált, kellemetlen ízű terményt kapunk (HÁJAS, 1976).

Fontos, hogy a növény kémiai, biológiai, fizikai szennyezettsége a lehető legalacsonyabb legyen a pozitív hatásainak érvényesítése érdekében. Ezek közül a kémiai szennyezettség veszélye különösen kiemelendő a céklánál, mivel gyökérszöldség lévén nagy mennyiségben akumulálódhatnak benne a műtrágyák, gombaölő szerek (peszticidek) maradványai. Ami azért különösen veszélyes, mert az emberi szervezet a felvett anyagot a kiürítés helyett át is alakíthatja (sokszor olyan anyaggá, ami veszélyesebb, mint az eredeti hatóanyag volt), vagy raktározhatja. Az így felhalmozódott illetve átalakított káros anyagok akár évekkel később allergiás reakciókat, immunzavarokat, génmutációt, esetleg rákkeltő hatást fejthetnek ki (GYARAKY és KOVÁCS, 1996).

Mivel a gyökérszöldségfélék esetében, így a céklánál is a leginkább előforduló kémiai szennyeződés a nitrit- és a nitrát felhalmozódás, ezért arra kell törekedni, hogy ezek tartalma a lehető legkevesebb legyen. A műtrágyából felvett szerves nitrogén - amelynek többsége nem

épül be a szövetekbe - nitrit és nitrát formájában jelentős mennyiségben akkumulálódhat a növényekben. A felhalmozódás mértékét számos faktor befolyásolhatja, például a termesztés során a saláta nitrát tartalma magasabb lehet, ha kevesebb napfényt vagy molibdént és vasat kap, melyek esszenciális mikrotápanyagok (MARSCHER, 1999).

2.1.4. Termesztési adatai

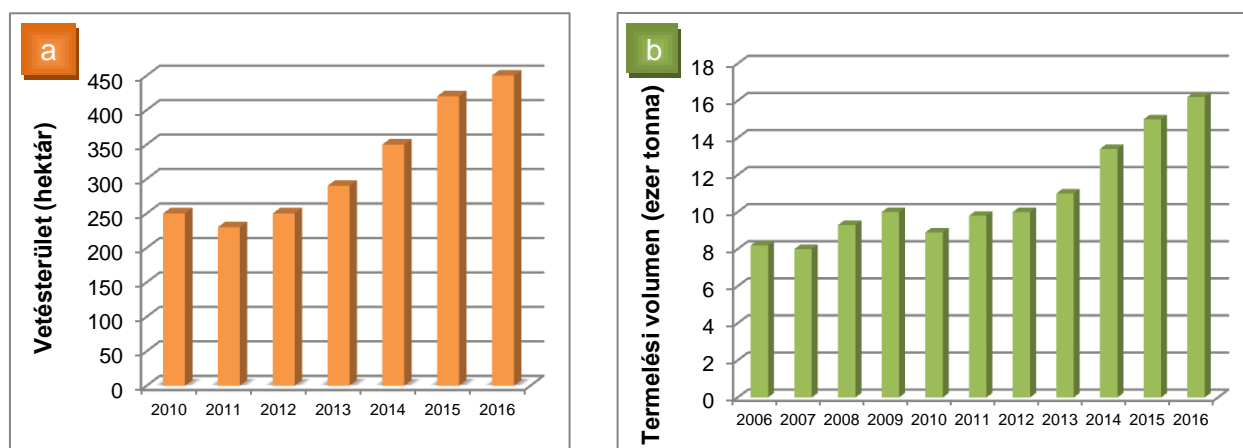
Jellemzően a szabadföldi zöldségtermesztésnek része a céklatermesztés is. A szabadföldi termesztés hátránya a hajtatasos módszerrel szemben, hogy ebben az esetben az időjárás viszontagságai ellen nem lehet hatásosan és rendszeresen védekezni (BALÁZS, 2004).

A cékla fogyasztásának az észak-európai országokban van hagyománya, ezért ott nagyobb mennyiségben is termesztik. Az európai céklatermesztési adatok egészen 2009-ig (909 ezer tonna) emelkedő tendenciát mutattak, majd a 2010 évi visszaesést (780 ezer tonna) követően ismét emelkedni kezdett a mennyisége (FRUITVEB, 2013).

Hazánkban a céklatermesztés az elmúlt években folyamatosan növekedett, mely leginkább rendkívül előnyös érendi hatásainak köszönhető valamint, hogy kiválóan beilleszthető a vetésforgóba. Azonban a gyökérezöldség-termesztést Magyarországon főként három faj - a sárgarépa, a gyökéretrepszelyem és a gumós zeller - határozza meg, ezek mellett pedig a cékla és a pasztinák kisebb vetésterülettel rendelkeznek. A céklát termesztetik elő-, fő- és másodveteményként is. A rövid tenyészidő és az őszi szabad feldolgozó kapacitás miatt Magyarországon elsősorban másodveteményként ültetik és a megtermelt mennyiség szinte teljes egészében feldolgozásra kerül.

A Magyar Zöldség-Gyümölcs Szakmaközi Szervezet adatai alapján hazánkban a cékla vetésterülete a 2010-2016 közötti időszakban átlagosan évente 320 hektár volt, amely 2012-től dinamikus növekedést mutat. 2016-ban már 450 hektár termesztési területtel rendelkezett, mely a 2011-es adatokhoz képest 95,57% növekedést jelent (1/a. ábra). Fehér, sárga és vörös répatestszínű fajtát egyaránt termesztnek, de csak a legutóbbit számottevő mennyiségben (FRUITVEB, 2016). A feldolgozóipar az intenzív vörös, egyöntetű belső színű, valamint a magas szárazanyag tartalmú alapanyagot igényli, amely a megfelelő fajta kiválasztásával és helyes agrotechnikával érhető el (KOVÁCS, 2011).

A 1/b. ábrán látható, hogy a céklatermesztés termelési volumene Magyarországon 2011-től folyamatos növekedést mutat, mely a 2010-es évi értékhez (8,9 ezer t) képest 82 %-os emelkedést jelent 2016-ra (FRUITVEB, 2016).



1. ábra: Céklatermesztés területi adatai (a) és termelési adatai (b) Magyarországon
(Forrás: FRUITVEB, 2016)

Magyarországon kedveltnek számít a hengeres fajták közül az 'Alto F1', a 'Bíborhenger', a 'Cylindra', az 'Egyiptomi lapos', a gömbölyű fajták közül a 'Bíborgömb', a 'Detroit' és a 'Bordó'. A 2. táblázat tartalmazza az általam vizsgált céklafajták főbb jellemzőit.

2. táblázat: 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták jellemzői (HÁJAS, 1976 nyomán)

Vizsgált céklafajták	Jellemzőik
'Alto F1'	<ul style="list-style-type: none"> - intenzív, mélyvörös színű, gyűrűmentes répatest - nagy termőképességű hibrid fajta, ezért ipari célra kiválóan alkalmas
'Cylindra'	<ul style="list-style-type: none"> - bőtermő fajta, alkalmas korai és másodvetésre is. - lombja erős, színe középzöld, pirosas elszíneződéssel. - Húsa sötétvörös színű, zsenge és édeskés ízű
'Detroit'	<ul style="list-style-type: none"> - zöldes-pirosas levelű, kis lombú fajta. - kissé szögletes gömb alakú termése lilásvörös színű, fehérgyűrűsségre hajlamos - a legrövidebb tenyészidejű céklafajta, fő- és másodvetésben egyaránt termesztendő - terméshozama közepes, konzervipari feldolgozásra jól alkalmazható

A feldolgozóiparban a hengeres céklafajták a legelterjedtebbek, mivel ezek hámozása, tisztítása, szeletelése, kockázása könnyebb és kevesebb hulladékkal jár. Ennek ellenére a gömbölyű és lapos fajták feldolgozására is találhatunk példát. Az alak mellett természetesen a fajta megfelelő színe is alapvető követelmény a gyártósorra kerüléskor. Továbbá, fontos szempont, hogy a cékla húsa fehér gyűrűzöttségtől mentes legyen. A darabolható fajták mellett

feldolgoznak olyan céklát is, amely a sűrű vetésből fakadóan kisebb répatestet ad, így egyben, vágás nélkül kerül feldolgozásra (ERDÉLYI, 2005).

A fogyasztók egyre inkább keresik az ökológiai gazdálkodásból származó élelmiszereket, ahol a termesztési folyamat az emberi egészségre és a környezetre nézve is biztonságosabb. Kutatások bizonyították, hogy az ökológiai gazdálkodásból származó cékla szárazanyag, C-vitamin és betanin tartalma magasabb, mint a hagyományos gazdálkodásban termesztett növényeké (KAZIMIERCZAK, 2014).

A céklát sokan a földes íze miatt nem fogyasztják szívesen. A gyökértestének jellegzetes ízéért felelős vegyületet, a geozmint a cékla gyökereivel szimbiózisban élő mikroorganizmusok termelik. Ezen vegyület képződése elkerülhető, illetve csökkenthető, ha a céklát szárazabb talajállapotban, minél kevesebb szennyeződéssel takarítják be, valamint a tárolás 97 %-os relatív páratartalmú és 3-4°C-os tároló helyiségben történik (TAKÁCSNÉ, 1997).

2.1.6. Beltartalmi értékei

Kedvező étrendi- és gyógyhatását a vörös színanyag- (betacianinok), a magas vitamin- (C, B), ásványianyag- és rosttartalmának köszönheti. Összetételének vizsgálata felgyorsult, mióta antitumor hatására fény derült, mellyel kapcsolatban számos kutatást végeztek világszerte (BALÁZS, 1994). A cékla feldolgozása és a belőlük készült termékek fogyasztása rohamosan megnövekedett, mióta felismerték, hogy rendkívül gazdag antioxidáns forrás (CHHIKARA et al., 2019).

Tápanyagtartalma

Számos tanulmány számol be arról, hogy a friss cékla tápanyagtartalmát a fajta, a termesztési- és betakarítási körülmények egyaránt befolyásolják (CHHIKARA et al., 2019). A 3. táblázat alapján megállapítható, hogy a cékla jó szénhidrát és fehérje forrás. Mivel zsirokat alig, koleszterolt pedig egyáltalán nem tartalmaz, ezért alacsony kalória bevitt eredményez. Többek között ezért is jól beilleszthető fogyókúra étrendbe. A viszonylag magas szénhidrát- és cukortartalma se befolyásolja ezt, mivel könnyen felhasználható cukortartalmát a szervezet rögtön energiává alakítja (NOTTINGHAM, 2004). A cukortartalom tekintetében előnyös tulajdonságnak számít a sportolók szemszögéből, hogy a legnagyobb mennyiségben szacharózt tartalmaz, mivel számukra előnyös, ha alacsony fruktóz és magas szacharóz koncentrációt

fogyasztanak, növelve ezzel a fizikai terhelhetőségüket (BAVEC et al., 2010; MURRAY et al., 1989). Jelentős mennyiségű szacharóz tartalmat igazol WRUSS és munkatársai (2015) által végzett tanulmány is, amelyben hét, népszerűnek számító céklafajta cukortartalmát vizsgálták. A vizsgált céklafajta átlagos cukortartalma 77,5 g/l volt, mely 94,8%-ban szacharózt, 3,3%-ban glükózt és kevesebb, mint 1,9%-ban gyümölcscukrot tartalmazott.

3. táblázat: A cékla energia összetevői 100 g-ra vonatkoztatva

Energia összetevők	RODLER, 2005	NEELWARNE, 2013
Fehérje	1,3 g	1,61 g
Zsír	0,1 g	0,17 g
Szénhidrát	5,9 g	9,56 g
Energia tartalom	130/31 KJ/kcal	45 kcal
Hamutartalom g	0,9 g	-
Víz tartalom g	90,9 g	-
Rost	-	2,8 g

A cékla jelentős mennyiségben tartalmaz esszenciális és nem esszenciális aminosavakat (4. táblázat).

4. táblázat: A céklában előforduló egyes aminosavak mennyisége (NEMZER et al., 2011)

Aminosav	Mennyiség mg/100 g	Aminosav	Mennyiség mg/100 g
triptofán	0,019	cisztin	0,019
izoleucetin	0,048	arginin	0,042
leucetin	0,068	hisztidin	0,021
lizin	0,058	alanin	0,060
treonin	0,047	glutaminsav	0,428
metionin	0,018	glicin	0,031
fenilalanin	0,046	prolin	0,042
tirozin	0,038	aszparaginsav	0,116
valin	0,056	szerin	0,059

Makroelemek

A céklában nagy mennyiségben megtalálhatók a fémes makroelemek, vagyis a kálium, nátrium, magnézium és a kalcium (5. táblázat). A magnézium számos szénhidrát anyagcserét és aminosav szintézist katalizáló enzim aktivátora, a káliummal antagonistá, a foszforral pedig szinergens kapcsolatban van (VENKATESAN és JAYANESH, 2010). A mikroelemek közül a legnagyobb mennyiségben vasat tartalmaz, melynek az oxigén megkötésében, szállításában és tárolásában van kulcsszerepe (PAIS, 2000).

5. táblázat: A cékla ásványianyag-tartalma 100 g-ra vonatkoztatva

Ásványi anyagok	RODLER, 2005	NEELWARNE, 2013	YASHWANT, 2015
Foszfor	0,087 mg	-	38 mg
Kalcium	35 mg	16 mg	16 mg
Kálium	260 mg	325 mg	305 mg
Magnézium	87 mg	23 mg	23 mg
Nátrium	98 mg	78 mg	77 mg
Cink	0,337 mg	0,075 mg	0,35 mg
Mangán	0,540 mg	0,329 mg	-
Nikkel	0,052 mg	-	-
Réz	0,087 mg	0,35 mg	-
Vas	0,60 mg	0,80 mg	0,79 mg

CSIKKELNÉ és munkatársai (2001) megállapították, hogy a céklanövényen belül a különböző részek mikroelem tartalma jelentősen eltérő. Összességében elmondható, hogy általában a levélnek a legnagyobb az ásványianyag-tartalma, ennél már lényegesen kevesebb a répatest héjnak és a répatest húsának. Míg a levélnek a kalcium tartalma 156 mg/100 g, addig a répatest héj részében 21 mg/100 g és a répatest húsában 10 mg/100 g ez az érték. A kálium, nátrium és magnézium koncentráció is jóval nagyobb a cékla levelében, mint a testben. Ezzel szemben a foszfor tartalom tekintetében elmondható, hogy a répatest héj része (66 mg/100 g) és a répatest hús része (49 mg/100 g) nagyobb koncentrációban tartalmazza, mint a levél (37 mg/100 g). A mikroelemek közül a vas, réz, mangán és cink tartalom esetén is igaz, hogy a legnagyobb mennyiségben a levélben fordul elő.

A céklában jelentős mértékben kimutatható C-, B1-, B2-, B6-vitamin és folsav (6. táblázat).

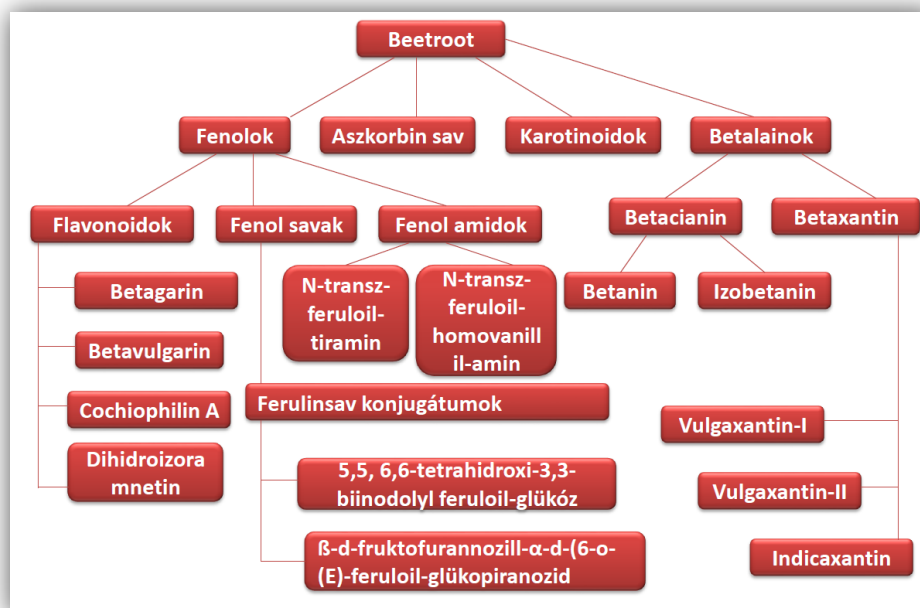
6. táblázat: A cékla vitamin tartalma 100 g-ra vonatkoztatva

Vitaminok	RODLER, 2005	NEELWARNE, 2013	YASHWANT, 2015
Aszkorbinsav (C)	13 mg	4,9 mg	3,6 mg
Tiamin (B1)	25 µg	31 µg	0,31 mg
Riboflavin (B2)	35 µg	0,057 mg	0,27 mg
Pantoténsav	-	0,155 mg	0,145 mg
Piridoxin (B6)	0,07 mg	0,067 mg	0,067 mg
Folsav	73 µg	109 µg	80 µg
Retinol (A)	0 µg	33 IU	2 µg
Karotin	0	20 µg	-
Kalciferol (D)	0 µg	-	-
Tokoferol (E)	-	0,04 mg	-
Biotin	5,0 µg	-	-

2.1.7. Redukáló tulajdonsággal rendelkező vegyületei és egyéb bioaktív komponensei

Mivel a szakirodalomban egyaránt használatos az antioxidáns kapacitással bíró- illetve a redukáló tulajdonságokkal rendelkező vegyületek elnevezés, így a dolgozatomban mindkét kifejezést használom. Az antioxidánsok az oxidálható molekulához képest kis koncentrációban vannak jelen a rendszerben, de jelentősen lassítják vagy teljesen gátolják annak oxidációját. Redukáló hatással rendelkeznek, ezáltal képesek önmaguk oxidálódni más molekulák helyett, illetve az oxidált termékeket át tudják alakítani nem toxikus vegyületekké, tehát másodrendű antioxidánsként funkcionálnak (HEGEDŰS és STEFANOVITSNÉ, 2012).

A céklalé fogyasztása meglehetősen előnyös, mivel nagy mennyiségben tartalmaz antioxidánsokat és egyéb bioaktív komponenseket (KAZIMIERCZAK et al., 2014). A cékla tartalmaz betalainokat (GULDIKEN et al., 2016), aszkorbinsavat (CLIFFORD et al., 2015), karotinoidokat (DIAS et al., 2009; NINFALI és ANGELINO, 2013; REBECCA et al., 2014), polifenolokat, flavonoidokat, szaponinokat (ATAMANOVA et al., 2005; MROCZEK et al., 2012) és nagy mennyiségben nitrátot (LIDDER és WEBB, 2013; VÁLI et al., 2007) (2. ábra). Néhány bioaktív komponens kis mennyiségben fordul elő benne, mint a glicerin, a betanin (ZWART et al., 2003) és a folsav (JASTREBOVA et al., 2003).



2. ábra: **Bioaktív komponensek a céklában** (Forrás: CHHIKARA et al., 2019)

Fenolos vegyületek

A céklának jelentős a fenolsav és a flavonoid tartalma. KATHIRAVAN és munkatársai (2014) által végzett tanulmány során a céklában 50-60 $\mu\text{mol/g}$ sz.a. fenolsav tartalmat detektáltak. NEMZER és munkatársai (2011) rendkívül instabil fenol komponenseket izoláltak a cékla héj részéből, melyek 5,5, 6,6-tetrahidroxi-3,3-biinodolyl és az 5,6-dihidroxi-indol-karbonsav dimerje voltak. Továbbá két fenol amidot – N-transz-feruloil-tiramine és N-transz-feruloil-homovanillylamine – detektáltak a cékla magfalában. MARAIE és munkatársai (2014) arról számoltak be, hogy a cékla jelentős mennyiségben tartalmaz hidroxibenzoesav és hidroxikinnaminsav származékokat, melyek közé tartozik az epikatechin, katechin-hidrát, rutin, p-kumarin, kávéssav, prolin és a monoterpen dehidro-vomifoliol. VASCONCELLOS és munkatársai (2016) összehasonlították a céklalé, a céklachips, a céklapor és a sült cékla teljes fenol tartalmát. Kísérletük során arra jutottak, hogy a céklalé (3,67 GSE mg/g) és a sült cékla (2,79 GSE mg/g) magasabb teljes polifenol tartalommal rendelkezik, mint a céklachips (0,75 GSE mg/g) és a céklapor, de a legalacsonyabb értéket a nyers céklagyökérben detektáltak.

A flavonoidok a biológiailag aktív komponensek közé tartoznak, mivel kiváló antioxidáns potenciállal és számos egészségre gyakorolt pozitív hatással rendelkeznek (CHHIKARA et al., 2019). A flavonoidokra a C6-C3-C6 alapváz jellemző. Az alapszerkezet rendkívül nagyszámú változatosságot biztosít, jelenleg 4000-féle különböző szerkezetű

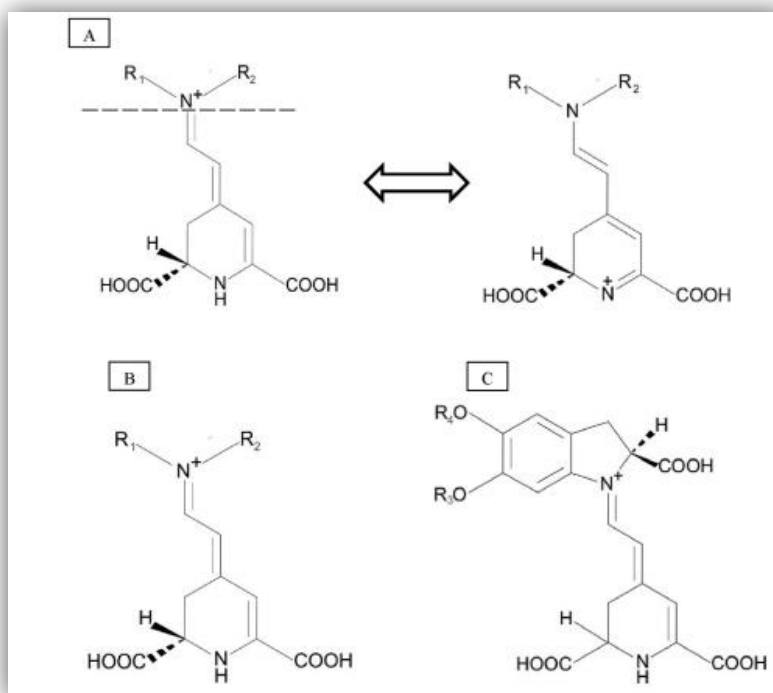
flavonoidot tartunk számon. A flavonoidok antioxidáns tulajdonságainak mértéke alapvetően az adott molekula szekezetétől függ, és az antioxidáns hatásereése szoros és pozitív összefüggést mutat a hidrolizáció mértékével (HEGEDŰS és STEFANOVITSNÉ, 2012). A flavonoidok magasabb rendű növényekben fordulnak elő, másodlagos anyagcseretermékek, melyek a növények szárának, levelének, virágának, termésének színezéséért felelősek. A flavonoidok sokféle színt eredményezhetnek, mint például sárga, narancs, piros, ibolya, kék, azonban egy részük színtelen (GASZTONYI, 1979). Számos vizsgálat bizonyította már, hogy a cékla jelentős mennyiségű flavonoid vegyületet tartalmaz. Többek között megtalálható benne a katechin, az epicatechin, a rutin, a betagarin, és a betavulgarin. VULIC és munkatársai (2014) arról számoltak be, hogy a céklában található flavonoidok fő csoportja közé tartozik a betagarin, a betavulgarin, a cochiophilin A, a dihidroizoramnetin.

A szaponinok olyan bioaktív vegyületek, amelyeket a növények termelnek a kórokozók és a növényevők ellen. A korábbi vizsgálatok szerint tizenegy triterpén-szaponin található a céklában. A szaponinok mindegyike oleanolsav származékokat tartalmazott. A betovulgarozidok I., II., III., IV., VI., VII., VIII. szaponinokat azonosították a gyökérből, míg a betavulgarozidok I, II, III, IV, V, IX és X szaponinokat a levelekben detektálták (MROCZEK et al., 2012; LIM, 2016). MIKOLAJCZYK-BATOR és munkatársai (2016) arról is beszámoltak, hogy 26 triterpén-szaponin jelenlétét mutatták ki a céklában, melyből 17 triterpén-szaponint nem izoláltak korábban céklában és 7 triterpén-szaponint pedig új vegyületként azonosítottak.

Betalainok

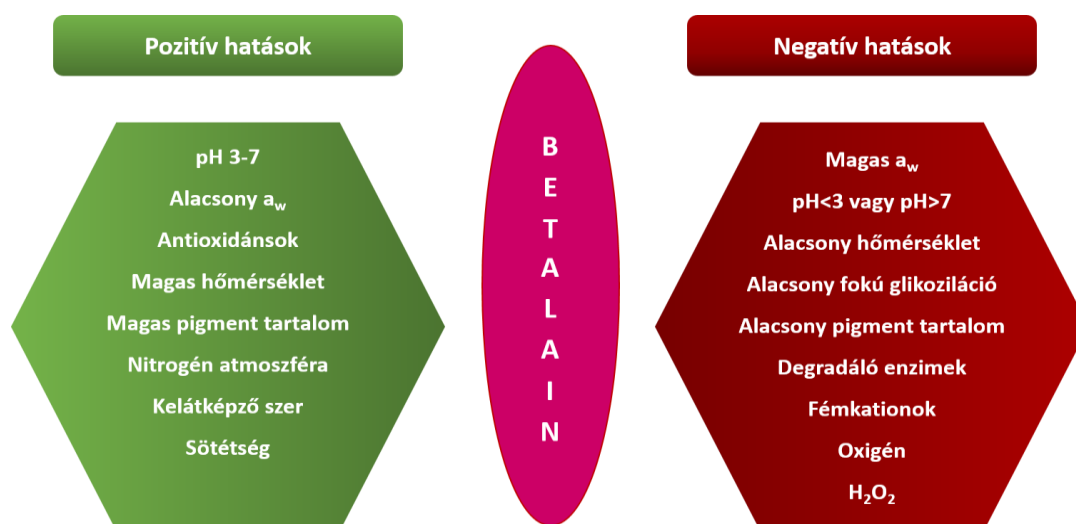
A betalainok magasabb rendű növények pigmentjei, nitrogéntartalmú és vízoldható vegyületek, a *Caryophyllales* rendbe tartozó növényekben találhatóak meg (TARNAVÖLGYI, 2009). Az ebbe a rendbe tartozó családok közül tízet azonosítottak úgy, mint betalain termelő. A *Chenopodiaceae* család, vagyis a *Beta vulgaris* családja is ezek közé tartozik. A név a cékla latin nevéből ered (*Beta vulgaris*), ugyanis ez volt az első növény, amelyből azonosították őket. A betalainokat általánosan jellemző szerkezetük szerint osztályozzák (3. ábra). Összesen 70 betalaint ismerünk, melyek alapváza a diazo-heptametin. A betalainok két alcsoportra oszthatóak: a betacianin-vegyületekre, amelyek a vöröses, ibolyás színt adják, és a betaxantinokra, amelyek a sárgás színekért felelősek (DELGADO-VARGAS et al., 2000). A betalainok alapvegyülete, a diazo-heptametin szerkezeti rezonanciája eredményezi a színét. Ennek megfelelően különböztethetjük meg a fent említett két nagyobb csoportot (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003). A növényekben jelenlévő betacianinek közé tartozik a betanin, az izobetanin,

a protetanin és a neobetanin, a betaxantinok közé pedig a vulgaxantin, a miraxantin, a portulaxantin és az indikaxantin sorolhatóak (SALISBURY és ROSS, 1991). A növényfiziológia bizonytalan a betalainok növényekben betöltött szerepükkel kapcsolatban, azonban KIMLER (1975) tanulmányában gombaölő tulajdonságáról számol be.



3. ábra: A betalain rezonancia struktúrája [A], a betacianin [B] és a betaxantin [C] általános struktúrája (Forrás: FRANCISCO és PAREDES-LOPEZ, 2003)

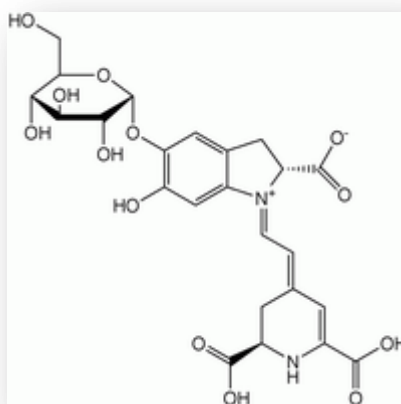
A kezdetekben a betalainokat „nitrogénes antocianinoknak” nevezték, azonban később kiderült, hogy helytelen volt szerkezeti hasonlóságot feltételezni a színanyagok között (LAWRENCE et al., 1939). Mind a betalainok, mind az antocianinok vízdékony pigmentek, amelyek a növényi sejtek vakuólumaiban találhatóak. Azonban a betalainok szerkezetileg és kémiaiilag teljesen ellentétesek az antocianinokkal, és nem találtak arra bizonyítékot, hogy ugyanabban a növényben egyaránt előfordulnának. Minden betalain egy glikozid cukorból és színes részből áll (3. ábra). A szintézisüket a fény elősegíti (STAFFORD, 1994). A betalainok stabilitását befolyásoló tényezőket a 4. ábra tartalmazza.



4. ábra: A **betalainok stabilitását befolyásoló hatások** (Forrás: CHHIKARA et al., 2019)

Minden színanyag csoportot R_1-N-R_2 részek jellemezzék. Több mint 50 betalaint írtak le ugyanazzal az alapszerkezettel. A betalainokat már a 20. század óta használják ételszínezékként. Kezdetben a betalain tartalmú alkörmös növényt használták, mellyel a vörösbor színét tudták utánozni (DELGADO-VARGAS et al, 2000).

A céklában a legnagyobb mennyiségben megtalálható betalain vegyület a betanin (5. ábra), mely a betacianinok másodlagos metabolitja. A raktározó gyökérben található, ahol akár a 0,5g/kg koncentrációt is elérheti a mennyisége (STRACK et al., 2003). A betaninon kívül izomerje is megtalálható a növény színanyagai között. Ez a vegyület az izobetanin, a két anyag együttesen pedig a színanyagok akár 88-93%-át is kiteheti (GASZTONYI et al., 2001; LIU et al., 2008). KUJALA és munkatársai (2002) által HPLC módszerrel vizsgált négy céklafajta esetében a detektált vulgaxantin I és II $1,4 \pm 0,3$ mg/g sz.a és $4,3 \pm 0,4$ mg/g sz.a; betanin $7,6 \pm 0,1$ mg/g sz.a és $2,9 \pm 0,2$ mg/g sz.a, izobetanin $0,02 \pm 0,01$ és $3,1 \pm 0,1$ mg/g sz.a közötti értékeket vett fel.



5. ábra: **Betanin szerkezeti ábrája** (Forrás: CHHIKARA et al., 2019)

A cékla színanyagai koncentrátum formájában elérhetőek, mint természetes színezék, melyet jellemzően vákuumbepárlással vagy porlasztva szárítással állítanak elő. A színanyagok kémiai lebomlását befolyásolja a hőkezelés időtartama és hőmérséklete továbbá a termék pH-ja és vízakivitása (NEMZER et al., 2011). Erjesztésével nagyjából 75 %-os betacianin tartalom őrizhető meg azért, hogy a pH-t körülbelül 4-re csökkent. Ezzel a savas közeggel elkerülhető a hőkezelési eljárás antioxidáns kapacitást csökkentő negatív hatása (KUSZNIEREWICZ et al., 2008).

Karotinoidok

A karotinoidok a fitokémiai anyagok egy csoportja, amelyek különböző gyümölcsök és zöldségek színéért felelősek. A céklában jelen lévő karotinoidok antioxidánsként, antikarcinogénként és immunerősítőként is funkcionálnak a védelmi szerep mellett, továbbá mutagenezist gátló aktivitást tulajdonítanak nekik, mely képes csökkenteni a rák kialakulásának kockázatát (SARDANA et al., 2018). A cékla levelek β -karotint és xantofilokat tartalmaznak, mint például a lutein (CHHIKARA et al., 2019). REBECCA és munkatársai (2014) 1,9 mg/100 g karotint mutattak ki a céklában.

2.1.8. Nitrát-, nitrit tartalma

A nitrátok alapvetően nem toxikusak az emberi szervezetbe kerülve, azonban ha kiürülésük lelassul, nitritté alakulhatnak. Ahhoz, hogy a nitrogén képes legyen a növény szöveti elemeibe beépülni, és ne a szövetekben halmozódjon fel, a megfelelő, elfogadott szerek előírászerű alkalmazása mellett az is fontos, hogy a növény számára kedvező időjárási viszonyok (megfelelő hőmérsékleti és fényviszonyok) között fejlődjön.

A nitritek többek között azért veszélyesek, mert a vérben található mioglobinhoz vagy hemoglobinhoz kötődve methemoglobinémiát okozhatnak, vagyis gátolják a vér oxigénszállítását, és így az izmok oxigén-ellátását. Ezen folyamat során a kétértékű vas molekulák a nitrozamin oxidáló hatása révén három vegyértékűvé válnak, és így nem képesek az oxigén megkötésére (SZIGETI, 2010a). Ezt az állapotot kékvérűségnek is nevezzük, tünetei a névből adódóan kékülés, fáradtság, gyengeség, fejfájás, zavartság. A tünetek közül a kékség az első jel (kb. 15%-os szintnél), a többi tünet csak akkor jelenik meg, ha a methemoglobin magasabb szintet ér el. Súlyos esetben, 70%-os szint környékén halált is okozhat a betegség.

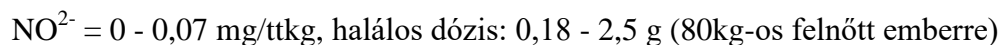
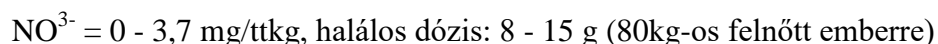
A nitrit és nitrát elsősorban a zöldségfélékkel és az ivóvízzel jut be az emberi szervezetbe. A 201/2001. Kormányrendelet alapján az ivóvízre vonatkozó határérték a nitrit esetében 0,5 mg/l, a

nitrát esetében 50 mg/l. Míg az ivóvizekbe kerülő nitrátok mikrobiológiai úton nitritekké redukálódhatnak, addig a növényekben előforduló nitróz-inhibitorok megakadályozzák ezt a folyamatot, vagyis a növényi élelmiszerek nitrát tartalma változatlanul juthat be a belőlük készített élelmiszerekbe. Ezzel szemben az egyes növényi készítmények nitrit tartalma a tárolási körülményektől függően (főként magasabb hőmérséklet hatására) számottevően emelkedhet (SZIGETI, 2010b). STÉGERNÉ és munkatársai (2007) által végzett kísérlet során amíg a répalé nitrát tartalma hűtött tárolás során alig volt mérhető, addig szobahőmérsékleten tarott minták esetében 24 órán belül 60 mg/kg nitrit-koncentrációt mutattak ki.

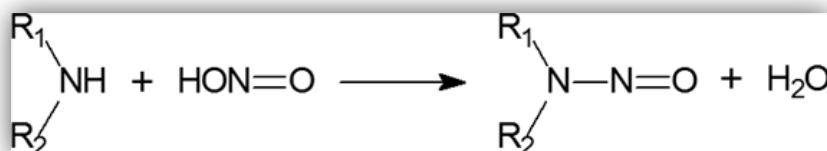
A NÉBIH Közleménye (2015) szerint minden év őszi-téli, kora tavaszi időszakában előfordul, hogy súlyos, cianotikus tünetekkel járó nitrát mérgezéssel, életveszélyes állapotban kórházba kerül egy-egy csecsemő. Csecsemőknél a nitrát mérgezést sok esetben a házi készítésű sárgarépa és cékla pürében 1-2 napos tárolás alatt feldúsuló nitrát jelenléte okozza. A nitrát mérgezés felnőtteknél nagyon ritka, azonban a nyolc hónaposnál fiatalabb csecsemők rendkívül veszélyeztetettek, mivel szervezetükben még fejletlen a nitrát lebontó enzim, amely csak három éves korra alakul ki teljes mértékben. Az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról szóló 1881/2006/EK rendeletben az élelmiszeripar által előállított bébiételek esetében 200 mg/kg nitrát határérték került felállításra. A jogszabályban leveles zöldségekre (saláta, spenót) megállapított határértékek 2000 és 4500 mg/kg között vannak, céklára azonban nincs külön határérték.

A nitrit karcinogén hatásairól már 1977-ben FINE és munkatársai is írtak, amelyet azzal hoztak összefüggésbe, hogy a nitritből szekunder vagy terciér aminokkal reagálva nitrózaminok keletkeznek. Eddig közel 100 nitrózamin (6. ábra) típusú vegyületet azonosítottak, azonban csak 80 közülük a bizonyítottan rákkeltő hatású. A nitrózaminok exogén és endogén úton is bejuthatnak az emberi szervezetbe. Exogén úton többnyire füstöléssel tartósított hústermékek fogyasztásával kerülhetünk velük kapcsolatba, még endogén keletkezésük már a szájban elindul, ahol a nyál baktériumai az élelmiszer nitrát tartalmát nitritté redukálják, a gyomor savas környezetében pedig befejeződik az aminok nitrózóvegyületekké való átalakulása. A nitrózaminok erős mérgek, melyek az örökítőanyag (DNS) szerkezetét támadják meg, így már kis koncentrációban is karcinogén hatásúak. Mennyiségük csökkentése antioxidáns adagolással, műtrágya megfelelő mértékű adagolásával, illetve húsfeldolgozás során csökkentett nitrit- és nitrát adagolással érhető el (CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003).

A Joint FAO/WHO Expert Committee On Food Additives (JECFA) a nitrózaminok toxicitását közvetve a nitrátok és nitritek mérgezőségén keresztül adta meg azok halálos dózisában:



Ezért érdemes az emberi szervezet exogén és endogén nitrózaminterhelését alacsony szinten tartani (SZIGETI, 2010b).



6. ábra: Nitrózaminok képződése (Forrás: CSAPÓ és CSAPÓNÉ, 2003)

7. táblázat: Néhány zöldségféle nitrát-tartalma (STÉGERNÉ et al., 2007 nyomán)

NO ₃ mg/kg	Zöldségféle
0 – 200	Spárga, Burgonya, Kelbimbó, Zöldborsó, Paprika, Paradicsom
200 – 500	Vöröshagyma, Uborka, Brokkoli, Karfiol
500 – 1000	Sárgarépa, Kelkáposzta, Fejes káposzta, Vöröskáposzta
1000 – 2000	Zeller, Petrezselyem, Karalábé
2000 – 2500	Salátafélék, Paraj, Cékla, Retek

A 7. táblázat adataiból látható, hogy a salátafélék és gyökérzöldségek tartalmazzák a legtöbb nitrátot, vagyis kifejezetten előnyös élettani hatásokkal bíró cékla egyúttal az egyik legnagyobb nitrát forrásként szerepel az étrendünkben. WRUSS és munkatársai (2015) 16 kereskedelmi forgalomban is kapható céklalé és négy céklapor nitrát tartalmát vizsgálták, melynek során az eredmények nagy változatosságot mutattak széles tartományban (0,01-2,4 mg/l). Mindezek tükrében nehéz eldönteni, hogy a cékla rendszeres fogyasztása valóban egészségesnek mondható étkezési szokás-e (FARKAS et al., 2010).

A cékla nagy mennyiségű nitrátiót (NO³⁻) tartalmaz, LIDDER és WEBB (2013) által vizsgált minták átlagosan 1459 mg/kg mennyiséget tartalmaztak. Az értékek széles skálán mozogtak (644 mg/kg és 1800 mg/kg között). A frissen préselt cékla nitrit tartalma elhanyagolhatóan bizonyult, azonban a bakteriális nitrát reduktáz enzim hatására ez az érték néhány nap alatt csaknem 600 mg/l-re nőtt.

Számos kutatás vizsgálta, hogyan lehetne a nitrát felhalmozódást csökkenteni különböző növényi kultúrákkal (pl.: vesszős köles: *Panicum vigratum*), vagy eltávolítani például

borzhínárral (*Ceratophyllum demersum*) (LARSON, 2001). MAROUŠEK és munkatársai (2017) a céklatermesztés során talajjavítóként használható bioszénnel (biochar) módosított műtrágya hatását vizsgálták, mely nagy mennyiségben tartalmazott nátrium sót. Ennek eredményeként nagyobb lett a talaj vízvisszatartása, valamint ásványi nitrogén átalakulásához vezetett, csökkentve ezzel a nitrát koncentrációt a céklában. A kísérlet alapján ez a mechanizmus 28%-kal csökkentette a nitrát bevitelt. Ugyanakkor több tanulmány a nitrát tartalom egészségre gyakorolt kedvező hatásáról is ír. Ha a nitrát részlegesen átalakul nitrogén-monoxiddá, akkor értágító hatást fejthet ki, mely a vérnyomás csökkenéséhez vezet. A nitrogén-monoxid az ereket belülről borító egyrétegű hámban keletkezik, ahonnan átdiffundál az érrendszer falának izmaiba, és ellazítja őket. Ezáltal csökkenti a szív- és érrendszeri megbetegedések, infarktus kialakulását. Pozitív hatást fejt ki a gyomorfekélyben, veseelégtelenségben, vagy anyagcserezavarban szenvedő betegek körében is (BUTLER, 2015; HABERMEYER et al., 2015). A *Washington University School of Medicine* 2015-ös tanulmánya a táplálkozással felvett nitrát felvétel hatását vizsgálta. Először végeztek olyan kísérleteket, amelyekkel azt próbálták bizonyítani, hogy a nitrát pozitív hatással van sportolás során az izmokra. A kutatás során arra a megállapításra jutottak, hogy az étkezéssel bevitt nitrát növeli a mozgás során igénybevett izmok erejét. Bár ez a hatás nagyon kicsi, mégis releváns volt a sportolók számára a klinikai esetekben (COGGAN et al., 2015). A felhalmozódás azonban azért jelenthet problémát, mert a növényekben található nitróz-inhibitorok megakadályozzák az átalakulásukat, így a nitrát változatlanul jut be az emberi szervezetbe az elfogyasztott táplálékon keresztül (SZIGETI, 2010b). Ezek a nitritek és nitrátok nitrogén-oxidokká alakulnak a szervezetben, ami kulcsfontosságú a vérnyomás szabályozásában. Egy kísérletben a diasztolés és az elsődleges artériás vérnyomást csökkentette azon személyek esetében, akik három napig vízben oldott nitrátsókat kaptak a placebo csoporthoz képest. (LARSEN et al., 2006). Egy másik esetben a szervezet oxigénhasznosítását mérték, és arra a megállapításra jutottak, hogy jobban teljesítették a nagy intenzitású testmozgást a kísérletben résztvevő személyek akkor, amikor a nitrátsót nagy mennyiségben tartalmazó céklalevet fogyasztották, szemben a placebo vagy az alacsony nitrát-tartalmú lé bevitelénél (BAILEY et al., 2009).

Egyes vizsgálatok azonban összefüggést mutattak ki a depresszió és a vérplazma nitrogén-oxid magas koncentrációja között (SUZUKI et al., 2001). Bizonyos körülmények között endogén nitrozálás fordulhat elő, így nem zárható ki, hogy egyes nitrátok rákkeltő hatásúak lehetnek, vagyis megnövelhetik a rák kialakulásának kockázatát. A nitrit/nitrát bevitelnek egyaránt lehetnek pozitív és negatív hatásai is. Ahhoz azonban, hogy teljes mértékben megérthessük a nitrátban, nitritben gazdag diéta előnyét illetve hátrányát, fontos minden részletre kiterjedő

tanulmányokat készíteni, mely kísérleteket elsősorban embereken szükséges elvégezni (HABERMEYER et al., 2015).

2.1.9. Táplálkozás-élettani hatásai

Számos kutató által végzett farmakológiai vizsgálatok eredményei azt igazolják, hogy a cékla hatékonyan és előnyösen alkalmazható különböző betegségek kezelésében (CHHIKARA et al, 2019). A céklában nagy mennyiségben megtalálható betacianinok fellépnek az oxidatív stressz és a szabad gyökök káros hatásai ellen, antibakteriális és vírusellenes tulajdonságokkal rendelkeznek, gátolják a rákos sejtek szaporodását és részt vesznek a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében (KAPADIA és RAO 2013; KAZIMIERCZAK et al., 2014). Mivel a cékla az emberi szervezetre számos pozitív hatást gyakorló tulajdonsággal rendelkezik, így gyógynövényként is ismertté vált. A cékla többek között a korábban említetteken kívül gyulladáscsökkentő és májvédő hatással is rendelkezik (SLAVOV et al., 2013). A népi gyógyászatban betöltött szerepe nagy jelentőséggel bír. A zöldség magvaiból készült főzetet az intesztinális és genitális tumorok kezelésére alkalmazták. Úgy vélték, a zöldség húsból készült lé segítséget nyújt a tumorok, a leukémia vagy a rák más fajtáival szembeni küzdelemben. A lé néhány összetevője közül a betacianinok fontos szerepet játszanak a rákos sejtek anyagcseréjének gátlásában. Emellett még jelen van az aminok két nagyon fontos komponense: a kolin és annak oxidált formája, a betain, amelyek hiányában a kísérleti eredmények azt mutatták, az egerek testében nagyobb valószínűséggel képződhet tumor (DUKE, 1983). VÁLI és munkatársai (2007) kutatási során vizsgálták a cékla bioaktív anyagainak májvédő tulajdonságait a patkány ischaemia-reperfúziós károsodás modelljében. A táplálás eredményeképpen a máj globális paraméterei és enzimikus antioxidánsok (glutathion-peroxidáz és szuperoxid-diszmutáz) szignifikánsan növekedtek, ami a kezelés pozitív hatását jelezte. Az eredményekből látható, hogy a természetes antioxidánsban gazdag étrend pozitív hatást gyakorol a redox homeosztázisra a máj ischaemia-reperfúziós károsodása során.

A betanin nevű színanyag elsősorban nyirokrendszeri daganat gátló, ugyanakkor vérnyomáscsökkentő hatása is ismert. Tumorgátló hatásának bizonyítása Ferenczi Sándornak köszönhető, aki 1961-ben állatkísérletek során felfedezte, hogy a betanin színanyag fellép a rákos sejtekkel szemben. A pácienseinek azt tanácsolta, hogy fogyasszanak napi 1 liter kipréselt céklalevet 3 hónapig, ami nem csak a rákos sejtekkel szemben lép fel, de a vérképet is javítja. Ferenczi mellett Rudolf Breuss természetgyógyász is javasolta a cékla, burgonya, zeller, retek, sárgarépa levének fogyasztását 2,5-3 liter mennyiségben. Felfedezte, hogy ez a léböjtkúra a tumoros sejtek visszaszorítását segíti (VERES, 2005). NYIRÁDY és munkatársai (2010)

hormonrezisztens és metasztatikus prosztatákos, taxan-kemoterápiában részesülő betegek életminőségének javítása érdekében kereskedelmi forgalomból származó természetes céklakeszítményt adtak egy hónapon át 2×10 g dózisban 24 betegnek. Eredményeik azt mutatták, hogy a betegek döntő többségére a cékla kedvező hatást gyakorolt, és a tumoros betegek jellemző szignifikánsan magas Zn- és szabadprotoporfirin-szintek csökkentek, valamint a transzmetilezési folyamatok felgyorsultak.

A cékla fogyasztása a magas betanin tartalmából adódóan beeturia-t (vörös vizelet) és vörös ürüléket okozhat olyan emberekben, akik képtelenek lebontani (ESCRIBANO et al., 1998; FRANK et al., 2005). Az élelmiszeripar érdeklődése a betalainok felé nőtt, mivel védelmet nyújthatnak az alacsony sűrűségű lipoproteinek oxidációjával szemben (TESORIERE et al., 2004).

A cékla is antioxidáns aranybányának számít, mint sok más színes zöldség (SINGH és HATHAN, 2014; GULDIKEN et al., 2016). FIDELIS et al. (2017) kimutatták, hogy a céklalé (5,45 pH, 9 °Brix) nagyobb mennyiségű összfenol- (1169 mg GSE/l), flavonoid- (925 mg katechin-ekvivalens/l) és pigment tartalommal (854 mg/l) rendelkezik mint a citrusfélék, a sárga passió gyümölcs, az alma és az áfonya, mely azt is eredményezi, hogy antioxidáns profilja (325 mg ASE/l) jobbnak számít náluk. WOOTTON-BEARD és RYAN (2011) megállapították, hogy betanin és aglyconebetanidinje rendkívül magas antioxidáns aktivitással rendelkeznek, melyek eredményesnek bizonyultak a lipidperoxidáció megelőzésében (KATHIRAVAN et al., 2014).

A cékla számos bioaktív vegyületet tartalmaz, melynek eredményeként természetes antianémiás, gyulladáscsökkentő, antihipertenzív, rákellenes, lázcsillapító, antibakteriális, méregtelenítő és vizelethajtó tulajdonságokkal rendelkezik (HOBBS, et al, 2013; LIDDER és WEBB, 2013), emellett serkenti az immunrendszert, a vese- és májvédelmet (MIRAJ, 2016). SLAVOV és munkatársai (2013) igazolták, hogy a tüdő- és bőrrák kemoprevenenciójában a betalain pigmentek szerepet játszanak, valamint gátolják a különböző humán tumorsejtek sejtproliferációját. IGLESIAS és munkatársai (2015) szintén a rákellenes hatásukat igazolták, továbbá enyhén csökkentik a gyulladással kapcsolatos reakciót és modulálják az immunválaszt.

A céklában jelen lévő nitrátok képesek csökkenteni a vérnyomást, védnek az iszkémiás reperfüziós károk és a mitokondriális funkciók modulációja ellen (SATYANAND et al., 2014), valamint csökkentik a rossz koleszterin mennyiségét (GULDIKEN et al., 2016). NINFALI és ANGELINO (2013) szintén beszámol a cékla extraktumok vérnyomáscsökkentő hatásáról és hipoglikémiás aktivitásáról. MONTEIRO és AZEVEDO (2010) tanulmányában olvasható, hogy a cékla rendszeres fogyasztása csökkenti a gyulladás esélyét (az ösztönös reakciót,

beleértve a fertőzést, erythemát, ödémát, traumát, lázat és a fájdalom által okozott sejtkárosodást).

A cékla egészséges táplálék az egész emésztőrendszer számára. A víz, melyben céklát főztek, alkalmazható bőrfertőzések, pattanások és fekélyek kezelésére (GAMAL et al., 2014). A céklalé elősegíti a vér tisztulását, regenerálja és újraaktiválja a vörösvérsejteket, és friss oxigént szolgáltat a szervezetnek (COLES és CLIFTON, 2012). A cékla réztartalma elősegíti a benne lévő vas felszívódást. A cékla alkalmazható láz és székrekedés kezelésére is (YASHWANT, 2015).

2.1.10. Feldolgoása és a feldolgozás hatásai a biológiailag aktív komponensekre

A cékla élelmiszerként történő felhasználását számos kutató és az élelmiszeripar egyaránt vizsgálta színének, ízének és tápanyagának uralkodó hatása miatt. A céklát világszerte fogyasztják, még Kelet-Európában a cékla leves formájában népszerű, addig Dél-Amerikában a pácolt cékla számít hagyományos ételnek. Napjainkban a cékla nagy részét savanyúság előállítására használják fel, míg egy kisebb részből levet gyártanak (YASHWANT, 2015).

Hazánkban a feldolgozóipar a cékla nyersanyagból elsősorban tartósított savanyúságot és lé alapanyagot állít elő, ritkábban céklasűrítményt és céklaport, amiket később színezőanyagként hasznosítanak. A hengeres répatestű céklából szeletelt, míg a gömbölyűekből kockázott terméket készítenek. Bébi céklaként a gömbölyű fajtákat konzerválják. Több európai országban a cékla zsenge leveleiből levest, főzeléket és salátákat készítenek (KOVÁCS, 2011). Nagy antioxidáns tartalma miatt a konzervipari termékeken kívül többféle készítmény előállítására használják. Ma már egyre több gyártó cég termékeként jelenik meg a céklalé, amely bio zöldségből készült változatban is elérhető. (KÄHKÖNEN et al., 1999).

A cékla alkalmas a szintetikus színezékek helyettesítésére (SLAVOV et al., 2013), és válhat ezzel marketing eszközzé az élelmiszeriparban (YADAV et al., 2014). Ennek oka, hogy a szintetikus színezékek negatív hatással lehetnek az emberi egészségre, allergiát okozhatnak, illetve hosszú távú fogyasztásuk rákkeltő hatással bírhat (PANGHAL et al., 2018). Számos élelmiszerben használnak szárított és koncentrált céklalevet is a piros szín intenzitásának növelése céljából. Ilyen termékek például a jégkrémek, lekvárok, desszertek, paradicsomsűrítmények, italok és tejtermékek (KALETA és GÓRNICKI, 2010). Friss céklát, céklaport vagy extrahált pigmenteket használnak a levesekhez, mártásokhoz, édességekhez, fagyaltokhoz és reggeli gabonafélékhez (SINGH és HATHAN, 2014; SRUTHI et al., 2014). A választás nagyban függ a gyártástechnológiától, viszont nem csak a segédanyag halmazállapota,

hanem a hőérzékenysége miatt is. Hő hatására színe barnásra változik (AGRAWAL, 2013), ám ennek ellenére is előfordul hőkezelt, majd hűtve tárolt italokban, desszertekben, jégkrémekben, tejtermékekben, cukrászati termékekben (CHAPMAN, 2011).

A feldolgozási módszerek jelentős hatást gyakorolnak az antioxidáns aktivitásra, a fitokemikáliák hozzáférhetőségére. Egyes feldolgozási módok, mint a mikrohullámú vákuumszárítás, erjesztés és sugárzás, fokozzák az antioxidáns kapacitást és a pigmentek stabilizálását, miközben a konvektív szárítás csökkenti a színmegtartást (LATORRE et al., 2010; GOKHALE és LELE, 2011). VASCONCELLOS és munkatársai (2016) céklachips (95,70%), céklapor (95,31%), főtt cékla (85,79%) és céklalé (80,48%) összes antioxidáns aktivitását vizsgálták. Eredményeik szerint szignifikáns különbség nem alakult ki a céklachips és céklapor antioxidáns aktivitása között, valamint ezekben magasabb értékeket detektáltak, mint a főtt céklában és a céklalében. PIETRZKOWSKI és THRESHER (2008) által kidolgozott folyadékromatográfiás eljárással a céklapor betalain tartalmát tudták növelni azáltal, hogy még a szárítás előtt a céklalevet átengedték egy szilikagél oszlopon. Így akár 45 m/m %-os betalain koncentráció is elérhető. NEMZER és munkatársai (2011) megállapították, hogy ezzel az új technológiával előállított magasabb betalain tartalmú céklapor C-vitamin tartalma 615 mg/100 g, amíg a hagyományos módszerrel, szárítószekrényben előállított céklapor esetén ez az érték mindössze 1-7 mg/100 g.

A tényezők, melyek befolyásolják az antioxidánsok vagy betalainok stabilitását, a tárolás pH, hőmérséklet, vízakaktivitás, oxigén, fémek és ionsugárzás (WOOTTON-BEARD et al., 2011; GULDIKEN et al., 2016). A betalainok optimális stabilitása 3-7 között pH tartományban érhető el, mely azt sugallja, hogy savas élelmiszer-készítményekben érdemes alkalmazni. Tehát a betalainok stabilak 5-ös pH-val rendelkező élelmiszerekben, még a pH 3 alatti termékekben a betanin színe ibolyára, 7-es pH érték fölött kékre változik a hosszabb hullámhossz miatt (WOOTTON-BEARD et al., 2011). A betanin lúgos környezetben degradálódik, az aldimin hidrolízisével ferulinsavat képez egy amino csoporttal. A betanin lebomlása a pH 3-on háromszor magasabb, mint a pH 5-nél fluoreszkáló fény alatt. Úgy találták, hogy a betalain stabilabb volt pH 5,5 és 5,8 között oxigén jelenlétében. Anaerob körülmények között a betalain 4-5 pH értéknél bizonyult stabilnak (MANCHALI et al., 2013, RAVICHANDRAN et al., 2014; PACIULLI et al., 2016).

A **vízaktivitás** szabályozza a biokémiai konverzió mértékét és befolyásolja a betanin stabilitást szabályozva, az aldimin kötés hasításának a vízfüggő hidrolitikus reakcióját. A vízaktivitás csökkenés (0,63 alatt) különböző kezelési eljárások során, mint például a szárítás és bepárlás, fokozza a betalainok stabilitását (KEARSLEY és KATSABOXAKIS, 1980). A

vízaktivitás növekedése 0,32-től 0,75-ig növeli a betalain degradáció mértékét. Azonban a kapszulázott cékla pigment esetében a betanin legnagyobb mértékű degradációja 0,64 vízaktivitási értéken fordul elő (SERRIS és BILIADERIS, 2001).

A **hőmérséklet** szintén befolyásolja a betalainok stabilitását. A hőmérséklet növekedése betalain degradációt eredményez. A termikus lebomlást azonban a hőmérsékleti tartomány, a melegítés mértéke, az oxigén jelenléte, és a pigment koncentrációja szintén befolyásolja (HERBACH et al., 2006).

A **színanyagok** oxidálódnak és degradálódnak fény jelenlétében. Fordított arányosság van a 2200-4400 lux tartományban eső fényintenzitás és a betalain stabilitása között. Az ultraviola és látható tartományba eső fény elnyelése gerjeszti a betalain kromofor elektronjait, mely nagyobb reaktivitást vagy alacsonyabb molekulaaktiválási energiát indukál. A fény hatása azonban anaerob körülmények között elhanyagolható (MANCHALI et al., 2013; RAVICHANDRAN et al., 2014; PACIULLI et al., 2016).

Azonosítottak néhány fémkationt, mely elősegíti vagy felgyorsítja a betanin degradációt, mint a vas, réz, ón és alumínium stb. Egy tanulmány szerint a céklalé kevésbé érzékeny a fémionokra, mert fémkomplekképzők találhatóak benne. Kimutatták, hogy a kelátképző szerek (citromsav és EDTA) stabilizálják a betanint a fém által katalizált degradációval szemben (MANCHALI et al., 2013; PACIULLI et al., 2016; RAVICHANDRAN et al., 2014).

2.2. Szárítás

A szárításnak, mint vízlevonásos tartósításnak a lényege, hogy elvonják a mikroorganizmusok számára nélkülözhetetlen vízmennyiséget (BURITS és BERKI, 1974). A zöldségekben és a gyümölcsökben lévő 80-90%-os víztartalom kiváló táptalaj a különböző mikroorganizmusok, például a penészgombák és a baktériumok számára. A szaporodásuk normál hőmérsékleten is erjedéshez és rothadáshoz vezet (ERDÉLYI, 2004).

Ha a levegő páratartalma nagyobb, mint az élelmiszeré, akkor vizet vesz fel, és a termék visszanedvesedik. A rehidratálhatóság több szempontból is fontos. Egyrészt mivel a mikroorganizmusok víz jelenlétében gyorsan szaporodnak. A legnagyobb vízigénye a baktériumoknak van, mivel 0,91-nél kisebb vízaktivitás (a_w) értéken már nagyon nehezen szaporodnak. Az élesztőgombák $a_w = 0,88$, a penészgombák pedig $a_w = 0,80$ alatt már nem tudnak szaporodni (SZENES és OLÁH, 1991). Másrészt a szárított termék további feldolgozása miatt is jelentős a visszanedvesedés. A pudingok, desszertek, müzlik, alapanyagait főleg szárított por formájában tárolják a további feldolgozásig. A tárolás során fontos, hogy ne nedvesedjen vissza

a termék, azonban a feldolgozás során alapvető igény, hogy gyorsan visszacapja eredeti nedvességtartalmát. A visszanedvesítés során azonban a szárított anyag nem képes az eredeti nedvességtartalmát visszanyerni. Ennek oka, hogy a hőmérséklet és a nedvesség áramlásának hatására a sejtfalak roncsolódnak és zsugorodnak. A visszanedvesítés mértékét befolyásolják a szárítás paraméterei, és a sejtek szöveti tulajdonságai (SEREMTE et al., 2016).

2.2.1. Szárítási módok csoportosítása

A különböző szárítóberendezések két nagy csoportba oszthatóak, az egyik az alacsonyabb nyomáson működő vákuumszárítók, a másik pedig az atmoszférikus nyomáson üzemelő szárítók (BURITS és BERKI, 1974).

További csoportokat különböztethetünk meg a kötési energiák felszabadításához és a fázisváltási hőhöz befektetett energia jellege szerint. Ez alapján konvekciós, vagyis meleg levegővel működő-, kontakt (fűtött felület) -, hőszugárzással működő-, kombinált hőközléssel működő-, dielektromos- és gerjesztéses (mikrohullámú) szárítók ismertek (BARTA és KÖRMENDY, 2007).

A szárítóberendezések osztályozhatóak még működésük (szakaszos vagy folyamatos), szárítóközegük (levegő, levegőelegy vagy túlhevített gőz, esetleg folyadék), szárítóközegük áramlása (természetes, mesterséges), szárítóközegük mozgásiránya (egyen-, ellen-, keresztáramú) és a szárítókamra-konstrukciója (kamrás, alagút, szekrényes stb.) alapján (GINZBURG, 1976).

A szárítás a legfontosabb tartósítási eljárás sokféle élelmiszer számára például magvak vagy zöldségek esetében. A szárított élelmiszerek egyik legfontosabb minőségi paramétere a nedvességtartalom. Ezt alacsony szinten kell tartani, hogy gátolja a mikroorganizmusok és a penészgombák növekedését (PU és SUN, 2015). A nedvesség eltávolításával tehát minimalizálhatóak a vizes közeget igénylő romlási folyamatok kialakulásai. A szárítás jelentős tömeg és térfogat csökkenést eredményez, ami mérsékeli a csomagolás, tárolás és szállítás költségét, illetve lehetővé teszi a szobahőmérsékleten történő biztonságos tárolást (JAYARAMAN, et al., 1995). Az élelmiszerekre jellemző tulajdonság a vízáktivitás, aminek jelentős befolyása van a szárított élelmiszerek stabilitására. A magas vízáktivitás rövidebb eltarthatóságot eredményez, ami a kedvezőtlen biokémiai változásoknak és a mikroorganizmusok szaporodásának köszönhető. Ahhoz, hogy ezeket visszaszorítsuk a vízáktivitásnak 0,6 alattinak kell lennie a szárítmányokban (BARBOSA-CÁNOVAS, et al., 2007).

Atmoszferikus szárítás

A szárítás atmoszferikus vagy ehhez közeli nyomáson zajlik. Ezek közül a szárítástechnikában és az élelmiszeriparban is a legkedveltebb a konvekciós szárítók. A hőközlést felmelegített gáz végzi, amelynek szárítóközegként a hőátadáson kívül a nedvesség felvétel is a feladata. A szárítóközeg általában meleg levegő, de alkalmaznak magas hőmérsékletű gáz –levegő elegyet, vagy fűtőanyagok égéstermékeit is. A szárítást befolyásolja a szárító közeg hőmérséklete, nedvesség tartalma és áramlásának sebessége (GINZBURG, 1976). Ez a típusú szárítás ősi tartósítási mód, ahol a forró levegő folyamatos áramoltatásával elpárologtatjuk a nedvességet. A szárított termék eltarthatósága növekszik, de beltartalmi minősége jelentősen csökken az eredeti termékhez képest (RATTI, 2001).

Vákuumszárítás

A vákuumszárítás egy alternatív módszer az olyan hőérzékeny anyagok számára, mint a zöldségek és gyümölcsök. Mivel alacsony nyomáson, légritka közegben a konvekciós hőátadás nem valósítható meg, így vákuumban kontakt úton történik a szárítás (GIRI és PARSAD, 2007). Vákuumban a víz a légritkítás értékétől függően 100°C-nál alacsonyabb hőmérsékleten (36-60°C-on) is forrásba jön. Ennek következtében az atmoszferikus nyomáson történő szárításhoz képest a termék minősége jelentősen javítható. Vákuumszárítással kis víztartalmú (2,5-3,5%), általában gyümölcs szárítmányokat készítenek. Ezek a szárítmányok erősen higroszkóposak kis víztartalmuk miatt, ezért a megfelelő csomagolás kiválasztása alapvető fontosságú. Hagyományos körülmények között olyan vákuumot érdemes alkalmazni, melynél a víz forráspontja 0°C-nál nagyobb, így a víz a párolgás során folyékonyból gőz állapotba kerül. Hátránya azonban, hogy a darabos termékek, az atmoszferikus nyomáson történő szárításhoz hasonlóan, zsugorodnak (BURITS és BERKI, 1974).

Az utóbbi időben egyre több fejlesztés irányul a szárítási energia felhasználásának csökkentésére, illetve a termék minőségének javítására a szárítási időtartam és a hőmérséklet csökkentésével (CHOU és CHUA, 2001). Például, normál vákuumszárítás helyett ultrahangos vákuumszárítást alkalmazva a szárítási idő 41-53%-kal csökkenthető, mérsékelve ezzel az energiafelhasználást. Mindemellett a kombinált szárítási módok túlnyomórészt jobb minőségű terméket nyújtanak, vagyis intenzívebb színű, kellemesebb szerkezetű, jobb rehidratálhatósági tulajdonságú és magasabb bioaktív komponens tartalmú terméket kapunk, mintha kizárólag vákuummal történne a szárítás (ZING-GANG et al., 2016).

Mikrohullámú szárítás

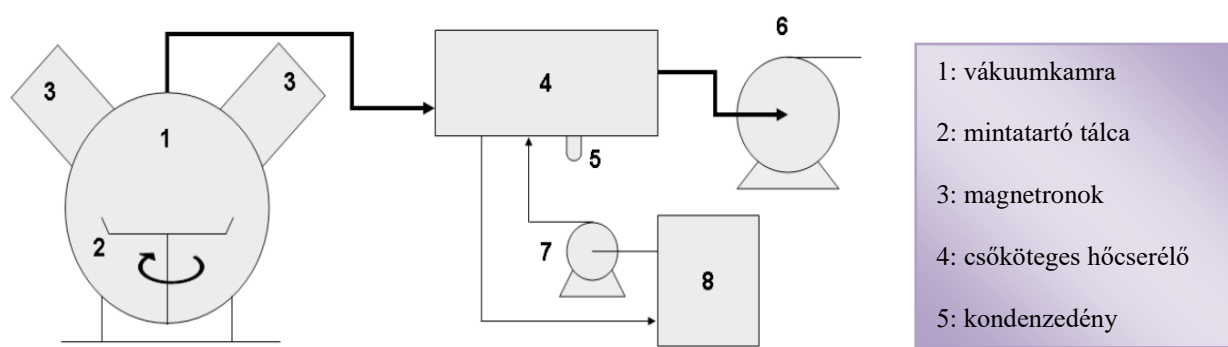
A 300 MHz - 300 GHz frekvenciatartományban 1 m - 1 mm hullámhosszú elektromágneses sugárzást mikrohullámnak nevezzük (POZAR, 2005). Megfigyelhető, ha a mikrohullám bejut az anyag szerkezetébe, a hőmérséklete növekedésnek indul. A mikrohullámú hőtermelést az a kölcsönhatás okozza, amellyel az elektromágneses energia egy része hő formájában eloszlik. Az a mechanizmus, amely alatt az energia eloszlik, függ az anyag szerkezetétől és a hullám frekvenciájától. Az élelmiszerek belsejében olyan belső gőznyomást eredményez, amely a nedvességet a termékből eltávolítja. Ez jelentős csökkenést eredményez a szárítási időben, ami pedig javítja a termékminőséget. A mikrohullámú szárítás technológiájának továbbfejlesztése, valamint a mikrohullámú szárítás jobb szimulációjának segítségével ígéretes szárítási módszerként jelenhet meg az élelmiszeriparban (FENG et al., 2012).

2.2.2. Mikrohullámú vákuumszárítás, mint kombinált szárítástechnológia

A mikrohullámú vákuumszárítás (MV) olyan kíméletes, kombinált szárítási eljárás, mely során az élelmiszerekből a víz gyorsan és hatékonyan tud távozni. A MV technológia legfőbb jellemzője a hagyományos szárítási módokhoz képest a gyorsabb száradási sebesség, amelyet a vákuumban képződő vízgőz gyors távozása eredményez. A szárítandó anyag rövid ideig és relatív alacsony hőmérsékleten szárad a mikrohullámok általi intenzív melegítés és a vákuum által keltett alacsony forráspontnak köszönhetően, amely táplálkozástudományi szempontból az egészségre jótékony hatással bíró anyagok nagymértékű megőrzését segíti elő (SCAMAN és DURANCE, 2005). A belső expanzív erőnek köszönhetően a folyamat közben a nyersanyagban található nedvességtartalom pillanatszerűen gőzzé alakul, amely felpuffasztja a terméket. A nedvességtartalom gyors eltávozása után a termék kihűlve megkeményedik, és szivacsos ropogós állagot vesz fel. Korábbi kutatások eredményeiből látható, hogy ez a fogyasztók számára rendkívül vonzó érzékszervi tulajdonság (SZŰCS et al., 2015). A technológia további nagy előnye, hogy a termék előállításához semmilyen adalékanyagra vagy segédanyagra nincs szükség, valamint megfelelő csomagolásban hosszú ideig eltarthatók (FERENCZI et al., 2010).

A mikrohullámú szárító berendezések (7. ábra) fejlesztése folyamatos, újszerű műszaki megoldások alkalmazását rejti magában, mivel az energetikai hatásfok növelése mellett a koronakisülés jelenségének visszaszorítása egyaránt cél. Koronakisülésről akkor beszélünk, ha alacsony légnyomáson, de magas relatív páratartalom mellett, a mikrohullámú sugárzás által keltett feszültség gradiens meghalad egy bizonyos határértéket. Ez egyrészt energia-

ingadozásokat okoz a rendszerben, másrészt lokális hőmérsékleti ugrást is létrehoz, amely hatására megéghet a kezelendő anyag. A koronakisülés ellen két védekezési mód ismert. Az egyik a vákuum erősségének csökkentése, vagyis az abszolút nyomás emelése. Ilyen körülmények között azonban kevésbé puffadt termék keletkezik, mivel ez összefüggésben van a termék struktúrájával. A másik lehetőség pedig a relatív páratartalom eltávolítása a légtérből. A mikrohullámú vákuumszárított minták megéghetnek a túlzott energia bevitel mellett koronakisülés jelenség nélkül is. A megégés ellen hatékonyan védekezni a tér vagy a minták nagymértékű homogenitásával lehet. A homogenitás növelésére a minták mozgatása kézenfekvő megoldást jelent. Az irodalomban nem található a minták mozgatását célzó kísérlet a forgó tálcák, illetve a különböző tálcák egymáshoz viszonyított helyzetének változtatásán kívül (FERENCZI et al., 2010).



7. ábra: **Mikrohullámú vákuumszárító berendezés vázlatos rajza**
(Forrás: FERENCZI et al., 2011)

Légárammal kombinált mikrohullámú vákuumszárítás

A kutatók és fejlesztők keresik azokat a műveleti kombinációkat, amelyek a szárítási folyamat végső szakaszában a kötött víz könnyített eltávolításának MV módszerét jól kihasználják, mivel a mikrohullámú vákuumszárítás számos előnye mellett jelentős költség- és beruházás többletet, valamint kapacitás korlátozottságot is jelenhet. Ezt úgy érik el, hogy a teljes szárítási folyamat hatékonyságát javítják a szárítási folyamat kezdetén végzett különböző szárítási módszerekkel a minőségi előnyök megtartása mellett. A lehetséges kombinációk közül az atmoszferikus előszárítási módszer tűnik az egyik legcélszerűbb megoldásnak a szárítási folyamat kezdetén a szabad víz eltávolítására (FERENCZI et al., 2010). BÍRÓ és munkatársai (1994) megállapították, hogy a szárítandó gyümölcsök, zöldségek esetén létezik egy kritikus szárazanyag-tartalom, mely pontig, ha a „szabad” víztartalmat hagyományos, konvekciós úton távolítják el, ez a termék minőségi jellemzőit nem befolyásolja. Viszont ha az ilyen szárítás során az adszorpciós vagy kémiai kötésű vizet is eltávolítják, az minőségromláshoz vezet, amit

feltétlenül érdemes elkerülni. Ebből adódik, hogy a konvekciós szárítást csak a szabad kötésű víz eltávolítására szabad és érdemes használni. Felismerték továbbá azt is, hogy a szárítandó termékek szerkezete nem károsodik, ha a mikrohullámú energiaközlés során megfelelő hűtéssel a termék hőmérsékletét a szárítási folyamat során nem engedik a termékre jellemző kritikus hőmérséklet fölé emelkedni.

2.2.3. A mikrohullámú vákuumszárítás (MV) jellemzői

Miután a dolgozatban ez a szárítási mód is szerepel, ezért részletesebben ismertetem. A szárítási technológiákat a szárítási sebesség, a termék minőség és a gazdaságossági szempontok szerint jellemezhetjük.

Szárítási sebesség

A mikrohullám és a vákuum együttes használata jelentősen gyorsabb száradást eredményez szilárd halmazállapotú élelmiszerek esetében más szárítási módszerekhez képest. SCAMAN és DURANCE (2005) három különböző szárítási módszerrel 3 mm-es répaszeletek szárítását valósította meg. A folyamat 9,9%-os szárazanyagtartalom eléréséhez a fagyasztva szárítással 3 napig, a légáramú szárítással 8 óráig, míg a mikrohullámú vákuumszárítás módszerével 33 percig tartott. A mikrohullámú vákuumszárítás folyamata három fő periódusra osztható.

1. A folyamat kezdetén a mikrohullámú sugárzás szinte teljes mértékben hőenergiává alakul át, vagyis a minta folyamatosan melegszik. A melegeedés egészen a víz forráspontjáig tart, melyet a vákuum nagysága határoz meg. A párolgás ez alatt az idő alatt elhanyagolható. A légáramú szárítással összevetve ez a szakasz rendkívül gyors ütemű.
2. A következő szakasz maga a száradás. A minta hőmérséklete hozzávetőlegesen állandó értéken marad, mialatt a sugárzás energiája a víz elpárologtatására fordítódik. A mikrohullámú vákuumszárítás során a száradási sebesség minimálisan vagy egyáltalán nem csökken, míg a légáramú szárítás folyamán folyamatosan csökken az értéke.
3. Befejező szakasz a szárított termékek hűtése, melynek hatására megszilárdul a termék szerkezete.

SONG és munkatársai (2009) kísérletei során ezzel ellentétes eredményeket kaptak, mivel a burgonya szeletek mikrohullámú vákuumszárítása alatt nem volt állandó száradási szakasz,

vagyis a száradás üteme folyamatosan csökkent az idő előrehaladtával. MITRA és MEDA (2009) jósta bogyók szárítását valósította meg kombinált mikrohullámú vákuumszárítással. A szárítandó minták nedvességtartalmát 20% alá csökkentették, melynek során azt tapasztalták, hogy a minták mennyiségét megnövelve a végső nedvességtartalom megnőtt, a besugárzott energia növelésével pedig lecsökkent, ami egyet jelent a gyorsabb szárítással. PAPPAS és munkatársai (1999) szintén erre az eredményre jutottak avokádó, gomba és szamóca szárítása során. A mikrohullámú energiát 425 W-ról 850 W-ra emelve a száradási sebesség megnőtt. SONG és munkatársai (2009) hasonlóan azt tapasztalták, hogy a mikrohullámú energia növelésével rövidebb idő szükséges az adott szárazanyagtartalom eléréséhez. 140 W-os energia mellett 30 perc után 45% volt a burgonyaszeletek nedvességtartalma, 340 W-nál pedig 30 perc után már kevesebb, mint 5% nedvességtartalmat mértek. Az eredményekből egyértelműen látható, hogy a besugárzott mikrohullámú energia növelése gyorsítja a száradás sebességét. A szárítási idő tetszőlegesen beállítható a mikrohullámú besugárzás energiája és az eltávolítandó nedvesség mennyiségének arányos változtatásával.

Termék minőségre gyakorolt hatása

A mikrohullámú vákuumszárítás segítségével kedvelt, ropogós állagú termék hozható létre, amely olyan módon jön létre, hogy a kezelőtéri nyomás hirtelen csökkenése a szárítandó anyagban lévő nedvesség túlhevülését okozza, és a gyors párolgásnak köszönhetően gőznyomás keletkezik a szövet belsejében. A szövetekben található vízgőz nyomása nagyobb, mint a kezelő térben lévő nyomás, így megakadályozza a belső szerkezet összeesését a vízgőz szövetből történő távozását követően. A szivacsos struktúra nagyrészt megmarad, puffasztott, törekeny száraz terméket eredményezve, ha a száraz szövet ki tud húlni és megkeményedik, mielőtt a vákuumot elengednék. Szintén növelheti a puffadás mértékét a kamra nyomásának, vagy a mikrohullámú energiának periodikus változtatása. SHAM és munkatársai (2001) a ropogósságot növelő tényezők közül a szárítás alatt alkalmazott nyomást emelték ki, miszerint kisebb nyomás jobb ropogósságot eredményez. GIRI és PRASAD (2007) légárammal és különböző nyomásokon mikrohullámú vákuummal szárított gombák szerkezetét hasonlították össze elektronmikroszkóppal. A légárammal szárított minták tömör, míg a mikrohullámú vákuummal szárítottak porózus szerkezetet mutattak. A puffadás mértéke a vákuumérték nagyságával mutatott összefüggést. A mikrohullámú vákuumszárítás további nagy előnye a hagyományos légáramú szárítással szemben, hogy az élelmiszerek beltartalmi összetevőit, biológiailag aktív komponenseit kevésbé csökkenti. Az aromaanyagok szárítás során bekövetkező csökkenését két

tényező befolyásolja: az alacsony szárítási hőmérséklet kedvez az aromaanyagok megtartásának, míg a vákuum a vízhez hasonlóan az aromák göznyomását is növeli, elősegítve ezzel a távozásukat.

A mikrohullámú vákuumszárítás rövidíti a száradási időt, mely azért fontos, mert a magas hőmérséklet és a hosszú száradási idő barnítja, sötétíti a végterméket és negatív hatással van a biológiailag értékes komponensek mennyiségére (CHUA et al., 2000; MARFIL et al., 2008).

Gazdaságossági tényezők

A szárítási eljárások összes költsége a beruházási-, üzemeltetési- és energiaköltségekből tevődik össze, valamint az energiafelhasználás hatásfokától függ. Bár nagyméretű, ipari mikrohullámú vákuumszárító készülékekről ilyen tekintetben kevés adat áll a rendelkezésre, de a tapasztalatok alapján üzemeltetési- és energiaköltsége nagyobb, mint a légáramú szárítóké. Vagyis működéséhez több elektromos energia szükséges, viszont a felhasznált energia nagyobb hatásfokkal tud hasznosulni, főleg a szárítási folyamat utolsó szakaszában (BONDARUK et al., 2007). A szárítás hatékonyságát jelentősen befolyásolja az alkalmazott kamranyomás és az energiasűrűség. Az energiasűrűség és az alkalmazott nyomás értékek esetében valamennyi szempontot figyelembe véve meghatározható egy optimum pont. A korai fejlesztések ellenére a mikrohullámú vákuumszárítás ipari szintű alkalmazása még nagyon korlátozott, ami feltehetően a magas beruházási költségekkel indokolható. A gépgyártás élénkülését, a technológia újraeledését hozta magával az elmúlt években a magnetronok árának csökkenése, valamint a rövid szárítási idő és energia hatékonyság (FERENCZI et al., 2010).

Mikrohullámú vákuumszárítással dehidratált termékek

DURANCE és WANG (2002) laboratóriumi méretű légáramú és 20 kW-os mikrohullámú vákuumszárító berendezést hasonlított össze az elpárologtatott víz tömegéhez viszonyított fajlagos energiafelhasználás alapján, melyhez 93% nedvességtartalmú paradicsom mintákat használtak alapanyagként. Mindkét technológiát külön-külön és különböző kombinációkban is elemezték. A mikrohullámú vákuumszárítás fajlagos energiafelhasználása kedvezőbbnek bizonyult a légáramú szárításnál, de a levegő és az elektromosság árát is belekalkulálva, leggazdaságosabbnak az a kombinált módszer bizonyult, amelyben légárammal eltávolították a kezdeti nedvességtartalom 70%-át, majd a műveletet mikrohullámú vákuumszárítással fejezték

be. CUI és munkatársai (2003) fokhagyma szeleteket szárítottak légáramú és mikrohullámú vákuumszárítás kombinációjával, azonban fordított sorrendben. A fokhagyma szeleteket mikrohullámú vákuumszárítással 10% nedvességtartalomig, majd légárammal 45°C-on 5% alatti nedvességtartalomig szárították. Ez a megoldás nem bizonyult túl gazdaságosnak, mivel a légáramú szárítás hatásfoka kis nedvességtartalom mellett alacsony, valamint az égési jelenség elkerülése a magnetronok teljesítményének folyamatos csökkentésével érhető el.

Attól függően, hogy milyen szárítási módot alkalmazunk, különböző mértékben csökken a vízaktivitás, ami minél alacsonyabb, annál előnyösebb. Azonban hatással van az összfenoltartalomra, színanyag tartalomra és antioxidáns kapacitásra, mely értékek pedig minél kisebb mértékben változnak, annál jobb lesz a szárítmány minősége. Fagyasztva szárítással alacsonyabb vízaktivitási érték mellett jobb beltartalmi paraméterek érhetőek el, mint a vákuumszárításnál, konvektív szárításnál, mikrohullámú szárításnál vagy a konvektív-vákuum-mikrohullám kombinációjánál vagy a vákuum-mikrohullám együttes alkalmazásánál. Ugyanakkor a konvektív-vákuum-mikrohullám kombinációnál is elérhetőek hasonlóan jó értékek, aminek további előnye, hogy jóval gazdaságosabb (SAMOTICHA, et al., 2016).

3.ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

3.1.Kísérletek helyszínei

A céklatermesztés a Szent István Egyetem, Kertészettudományi Kar, Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén valósult meg 2014-ben és 2015-ben (2. kép).



2. kép: 2015-ben termesztett cékla vetésterülete a Kísérleti Üzem és Tangazdaság területén
(Forrás: Saját felvétel)

A betakarítást követően a cékla feldolgozását a SZIE, Élelmiszertudományi Kar, Konzervtechnológiai Tanszékének Csomagolástechnológiai Tanüzemében végeztem el. A kísérlet során az analitikai mérések túlnyomó része a SZIE, ÉTK, Konzervtechnológiai Tanszék Laboratóriumában történt. Az ásványianyag-tartalom meghatározására a SZIE, ÉTK, Alkalmazott Kémia Tanszékén került sor, még az érzékszervi vizsgálatok helyszínéül a SZIE, ÉTK, Árukezelés és Érzékszervi Minősítés Tanszék szolgált.

3.2. Felhasznált növényi anyagok

Munkám során alapanyagként három, általam termesztett céklafajta szolgált, melyek az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' voltak (3. kép). A termőtalaj kezelésére felhasznált műtrágya a Genезis gyártmányú pétisó volt, melyet a gyártó által ajánlott mennyiségben alkalmaztam (50 dkg/10 m²). A pétisó összetétele a következő volt:

- ammónium-nitrát, dolomitliszt
- 27% nitrogén
- 7% kalciumoxid
- 5% magnéziumoxid

Mindkét évben az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklavetőmagokat április elején vettem el. Céklafajtánként a vetésterület fele műtrágyás kezelésben részesült, a másik fele pedig semmiféle kezelést nem kapott. A termést július végén takarítottam be mindkét évjárat esetében. A termesztési időszak alatt a középhőmérsékletek (M4. 1-4. ábra) között jelentős eltérés nem volt az évjáratok között (EUMET, 2014 és 2015), a csapadék mennyisége pedig öntözéssel kompenzálásra került. A kísérletek lefolytatására begyűjtött céklátövek betakarítása a termőterület random módon kiválasztott 10 különböző pontjáról történt.



3. kép: A 2015-ben termesztett három céklafajta betakarítás után

A betakarítást, tisztítást és hámozást követően mindkét évjárat esetében, mindhárom céklafajta kezelt és kezeletlen mintáit egymástól elkülönítve a céklatesteket három részre osztottam, így a héjjal együtt négy részt külön kezelve vizsgáltam a nyers céklák beltartalmi paramétereit. Ezek alapján tehát a vizsgált növényi részek közé tartozott a céklagyökér alsó- (A), középső- (K), felső- (F) és héj (H) része. Az egymástól elszeparált részeket felaprítottam, tasakokba helyeztem és -18°C -os hűtőszekrényben tároltam a beltartalmi vizsgálatok kezdetéig.

A szárítási kísérletek alapanyagaként a 2015-ös termesztésű kezeletlen minták szolgáltak, mivel ennek során az egyes szárítási módok és a vizsgált céklafajtákra gyakorolt hatásunk vizsgálatára került sor. A szárítási kísérletekhez a céklatesteket 2 mm-es szeletekre vágtam fel és a további feldolgozásig szintén -18°C -os hűtőszekrényben tároltam.

3.3. Nyers minták vizsgálati módszerei

3.3.1. Morfológiai

A morfológiai vizsgálat elvégzése során minden fajta esetében 10 db céklató paraméterét mértem, melyek átlagértékei szolgáltak eredményül. A mérés során meghatározásra került az egyes céklafajták levelének hossza (cm), valamint a répatest hosszmérete (cm) és tömege (g).

3.3.2. Vízoldható szárazanyagtartalom

A vízoldható szárazanyagtartalom méréséhez a Bizottság 558/93 EGK rendelet mellékletében található módszert alkalmazva ATAGO DBX-55 típusú digitális refraktométerrel Brix%-ban (g/100g) határoztam meg az értékeket. Minden mintából öt párhuzamos mérést végeztem.

3.3.3. Összes szárazanyagtartalom

Az összes szárazanyagtartalom meghatározása az MSZ 4220:1980 szabvány szerint történt három párhuzamosan előkészített mintából.

3.3.4. Vízaktivitás

A céklaminták vízaktivitását LabMASTER-aw típusú készülék segítségével határoztam meg. A készülék mérési tartománya: 0,03-1,00. Minden mintából öt párhuzamos mérést végeztem.

3.3.5. Színkoordináták

A préselt minták színkoordináta értékeit Konica Minolta-CR-400 kézi digitális színmérővel határoztam meg. A készülék kijelzőjén a CIELAB színingertér összetevőinek (L^* , a^* , b^*) értékei olvashatók le. Az L^* a szín világossági tényezője (0-100 közötti érték) megmutatja, hogy a megvilágító fény hány százalékát veri vissza a vizsgált minta. A vörös szín jelenlétét az a^* pozitív értéke, míg a zöld szín jelenlétét az a^* negatív értéke jelzi. A b^* érték pozitív iránya sárga, míg a negatív irány kék színárnyalatot jelöl. A vizsgálandó minta paramétereinek változását, vagy adott színmintától való eltérését a két színpont közötti térbeli távolsággal, a teljes színkülönbséggel (ΔE^*) lehet jellemezni. A ΔE^* -t a

$\Delta E_{ab}^* = \sqrt{\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2}}$ képletalapján számítható ki, az eredmények pedig a 8. táblázat alapján értékelhetők (BACKHAUSE et al., 1998).

8. táblázat: **Teljes színkülönbség értékelése** (BACKHAUSE et al., 1998 nyomán)

ΔE_{ab}^*	0 ... 0,5	0,5 ... 1,5	1,5 ... 3,0	3,0 ... 6,0	6,0 ... 12,0
szemmel a különbség	nem észrevehető	alig észrevehető	észrevehető	jól látható	nagy

3.3.6. Nitrit-, nitrát tartalom

A méréseket MERCK RQflex® plus Reflectoquant® műszeren végeztem. A műszerhez tesztsíkok tartoznak, melyek több mint 20 paraméter mérését teszik lehetővé. Működési elve a koncentráció mérésén alapul, kalibrálása egy speciális vonalkódos csík segítségével történik. A módszer a reflektometria elvein alapul, az elszíneződött papírcsík meghatározott hullámhosszú és intenzitású fényt nyel el. Minél nagyobb a koncentráció, annál erősebben színeződik el a tesztsík, vagyis a vizsgálandó mintában a keresett anyag koncentrációja az adszorbeált fényből kiszámítható. Minden mintából három párhuzamos mérést végeztem, melyek átlagát használtam fel az eredmények értékeléséhez.

A méréshez használt eszközök:

- RQflex® plus mérőműszer
- Reflectoquant® tesztsíkok
- Kalibrációs vonalkód

Tesztsíkok:

- NO₃ - mérésére alkalmas: 5-225 mg/l
- NO₂ - mérésére alkalmas: 0,5-25,0 mg/l

3.3.7. Betacianin-, betaxantin tartalom

A színanyagtartalom meghatározásához STINTZING és munkatársai (2005) illetve CASTELLAR és munkatársai (2003) által kidolgozott módszert vettem alapul. A vizsgálat során a betaxantin tartalomnál 484 nm, a betacianin tartalom esetén pedig 535nm-en detektáltam a minták fényelnyelését. A 2 ref%-ra hígított minták abszorbanciáját Hitachi U-2900

spektrofotométerrel határoztam meg. Az öt párhuzamos minta eredményeket az alábbi képlet alapján számítottam ki:

$$C = \text{Abs} * H * M_s * \left(\frac{1000}{\epsilon} * 1 \right)$$

C	koncentráció (mg/l)
Abs	abszorbancia
M _s	molekulasúly (Betaxantin molekulasúlya: 308 g/mol, Betacianin molekulasúlya: 550 g/mol)
ε	extinkciós koefficiens (Betaxantin: 48 000 1/mol*cm, Betacianin: 60 000 1/mol*cm)
l	küvetta szélessége (1 cm)
H	hígítás

Az eredményeket mg/l-ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra történő átszámítás után mg/g sz.a mértékegységben adtam meg.

3.3.8. Antioxidáns kapacitás mérése

A minták antioxidáns kapacitását BENZIE és STRAIN (1966) által kifejlesztett Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) módszerrel határoztam meg, melynek alapja, hogy az antioxidáns hatású vegyületek a ferri-ionokat (Fe³⁺) ferro-ionokká (Fe²⁺) redukálják. Ebben a formában alacsony pH-n komplexet képez a tripiridil-triazinnal (TPTZ), a képződött termék (ferro-tripiridiltriazin) intenzív kék színe miatt fotometriásan mérhető (593 nm-en). A méréseket Hitachi U-2900 spektrofotométeren végeztem el. A kiértékelést az aszkorbinsav kalibrációs görbe segítségével végeztem, és az öt párhuzamos mérés eredményét µg ASE/ml-ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra történő átszámítás után aszkorbinsav µg ASE/g sz.a mértékegységben adtam meg.

3.3.9. Összes polifenol tartalom mérése

SINGLETON és ROSSI (1965) módszere alapján végeztem az összes polifenol tartalom meghatározását. Az oldatok abszorbanciáját 765 nm-en Hitachi U-2900 spektrofotométeren mértem meg Folin-Ciocaltens reagens segítségével. Galluszsavból készült kalibrációs görbe segítségével az öt párhuzamos mérés eredményét mg GSE/l-ben kaptam meg, melyet

szárazanyagtartalomra történő átszámítás után mg GSE/g sz.a mértékegységben adtam meg.

3.3.10. Aszkorbinsav (C-vitamin) tartalom meghatározása

Az aszkorbinsav tartalom meghatározása nagy teljesítményű folyadékkromatográfias (HPLC) készülékkel történt (MAERE, 1988).

A mérések Shimadzu gyártmányú, nagy teljesítményű folyadékkromatográfias (HPLC) készülékkel valósultak meg. A HPLC berendezés egy gradiens szivattyúból (LC-10), egy UV-Vis detektorból (SDP-10A), egy gáztalanítóból (DGU-20A9), egy oszlop termosztátos egységből (CTO-10A), egy vezérlőegységből (CBM-20A) áll. LC Solution Software számítógépes szoftver szolgált az adatok feldolgozására és elemzésére. A vizsgálatához fordított fázisú C18 oszlopot (Supelco, 250 * 4,6 mm i.d., 5 µm) alkalmaztam, mely 40°C-on működik optimálisan. A kromatogramok rögzítéséhez szükséges idő 5 perc, még az injektált térfogat mindegyik minta esetében 20 µl, az áramlási sebesség pedig 1,5 ml/perc volt. A vizsgálat során három párhuzamos mérést végeztem. Az adatok feldolgozására és elemzésére LC Solution Software szolgált. Az öt párhuzamos mérés eredményét mg/l-ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra történő átszámítás után mg/100 g sz.a mértékegységben adtam meg.

3.3.11. Ásványianyag-tartalom meghatározása

A minták ásványi elemtartalmának meghatározása Perkin Elmer Optima 8000 ICP-OES készülékkel történt, mely során a 9. táblázatban szereplő paramétereket mellett:

9. táblázat: Az ásványianyag-tartalom meghatározása során beállított paraméterek

Paraméterek	Értékek
plazmagáz áramlási sebessége	15 L/min
porlasztógáz áramlási sebessége	0,6 L/min
mintabetáplálás sebessége	1,5 mL/min
plazma teljesítménye	1300 W

A minták mérése előtt multielemes Merck standard oldatokkal külső kalibrációt készítettem, melynél vak oldatként 10%-os salétromsav tartalmú ioncsrészt víz szolgált.

A mintaelőkészítés az MSZ EN 13805:2002 szabvány (Élelmiszerek. Nyomelemek meghatározása. Nyomás alatti feltárás) szerint történt, a mérést pedig EPA Method

6010C:2007 (INDUCTIVELY COUPLED PLASMA-ATOMIC EMISSION SPECTROMETRY) szerint végeztem le. A vizsgálat során meghatározásra a céklaminták került a kalcium-, kálium-, magnézium-, nátrium-, réz-, vas-, mangán-, foszfor- és cink tartalma.

A három párhuzamos mérés eredményét mg/l-ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra történő átszámítás után mg/100 g sz.a mértékegységben adtam meg.

3.4. Alkalmazott szárítási módok

A szárítás alapanyagául a 2 mm vastagságúra vágott céklaszeletek szolgáltak, melyeket a szárítás előtt egyforma, 1*1 cm-es négyzet alakú darabokra szeleteltem, annak érdekében, hogy a beltartalmi vizsgálatok eredményeinek összevetése során az inhomogén termékméretből fakadó eltéréseket kizárjam.

3.4.1.A szárítás folyamata

A szakirodalom kutatási eredményei egyértelműen rámutattak arra, hogy a mikrohullámú vákuumszárítás módszert előszárítással célszerű kombinálni, mivel a túl magas kezdeti nedvességtartalom az égett részek arányát jelentősen növeli, valamint a legkedvezőbb termékállag és a gazdaságosabb előállítás előszárítással érhető el (FERENCZI et al., 2011). Mindezek tükrében a mintákat előszárítottam körülbelül 30% nedvesség tartalomig, majd az utószárítás megkezdése előtt egy napig pihentettem a mintákat a száradást következtében megkeményedő felület és a nedves rész közötti nedvességtartalom különbség kiegyenlítése érdekében. A kísérlet során az alábbiakban szereplő négyféle szárítási módszert alkalmaztam. A 10. táblázat tartalmaz a különböző szárítási módok jelölésére vonatkozó kódokat.

Atmoszférikus és vákuumszárítás kombinálása

A 30%-os nedvességtartalommal rendelkező előszárított mintákat 60 perces 60 °C-on történő légáramú szárítással értem el, majd három eltérő hőmérsékletű vákuum utószárítást végeztem 40 °C, 50 °C és 60 °C-on, a 60 °C-os atmoszférikus utószárítás mellett (10. táblázat).

Atmoszférikus és mikrohullámú vákuumszárítás kombinálása

A 30%-os nedvességtartalommal rendelkező előszárított mintákat 90 perces 40°C-on, 60 perces 60°C-on és 45 perces 80°C-on történő légáramú szárítással értem el, majd mikrohullámú utószárítást végeztem (10. táblázat).

10. táblázat: **Alkalmazott szárítási módok**

Szárítási módok		Jelölés
Atmoszférikus szárítás (10 m/m%)		A60°C
Előszárítás (30 m/m%-os nedvességtartalomig)	Utószárítás (10 m/m%)	
60 perc atmoszférikus szárítás 60°C-on	40°C-os vákuum szárítás	V40°C
60 perc atmoszférikus szárítás 60°C-on	50°C-os vákuum szárítás	V50°C
60 perc atmoszférikus szárítás 60°C-on	60 °C-os vákuum szárítás	V60°C
90 perc atmoszférikus szárítás 40°C-on	mikrohullámú szárítás (10 perc 300W+3perc 600W)	MV40°C
60 perc atmoszférikus szárítás 60°C-on	mikrohullámú szárítás (10 perc 300W+3perc 600W)	MV60°C
45 perc atmoszférikus szárítás 80°C-on	mikrohullámú szárítás (10 perc 300W+3perc 600W)	MV80°C

A szárításhoz használt berendezések és folyamant monitorozása

A szárítandó mintákat 45, 60 és 90 percig előszárítottam atmoszférikus nyomáson LP-322 típusú szárító szekrényben (4. kép) 80°C, 60°C illetve 40°C-on. A minták az előszárítás után MEMMERT-VO típusú vákuumszárítóban (5. kép) 60°C, 50°C és 40°C-on, illetve LABOTRON mikrohullámú szárítóban (6. kép) 10 percig 300W-on, majd 3 percig 600W-on szárítva érték el a 10% alatti nedvességtartalmat.



4. kép: LP-322 típusú szárító szekrény
(Saját forrás)



5. kép: MEMMERT-VO típusú
vákuumszárító (Saját forrás)



6. kép: LABOTRON mikrohullámú szárítószekrény
(Saját forrás)

A mintavételezés az előszárítás során félóránként, a vákuummal végzett utószárítás során 15 percenként, a mikrohullámú vákuumszárítás alkalmazása esetén 10 perc, majd 3 perc után történt. A mintavételt követően a minták nedvességtartalmát, illetve a vízaktivitását monitoroztam. A szárítás befejezése után a mintákat légmentesen fóliába csomagoltam és exszikátorban tároltam a további vizsgálatok kezdetéig.

3.5. Szárítmányok vizsgálata

3.5.1. Mintaelőkészítés

A szárítmányok beltartalmi jellemzőinek vizsgálatához először extraktumokat készítettem, ezért laboratóriumi turmixgépben felaprítottam a mintákat, majd 2 g-ot kimértem belőlük táramérleggen. Az extraháló oldatot 60% vízből, 39,9% metanolból és 0,1% koncentrált sósavból készítettem el, melyből 20 ml-et adagoltam az előzőleg kimért mintákhoz, majd egy órát állni hagytam. Ez idő alatt átoldódtak az értékes komponensek a vizes fázisba, melyet centrifugálással (5000 1/min – 10 percig, 20°C-on), majd automata pipetta segítségével elválasztottam a szilárd fázistól és a tiszta felülúszókból történtek a mérések.

3.5.2. Beltartalmi paraméterek

A szárítmányok vizsgálata során meghatározásra kerültek azok színkoordinátái, betacianin-, betaxantin- és összes polifenol tartalma, antioxidáns kapacitása a 3.3 fejezetben ismertetett módszerek szerint, továbbá a mikrohullámú vákuumszárított mintákban egyes fenolsavak mennyiségi detektálása is a kísérlet részét képezte.

Egyes fenolsavak mennyiségi meghatározása

A vizsgálatban bevont fenolsavak (klorogénsav, rutin, hidroxifahéjsav, quercetin) mennyiségi meghatározása HPLC módszerrel történt. Eluensként az „A” pumpához 2% ecetsav oldatot, a „B” pumpához 2% ecetsav és acetonitril 30:70 arányú keverékét használtam. A minta előkészítése során 0,5 ml céklalevet 9,5 ml 20% metanolban kevertem, majd redős- és mikroszűrőn átszűrtem. Minden esetben három párhuzamos mérést végeztem. A flavonoid tartalom meghatározását Shimadzu HPLC készülékkel végeztem. A flavonoidok HPLC-vizsgálatához fordított fázisú C18 oszlopot használtam. A kromatogramok rögzítéséhez szükséges idő 40 percet vett igénybe. Az injektált térfogat mindegyik mintához 20 µl, az áramlási sebesség 1,5 ml/min volt (SZÉKELY et al., 2014). A kapott csúcsok beazonosításához és mennyiségi meghatározásához klorogénsav, rutin, hidroxifahéjsav és quercetin standardok kerültek felhasználásra, és az eredmények megadása mg/g sz.a mértékegységben történt.

3.5.3 Állományprofil analízis

A céklaszármányok állománymérése Brookfield LFRA Texture Analyzer berendezéssel (7. és 8. kép), az adatok rögzítése és kiértékelése pedig Texture ProLite programmal történt. A műszer a mérés során azt határozza meg, hogy mekkora terhelés szükséges ahhoz, hogy az egyenes sebességgel mozgatott próbatest behatoljon, majd kiemelkedjen a mintából. A mérés akkor kezdődik, amikor a próbatestre ható terhelés eléri a 4 g-ot. A mérés 1 percig tart, mely során a berendezés 0,01 másodpercenként vesz fel adatokat. Minden mintával 5 párhuzamos mérést végeztem.



7. kép: Brookfield LFRA Texture Analyzer
(Saját felvétel)

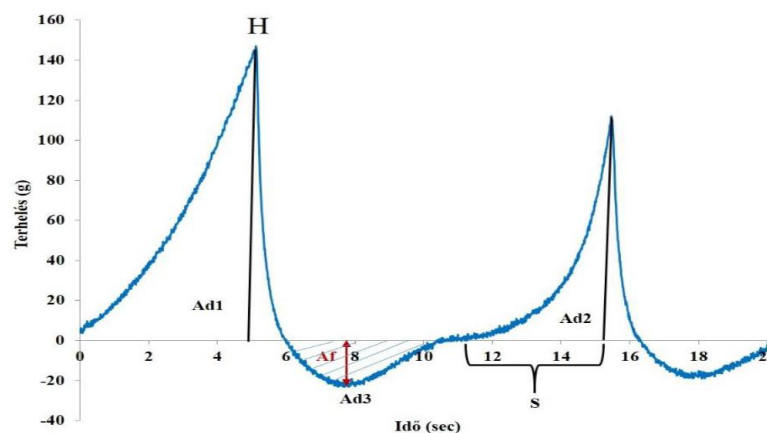


8. kép: TA9-46 mm, D, 30°-os tűfej
(Saját felvétel)

A méréshez alkalmazott mérési módszer a következő volt:

- állományprofil két harapási ciklussal,
- mérési sebesség (Target speed): 2 mm/s,
- behatolási mélység (Target value): 4 mm,
- próbatest: TA9-46 mm, D, 30°-os tűfej (Clear Perspex)

A mérés során az állományprofilot vettem fel (terhelés az időben) (8. ábra), mely alapján a következő paramétereket határoztam meg:



8. ábra: Az állományprofil jellemző diagramja és a meghatározható paraméterek
(Forrás: Szabó-Nótin, 2016)

- Keménység (hardness) (g): az első harapási ciklus során a maximális deformáló erő.
- Adhézió (adhesiveness) (gs): az első harapási ciklus utáni a zérus erő alatti negatív irányú görbe területe. Az a munka, amely a mérőfej mintából való eltávolításához szükséges.
- Kohézió (cohesiveness) (dimenzió nélküli): az alaktartósság mértéke, a profilon látható két csúcs görbe alatti területeinek arányát fejezi ki ($C=Ad2/Ad1$).
- Gumisság (guminess) (g): kalkulált paraméter, a keménység és a kohézió szorzata.
- Rugalmasság (springiness) (mm): azt mutatja meg, hogy a rágás különböző szakaszaiban a vizsgálandó termék milyen mértékben nyeri vissza eredeti alakját.
- Rágósság (chewiness) (gmm): kalkulált paraméter, a gumisság és a rugalmasság szorzata.

3.5.4. Érzékszervi vizsgálat

A céklaszárítmányok érzékszervi vizsgálata során első körben pontozásos módszert alkalmaztam, hogy összehasonlítsam az egyes szárítási módok fogyasztói kedveltségét. Ezen vizsgálat alkalmával 15 bíráló kóstolta a céklaszárítmányokat. A bírálóknak értékelniük kellett a szárítványok küllemét (max. 5 pont), színét (max. 5 pont), állományát (max. 5 pont) és ízét (max. 5 pont). A bírálati lapot az M2. 1. táblázat tartalmazza. A dehidratált minták érzékszervi vizsgálata alapján meghatároztam azt a szárítási módot, mellyel a bírók véleménye szerint leginkább kedvelt terméket kaptam.

Az érzékszervi bírálat folytatásaként profilanalízist végeztem, hogy a három céklafajta szárítmányként történő feldolgozásának sajátosságát feltérképezsem a korábban legjobbnak ítélt szárítási móddal dehidratált minták esetében. A szakirodalom szerint a profilelemzés az egyik legátfogóbb és legérzékenyebb érzékszervi vizsgálat. Ennek fő előnye, hogy összehasonlítja a tesztmintákat az érzékszervi jellemzőik teljes leírásával (SIPOS, 2011). Az érzékszervi tesztek a Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Karának Érzékszervi Laboratóriumában kerültek elvégzésre. Az adatok a Budapesti Műszaki Egyetem és a Szent István Egyetem Érzékszervi Laboratóriuma által kidolgozott ProfiSens szoftverrel összegyűjtésre és kiértékelésre kerültek (KÓKAI et al., 2003). Az elektronikus adatlap nem strukturált vonalskálát és megjegyzésmezőt tartalmazott. A tesztek megértéséhez és elvégzéséhez a bírálók az értékelő szoftver és a skálák használatáról képzést kaptak. A profilanalízis bírálati lapját az M2. 2. táblázat tartalmazza. A vizsgálat 14 bírálóval valósult meg.

3.5.5. Rehidratációs ráta

A visszanedvesítés vizsgálat során a szárított céklamintákból óraüvegre megközelítőleg 5 g-ot kimértem, majd előzőleg 100 ml vízzel megtöltött főzőpoharakba helyeztem őket. 10 perc elteltével leszűrtem és ezt követően táramérlegen ismét visszamértem a már rehidratált minták tömegét. A vízfelvevő képességi mutató, vagy rehidratációs ráta (RR) a rehidratált termék tömegének (W_r) és a száraz termék tömegének (W_d) hányadosa (SEREMET et al., 2016).

$$RR = \frac{W_r}{W_d}$$

3.6. Statisztikai adatelemzés

Az eredményeim statisztikai elemzést SPSS Statistic v20 statisztika programmal valósítottam meg.

A variancia-analízis feltétele az, hogy a hibtagok normális eloszlásúak legyenek, így azokban az esetekben, melyekben ez nem teljesül, a megfelelő módszer segítségével az adatok megközelítőleg normálissá transzformálhatóak. Az egyik ilyen, legnépszerűbb és leggyakrabban használt transzformáció, az ún. Box-Cox-transzformáció (BOX és COX, 1964), amelynek eredeti képlete az alábbiakban látható:

$$y = \begin{cases} \frac{x^\lambda - 1}{\lambda} & \text{ha } \lambda \neq 0 \\ \log x & \text{ha } \lambda = 0 \end{cases}$$

Lényegében a $\lambda > 0$ megkötéssel elérhetjük, hogy a transzformációnk reláció-invariáns legyen, azaz ez a transzformáció az értékeket megváltoztatja, de a közöttük lévő sorrendet nem.

Ezután az adatok normál eloszlása lehetővé tette az egyfaktoros varianciaanalízis (ANOVA - analysis of variance) alkalmazását.

A szóráshomogenitás vizsgálata Levene-teszt segítségével valósult meg, a csoportok közötti páronkénti vizsgálatot Tuckey teszttel hajtottam végre szóráshomogenitás esetében, ellenkező esetben Games-Howell teszttel vizsgáltam a szignifikáns különbségeket.

A táblázatokban és az ábrákon szereplő értékek a mérési eredmények átlaga és szórása ($X \pm SD$). A statisztikai táblázatokban a különböző betűvel jelölt értékek azt mutatják, hogy az adott minta szignifikánsan eltér a másik betűvel jelölt mintától $p < 0,05$ valószínűségi szinten.

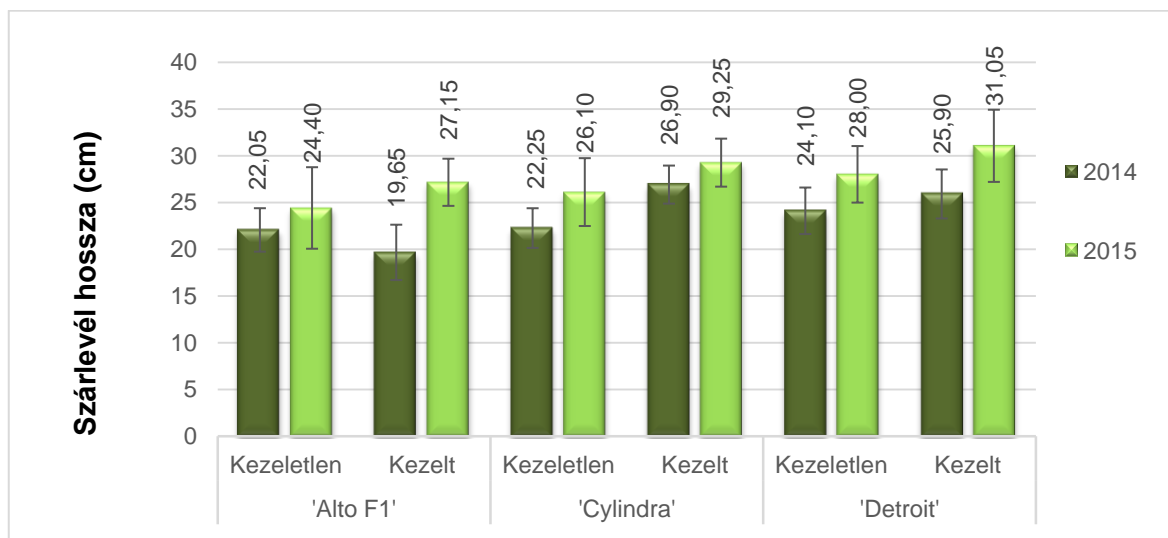
4. KÍSÉRLETI EREDMÉNYEK ÉS KIÉRTÉKELÉSÜK

4.1. Nyers céklaminták eredményei

4.1.1. Morfológia

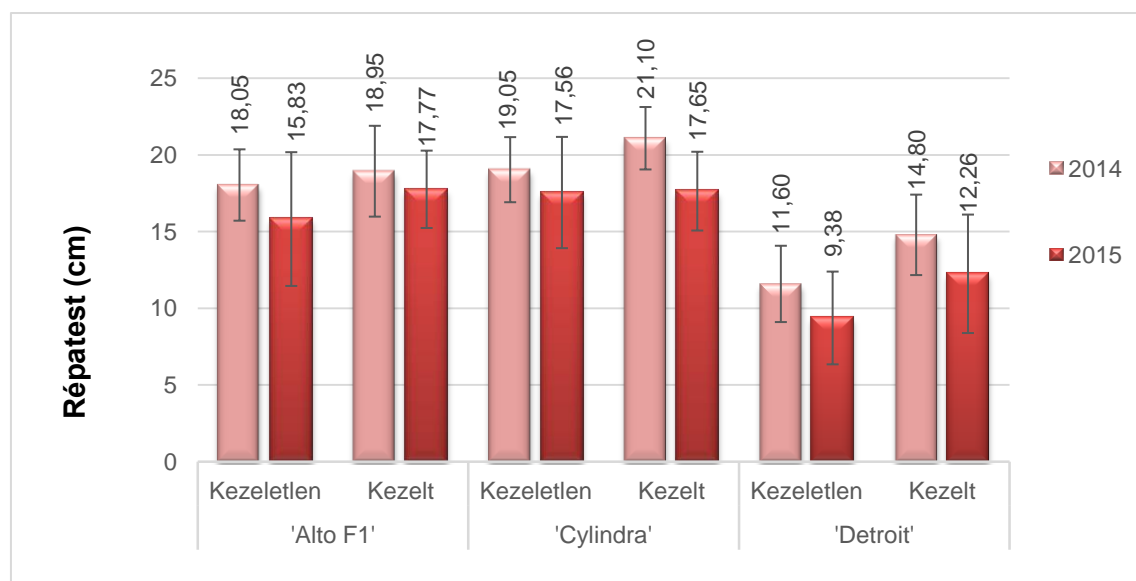
A morfológiai vizsgálatok során összehasonlítottam a 2014-ben és 2015-ben termesztett céklafajtákat a répatest hossza és tömege, valamint a szárlevél hossza alapján.

A szárlevél hosszát illetően (9. ábra) a 2015-ös minták átlagosan nagyobb mérettel (~27,66 cm) rendelkeztek, mint a 2014-es minták (~23,48 cm). A 2015-ös mintáknál a kezelés hatására mindhárom fajta esetében nagyobb szárlevél fejlődött. Ez a tendencia a 2014-es mintáknál is megmutatkozik az 'Alto F1' kivételével, ebben az esetben ugyanis 10 db céklató átlag szárhossza 19,65 cm volt, szemben a kezelt minták 27,15 cm-es szárhossz átlagával. Az *évjáratok között szignifikáns különbség alakult ki ($p=0,0166$), a kezelés hatására azonban ez nem figyelhető meg (M3. 1. táblázat).*



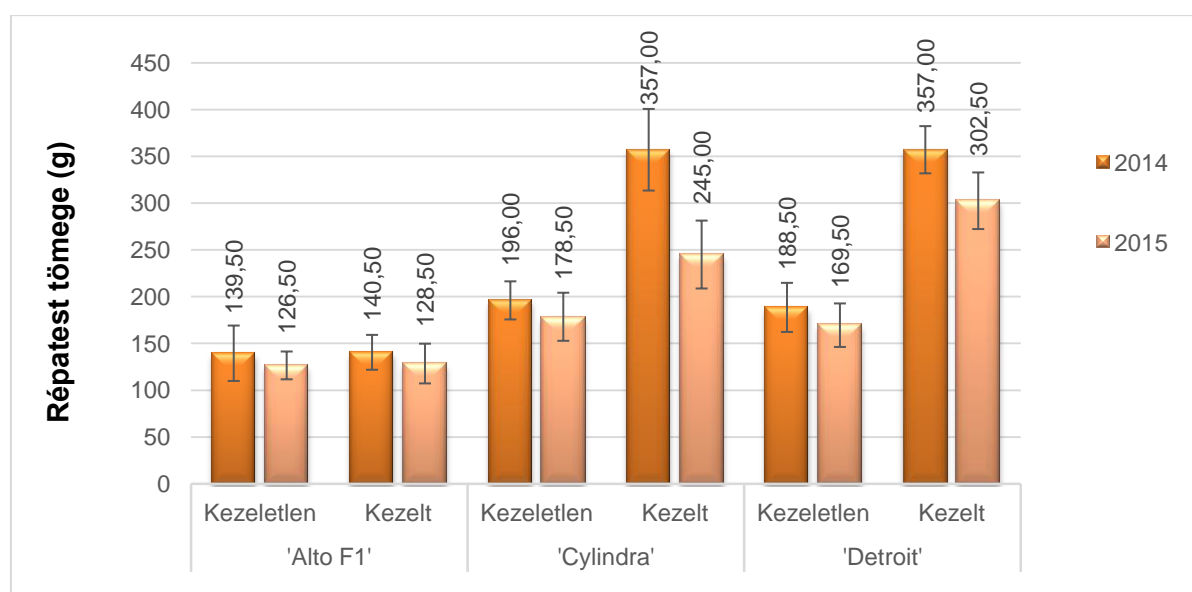
9. ábra: A vizsgált céklafajták szárlevél hossza (cm)

A répatest hosszát illetően a mérési eredményekből látható (10. ábra), hogy mindkét évjárat esetében a vártaknak megfelelően a kezelt minták testhossza nagyobb értékeket vett fel. Továbbá megállapítható, hogy a kezelés hatását figyelmen kívül hagyva 2015-ben termesztett minták répatest hossz átlaga (~15,08 cm) kisebbnek bizonyult, mint az előző évben termesztett céklák répatesthossz átlaga (~18,93 cm). *Azonban szignifikáns különbség nem volt sem az évjáratok között, sem pedig a kezelt és kezeletlen egyedek között (M3. 1. táblázat).*



10. ábra: A vizsgált céklafajták répatest hossza

Az 'Alto F1' tömege a legkisebb a három fajta közül, körülbelül a fele a másik két minta tömegének. Az egyes fajták adatait átlagolva a 'Detroit' tömege a legnagyobb (254,37 g), a Cylindráé 244,12 g, míg az 'Alto F1' fajtánál 133,75 g. A 10 db céklató testtömegének átlagából számított céklatest tömege a kezelt minták esetében nagyobb értékeket vett fel, bár ez a különbség egészen elenyészőnek mondható az 'Alto F1' esetében (11. ábra). A répatest hosszához hasonlóan a 2015-ben termesztett minták kisebb tömegűek (~191,75 g), mint a 2014-es minták (~229,75 g). *Szignifikáns különbség sem az évjáratok között, sem a kezelés hatására nem alakult ki (M3. 1. táblázat).*



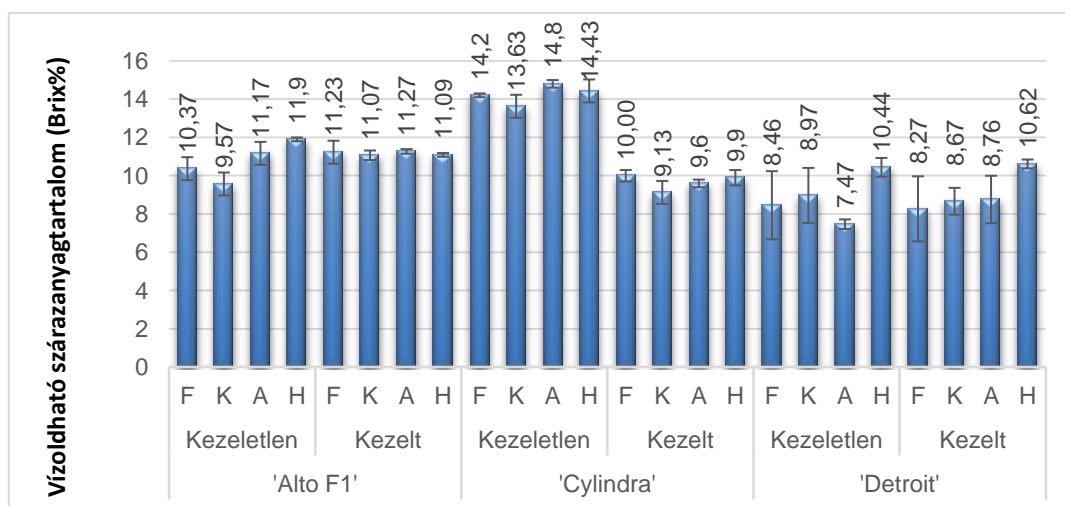
11. ábra: A vizsgált céklafajták répatest tömege

A répatest hosszát és tömegét illetően a 2014-es minták értékei bizonyultak kedvezőbbnek, míg a szárlevél hossza esetében ezzel ellentétes tendencia figyelhető meg. A kezelés hatásait vizsgálva az esetek többségében a kezelt minták vettek fel túlnyomó részében nagyobb értékeket, viszont a répatestek tömegét elemezve látható, hogy jelentős különbség alakult ki a kezelt és kezeletlen minták értékei között a 'Cylindra' és a 'Detroit' esetében, míg az 'Alto F1' esetében elhanyagolható az eltérés. A répatest hossza és tömege esetében nincs szignifikáns különbség sem az évjáratok, sem a kezelés tekintetében.

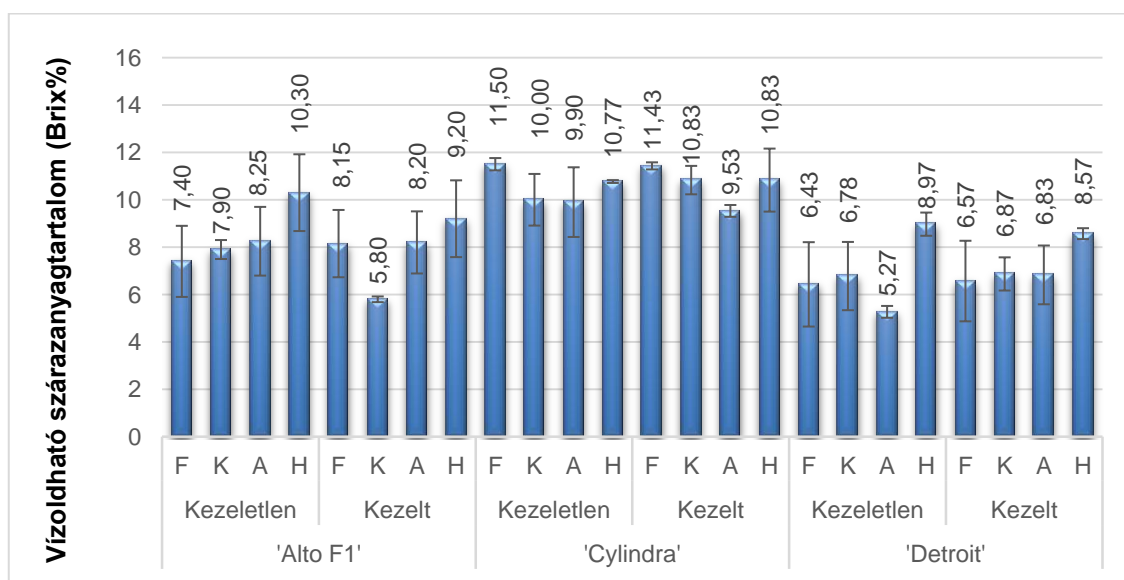
4.1.2. Vízoldható- és összes szárazanyagtartalom

A továbbiakban a nyers céklaminták vizsgálati eredményeinek bemutatása nemcsak évjárat, fajta és kezelés szerinti megosztásban, hanem a céklatest négy részének (felső- (F), középső- (K), alsó- (A) és héj (H) rész) elkülönítése szerint is történik.

A vízoldható szárazanyagtartalom esetében az eredmények változatosan alakultak, de többnyire a héj-, illetve a felső rész vízoldható szárazanyagtartalma bizonyult nagyobbak (12. és 13. ábra). A céklafajták vízoldható szárazanyagtartalmának átlagát értékelve elmondható, hogy a 'Cylindra' minták rendelkeztek a legnagyobb értékkel (11,28 %) szemben az 'Alto F1' (9,55 %) és 'Detroit' (8,00 %) minták eredményeivel. Megfigyelhető, hogy az esetek túlnyomó részében a 2014-es termesztésű minták rendelkeztek nagyobb vízoldható szárazanyagtartalommal és az évjáratok között szignifikáns különbség lépett fel ($p=0,0007$). A 2014-es termesztésű minták átlagosan 10,63 %, míg 2015-ös céklafajták átlagosan 8,60 % vízoldható szárazanyagtartalommal rendelkeztek. Azonban a kezelés hatására jelentős különbség nem alakult ki sem a 2014-es ($p=0,1091$), sem a 2015-ös ($p=0,9438$) minták esetében.



12. ábra: A 2014-ben termesztett céklafajták vízoldható szárazanyagtartalma

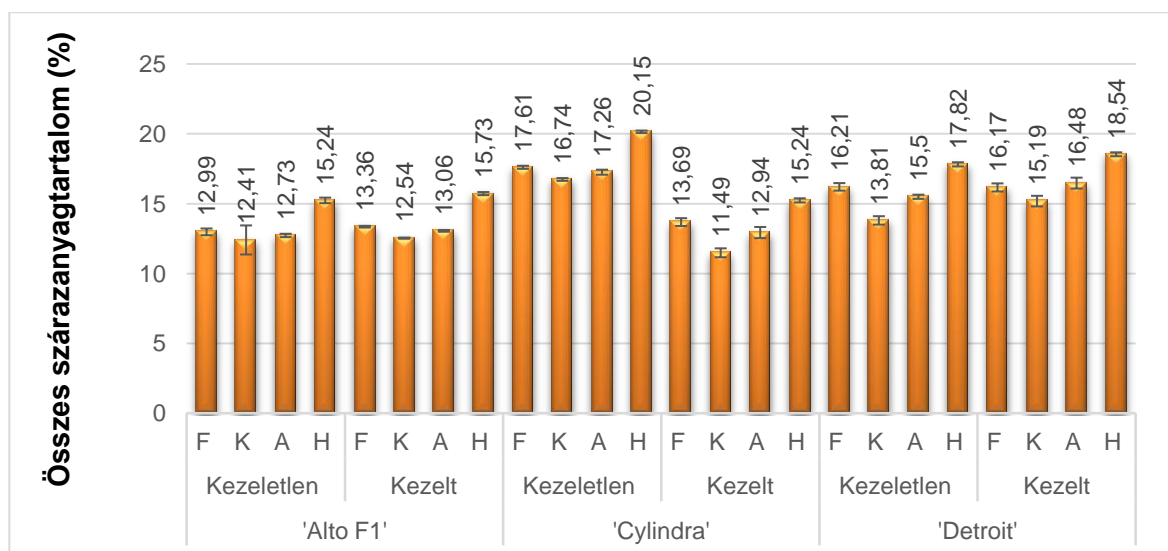


13. ábra: A 2015-ben termesztett céklafajták vízoldható szárazanyagtartalma

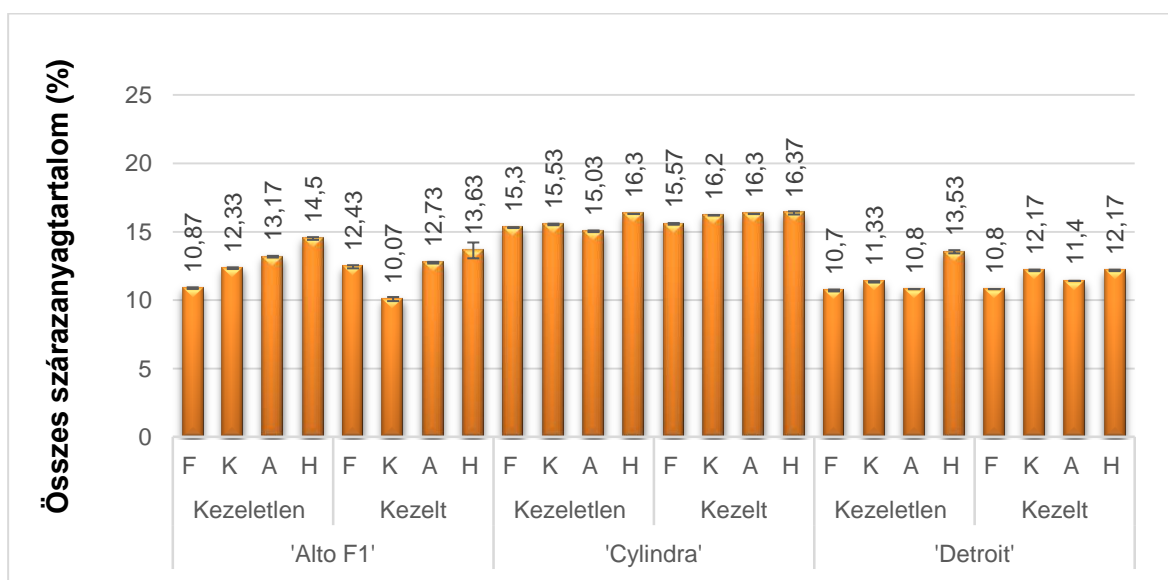
Az összes szárazanyagtartalom vonatkozásában az eredményeket összevetve megállapítható, hogy minden esetben a héj rész összes szárazanyagtartalma volt a legnagyobb (14. és 15. ábra). Az 'Alto F1' esetében minimális különbség alakult ki a kezelés hatására mindkét évjárat esetében. A 2015-ös minták összes szárazanyagtartalma átlagosan mindössze 7,71%-kal bizonyult kisebbnek, mint a 2014-es mintáké. A 'Cylindra' esetében a 2014-es mintáknál jelentős különbség alakult ki, mivel a kezeletlen minták összes szárazanyagtartalma 34,45%-kal magasabb volt, mint a kezelt mintáké. Ezzel szemben a 2015-ös 'Cylindra' mintáknál elenyésző különbség fedezhető fel a kezelt és a kezeletlen minták között. Az évjáratok között a legnagyobb különbség a 'Detroit' esetében figyelhető meg, melynél a 2015-ös minták összes szárazanyagtartalma minden esetben jóval alacsonyabb volt (~11,61%), szemben a 2014-

es minták szárazanyagtartalmával (~ 16,22 %), mely több mint 28%-os különbséget jelent. A 2014-ben termesztett céklafajták átlagosan 15,12 %, míg a 2015-ben termesztettek átlagosan 13,53 % összes szárazanyagtartalommal rendelkeztek, mely szignifikáns különbséget ($p=0,006$) jelent.

A kezelés hatására szignifikáns különbséget ($p = 0,0181$) a 'Detroit' mintában figyeltem meg. A kezelt minták összes szárazanyagtartalmának átlaga 14,73%, míg a kezeletlen minták esetében 16,74%. SORENSEN (1999) arról számolt be, hogy a megnövekedett nitrogén adagolás csökkenti a szárazanyagtartalmat, de más vizsgálatok ilyen összefüggést nem muttak ki (PETEK et al., 2012).



14. ábra: A 2014-es termesztésű céklafajták összes szárazanyagtartalma



15. ábra: A 2015-ös termesztésű céklafajták szárazanyagtartalma

A vízdoldható szárazanyagtartalom vizsgálata során többnyire a héj- illetve a felső rész mutatta a legnagyobb értékeket, míg az összes szárazanyagtartalomnál minden esetben a héj rész rendelkezett a legnagyobb értékekkel. Mindkét szárazanyag tartalomnál az évjáratok között szignifikáns különbség lépett fel, azonban a kezelés hatására ilyen mértékű eltérés egyik évjárat esetén sem alakult ki.

4.1.3 Színkoordináták

A céklatest egyes részeinek színkoordináta értékei között markáns különbség nem figyelhető meg (11. táblázat). Az a* értékeket megvizsgálva látható, hogy a 2015-ös minták (~2,24) 23,39 %-kal magasabb értékeket vettek fel, mint 2015-ös termesztésűek (~1,81). A 2014-es termesztésű céklafajták esetében a kezeletlen minták a* értéke átlagosan 48,56 %-kal magasabbnak bizonyult, mint a kezelt egyedeké. Ezzel ellentétben a 2015-ös minták átlagosan 9,29%-kal alacsonyabb értékekkel rendelkeztek a kezeletlenekhez képest. A b* értékeket elemezve megállapítható, hogy a 2014-es minták jóval nagyobb értékekkel rendelkeztek (~0,83) a 2015-ös mintákhoz képest (~0,40), mely 51,52%-os különbséget jelent az évjáratok között.

Mindkét évjáratnál a kezelés hatására számottevő különbség nem figyelhető meg a b* esetében. A L* értékeket illetően egyik évjáratnál sem alakult ki jelentős különbség, viszont az évjáratok között markáns eltérés figyelhető meg, mivel a 2015-ös minták L* értékei (~28,79) átlagosan 50,78 %-kal magasabb értékeket vettek fel, mint a 2014-es minták (~19,09). Az évjáratok között szignifikáns különbség lépett fel mindhárom színkoordináta esetében, míg a kezelés hatására ilyen mértékű különbség egyetlen esetben sem alakult ki (M3. 2. táblázat).

11. táblázat: 2014-es és 2015-ös termesztésű céklaminták színkoordináta értékei

			2014						2015					
			L*		a*		b*		L*		a*		b*	
			X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD	X	±SD
'Alto F1'	Kezelt	F	18,38	0,76	1,15	0,06	0,94	0,01	30,05	3,76	2,11	0,71	0,43	0,38
		K	18,42	2,89	0,80	0,06	0,84	0,03	29,99	3,71	1,88	0,09	0,57	0,37
		A	18,43	1,79	1,11	0,02	0,87	0,03	29,60	4,62	2,00	0,19	0,59	0,14
		H	22,88	3,04	1,41	0,07	0,26	0,06	28,69	2,66	2,37	0,92	0,68	0,87
	Kezeletlen	F	18,67	0,58	1,35	0,05	0,90	0,05	30,26	5,92	3,25	1,58	0,74	0,21
		K	18,92	1,79	0,82	0,01	0,74	0,006	28,58	4,957	2,04	0,919	0,660	0,668
		A	22,33	2,29	2,90	0,046	0,337	0,006	30,16	6,185	2,05	1,10	0,547	0,476
		H	18,48	0,87	0,66	0,10	0,78	0,07	29,55	5,86	2,32	0,229	0,497	0,293
'Cylindra'	Kezelt	F	19,02	2,57	1,76	0,07	0,88	0,03	28,31	2,896	1,947	0,61	0,177	0,525
		K	18,31	0,87	1,03	0,11	0,88	0,05	27,56	4,42	2,25	0,42	0,427	0,257
		A	17,97	1,36	0,78	0,08	0,75	0,05	29,20	1,72	2,20	0,67	0,52	0,16
		H	18,28	0,50	1,14	0,04	0,98	0,03	29,06	3,09	2,86	0,98	0,57	0,05
	Kezeletlen	F	19,81	1,79	2,38	0,06	0,66	0,02	27,20	4,71	1,92	0,04	0,57	0,41
		K	19,34	1,26	2,90	0,04	1,05	0,04	28,56	4,56	1,64	0,53	0,29	0,47
		A	18,62	2,68	1,76	0,11	0,63	0,04	29,00	5,03	1,28	0,62	0,30	0,26
		H	19,49	0,50	3,78	0,10	1,32	0,10	30,12	4,27	1,46	0,30	0,20	0,24
'Detroit'	Kezelt	F	18,59	4,51	2,32	0,05	0,95	0,04	26,33	4,62	3,48	3,00	0,58	0,67
		K	18,65	1,27	2,79	0,06	1,06	0,13	28,55	1,63	3,29	0,18	0,40	0,11
		A	19,72	3,86	1,75	0,12	0,54	0,22	29,11	2,74	2,17	0,55	-0,03	0,05
		H	18,38	0,76	1,46	0,05	0,67	0,04	27,23	3,53	1,59	0,52	0,07	0,34
	Kezeletlen	F	19,00	1,27	2,06	0,10	0,83	0,10	28,26	3,50	3,04	0,93	0,33	0,36
		K	19,17	3,06	4,13	0,26	1,37	0,01	28,96	3,91	2,72	0,75	0,18	0,09
		A	18,94	3,49	1,60	0,05	0,72	0,12	27,99	3,55	1,31	0,69	0,15	0,15
		H	18,43	0,76	1,67	0,04	0,85	0,03	28,55	4,24	2,50	0,71	0,18	0,24

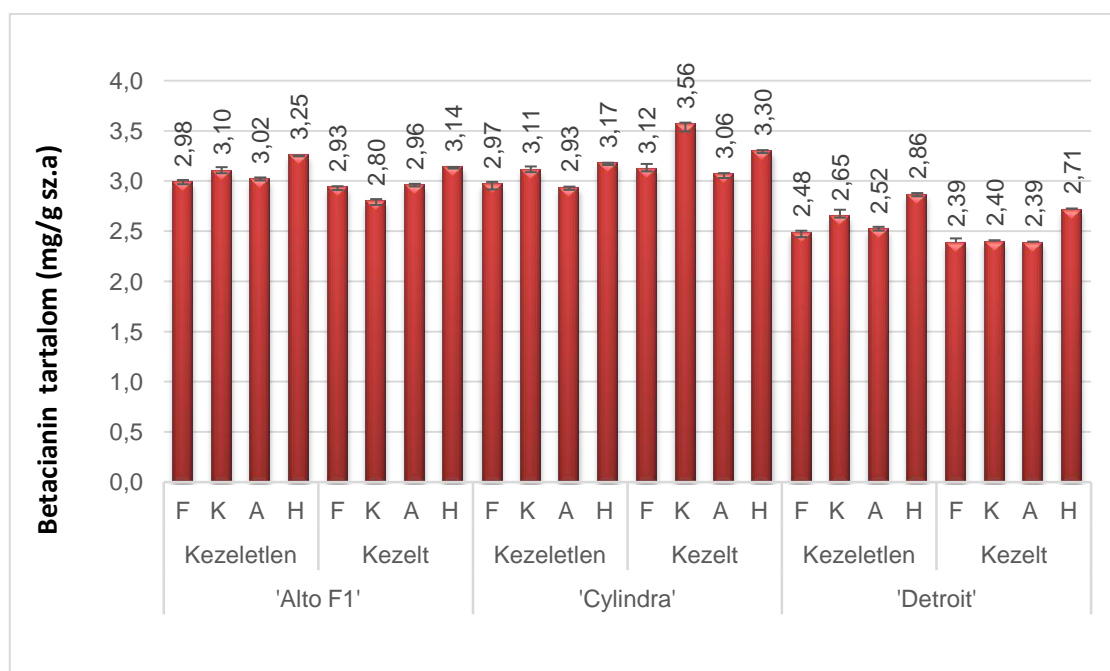
A céklaminták színkoordináta értékei jelentős különbséget nem mutattak a cékletest egyes részeiben, valamint a kezelés hatására sem alakult ki számottevő különbség egyik évjárat esetében sem, viszont az évjáratok között szignifikáns különbség fedezhető fel mindhárom színkoordináta értéknél.

4.1.4. Betacianin- és betaxantin tartalom

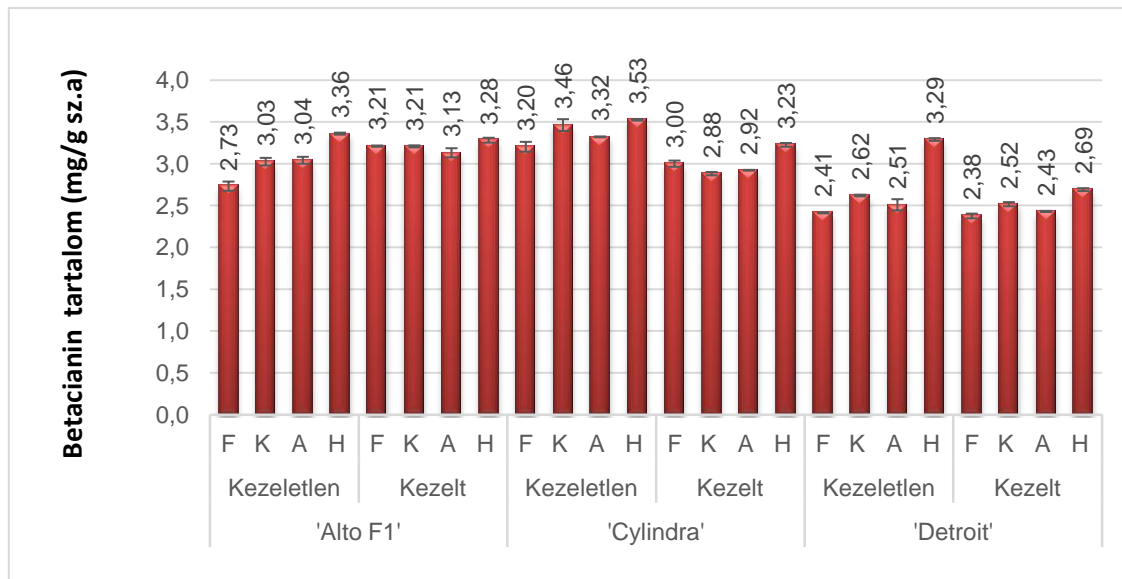
A betacianin tartalom vizsgálata során kapott eredmények (16. és 17. ábra) alapján megállapítható, hogy mindkét évjáratnál az összes minta esetében a héj rész betacianin tartalma bizonyult a legnagyobbak. KUJALA és munkatársai (2000) valamint SLATNAR és munkatársai (2015) kutatási eredményei arról számolnak be, hogy a cékla héj részében magasabb

koncentrációban van jelen a betacianin, mint a hús részben. SAWICKI és munkatársai (2016) a cékla gyűrűiben vizsgálta a beltartalmi paraméterek alakulását, melynek során arra a következtetésre jutottak, hogy a cékla belsejétől kifelé haladva a betacianin tartalom növekedett és legnagyobb mennyiségben a héj részben mutatták ki. Ez a jelenség arra vezethető vissza, hogy a fénynek és a megnövekedett hőmérsékletnek való kitettség egyes betalainok átalakítását okozhatja. WYBRANIEC és MIZRAHI (2005) tanulmányukban szintén arra a következtetésre jutottak, hogy megnövekedett hőmérséklet hozzájárul a betalainok transzformációjához.

A vizsgált céklafaják betacianin tartalmának elemzése során látható, hogy mindkét évjárat esetében a 'Cylindra' fajta rendelkezett a legnagyobb értékkel (3,17 mg/g sz.a), míg a 'Detroit' a legalacsonyabbal (2,58 mg/g sz.a). *Az évjáratok ($p=0,0071$) igen, míg a kezelés hatására szignifikáns különbség nem alakult ki (M3. 3. táblázat).*

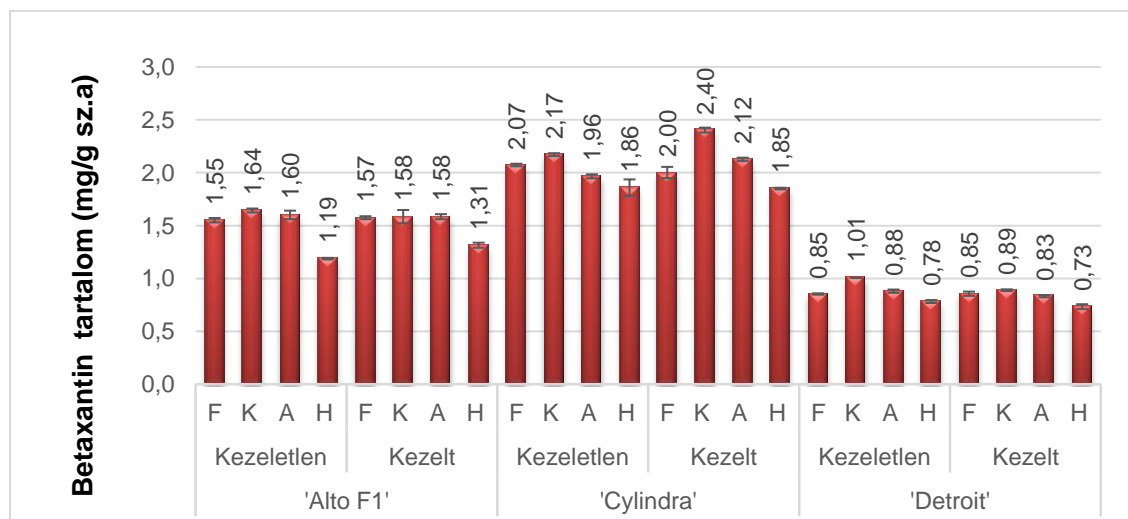


16. ábra: 2014-es termesztésű céklaminták betacianin tartalma

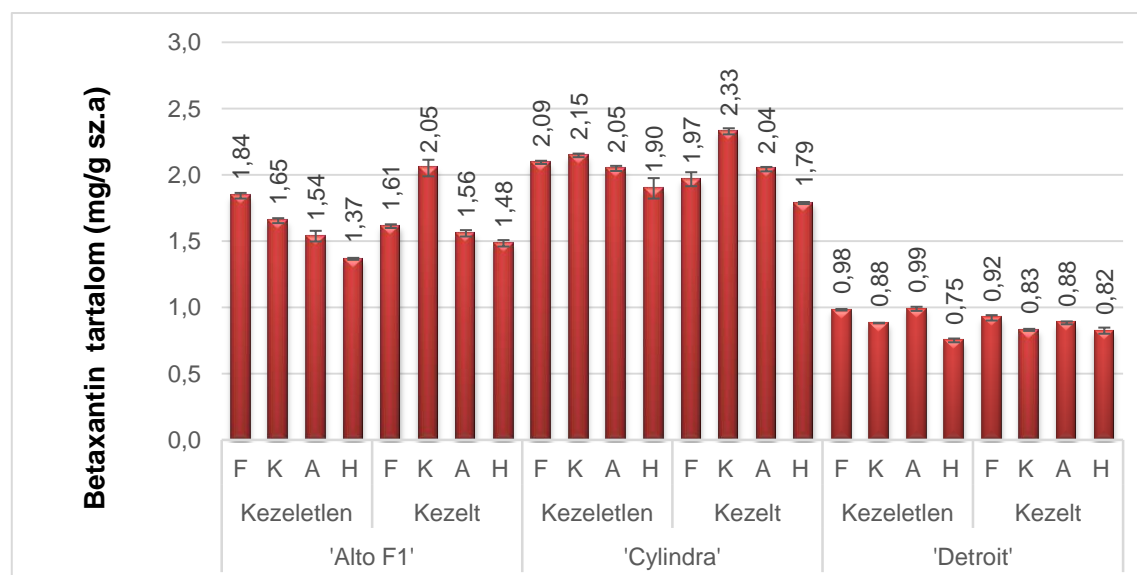


17. ábra: 2015-ös termesztésű céklaminták betacianin tartalma

A kísérleteim során mindhárom vizsgált céklafajtnál a betaxantin tartalom a héj részében volt az esetek túlnyomó részében a legalacsonyabb mennyiségben detektálható (18-19. ábra). *Sem az évjáratok között, sem a kezelés hatására nem lépett fel szignifikáns különbség (M3. 3. táblázat).* Mindkét évjárat esetében a betaxantin tartalom átlagértéke magasabb volt a kezelt mintáknál. A kezelt minták (~ 1,63 mg/g sz.a) átlagosan 27,53 %-kal nagyobb betaxantin tartalommal rendelkeztek, mint a kezeletlen egyedek.



18. ábra: 2014-es termesztésű céklaminták betaxantin tartalma



19. ábra: **2015-ös termesztésű céklaminták betaxantin tartalma**

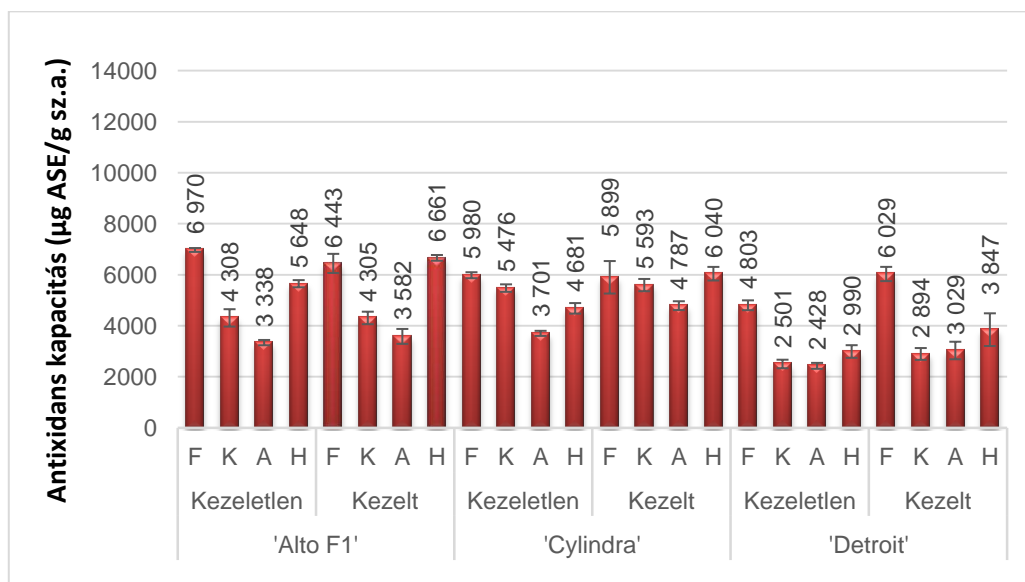
KUJALA és munkatársai (2002) négy céklafajta ('Egyptische Platronde', 'Forono', 'Little Ball', 'Rubira') vizsgálata során arra az eredményre jutottak, hogy a betanin tartalom mind a négy fajtánál a héj részben nagyobb mennyiségben volt jelen, mint a hús részben. A betanin tartalom az 'Egyptische Platronde' fajtánál a héj részben $3,8 \pm 0,4$ mg/g sz.a, a hús részben $2,9$ mg/g sz.a, a 'Forono' fajta esetében a héj részben $7,6 \pm 0,1$ mg/g sz.a, a hús részben $5,2 \pm 0,2$ mg/g sz.a, a 'Little Ball' céklafajtánál a héj részben $7,5 \pm 0,5$ mg/g sz.a, a hús részben $3,6 \pm 0,2$ mg/g sz.a, míg a 'Rubira' esetében a hús részben $5,4 \pm 0,1$ mg/g sz.a, hús részben $4,1 \pm 0,4$ mg/g sz.a mennyiségben volt kimutatható. Így az eredményeim alapján az a következtetés vonható le, hogy feltehetően a héjban történő betanin felhalmozódáshoz a magasabb betacianin tartalom járul hozzá.

WRUSS és munkatársai (2015) hét különböző céklafajtából készített céklalé teljes betanin tartalmát $0,8$ és $1,3$ g/l közötti koncentrációban mérték, melynek kb. 60%-a betacianin és 40% betaxantin volt. Az általam vizsgált mintákban ez az arány a 2014-es minták esetében 66,42% betacianin és 33,58% betaxantin, míg a 2015-ös termesztés esetében 66,18% betacianin és 33,82% betaxantin volt.

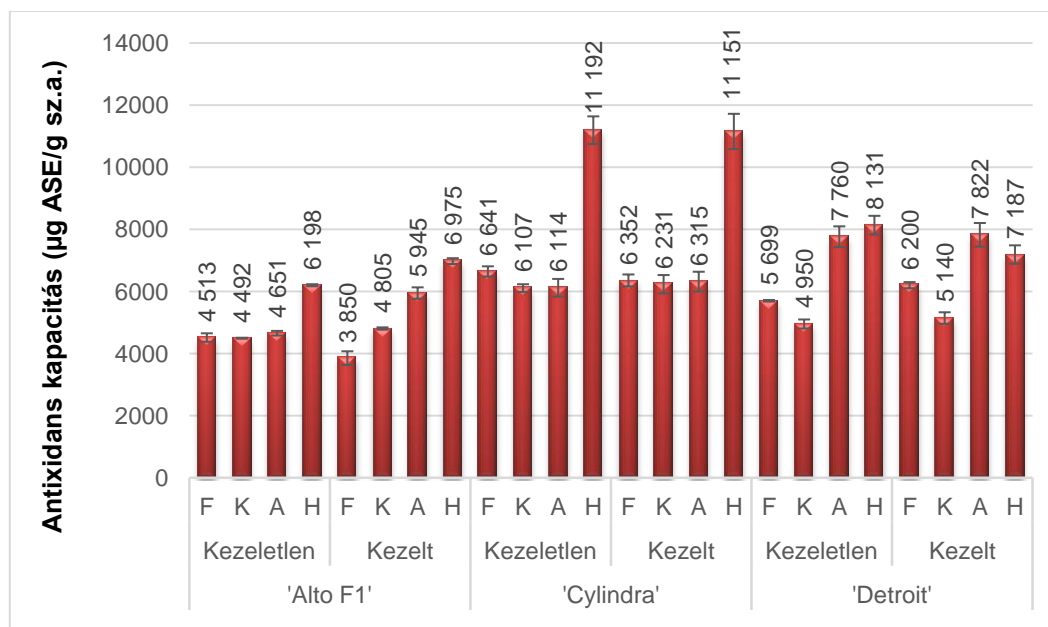
4.1.4. Antioxidáns kapacitás mérési eredmények

A 2015-ben termesztett céklafajták összesített antioxidáns kapacitása átlagosan 60,9%-kal nagyobb, mint az előző évből származó céklamintáké. A 20. ábrán látható, hogy jellemzően a felső- és a héj rész magasabb antioxidáns kapacitással rendelkezett a 2014-es termesztésű

mintákban, míg a 2015-ös termesztés esetében inkább csak a héj rész antioxidáns kapacitása bizonyult nagyobbak. A 21. ábrán látható, hogy a 2015-ben termesztett 'Cylindra' minták héj részének antioxidáns kapacitása kiugróan magas értéket vett fel mind a kezelt és mind a kezeletlen mintáknál.



20. ábra: 2014-es termesztésű céklaminták antioxidáns kapacitása



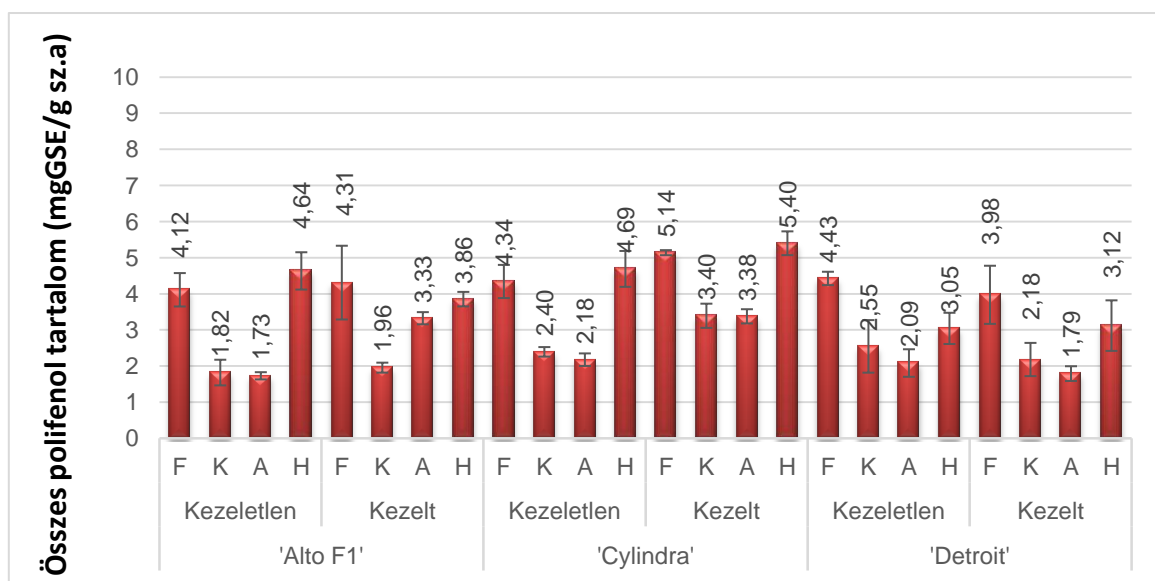
21. ábra: 2015-ös termesztésű céklaminták antioxidáns kapacitása

Az évjáratok között szignifikáns különbség ($p=8,1E^{-06}$) alakult ki, viszont a kezelés hatására jelentős különbség nem figyelhető meg (M3. 3. táblázat). SAWICKI és munkatársai (2016) kutatása során 13 céklafajta antioxidáns kapacitását vizsgálta négy különböző módszerrel,

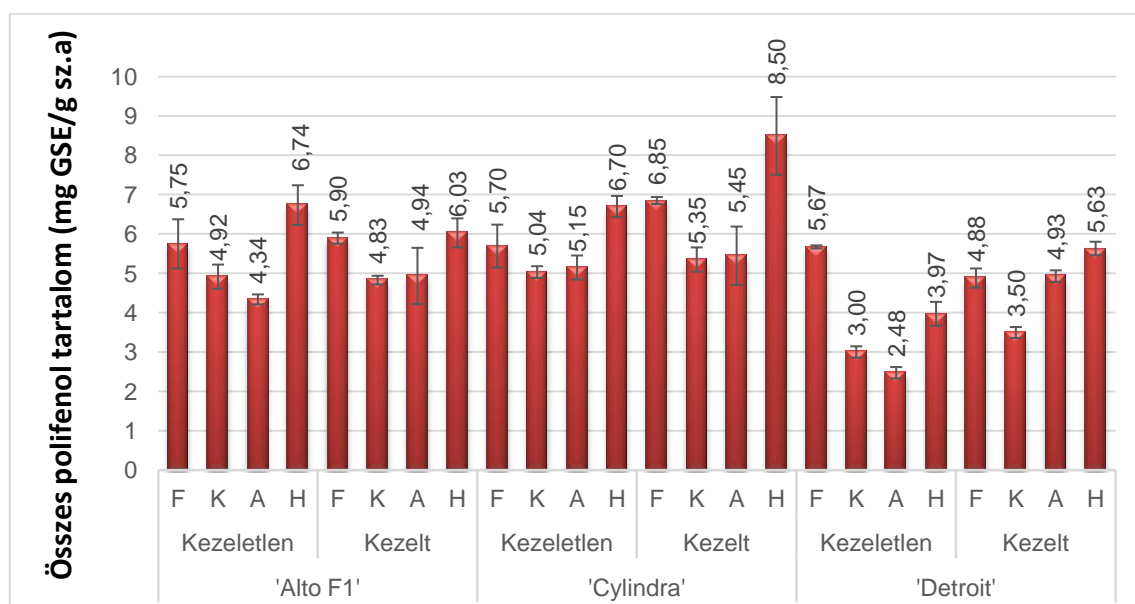
mely során $5621,51 \pm 212,75$ $\mu\text{g ASE/g}$ és $12441,91 \pm 150,17$ $\mu\text{g ASE/g}$ közötti értékeket detektáltak szárazanyagtartalomra vonatkoztatva. Az általam vizsgált céklafajták eredményeivel összevetve elmondható, hogy az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' értékei az alsó tartományban helyezkednek el. Megállapították, hogy a céklatesten belül hat gyűrűt elkülönítve, a legkülső gyűrű antioxidáns kapacitás értéke akár hatszorosa is lehet a legbelső gyűrűéhez képest. WOOTTON és RYAN (2011) tanulmányában az általuk vizsgált 'James White' céklafajta levének antioxidáns kapacitása 8354 ± 84 $\mu\text{mol ASE/l}$ értéket vett fel. Az által vizsgált céklafajták eredményei szintén jóval alacsonyabbnak bizonyultak.

4.1.5. Összes polifenol tartalom

Az antioxidáns kapacitás értékekhez hasonlóan az összes polifenol tartalom szintén magasabb értékeket vett fel a 2015-ös termesztésű mintákban, mivel átlagosan 59,40%-kal magasabb értékeket mértem bennük, mint a 2014-es termesztésűekben. Mindkét évjárat esetében megfigyelhető, hogy leginkább a felső- és a héj részben koncentrálódott az összes polifenol tartalom (22. és 23. ábra). Az évjáratok között szintén szignifikáns különbség ($p < 1,58E^{-06}$) alakult ki, míg a kezelés hatására ez a tendencia nem figyelhető meg (M3. 3. táblázat). A betacianin-, betaxantin tartalomhoz, illetve az antioxidáns kapacitáshoz hasonlóan a kezelt minták összes polifenol tartalmának átlaga (2014: 3,488 mg/g sz.a; 2015: 5,667 mg/g sz.a) mindkét évjáratban magasabbnak bizonyult. WOOTTON és RYAN (2011) által vizsgált céklalé 450,3 mg/l összes polifenol tartalommal rendelkezett, mely összhangban van az általam detektált adatokkal.



22. ábra: 2014-es termesztésű céklaminták összes polifenol tartalma

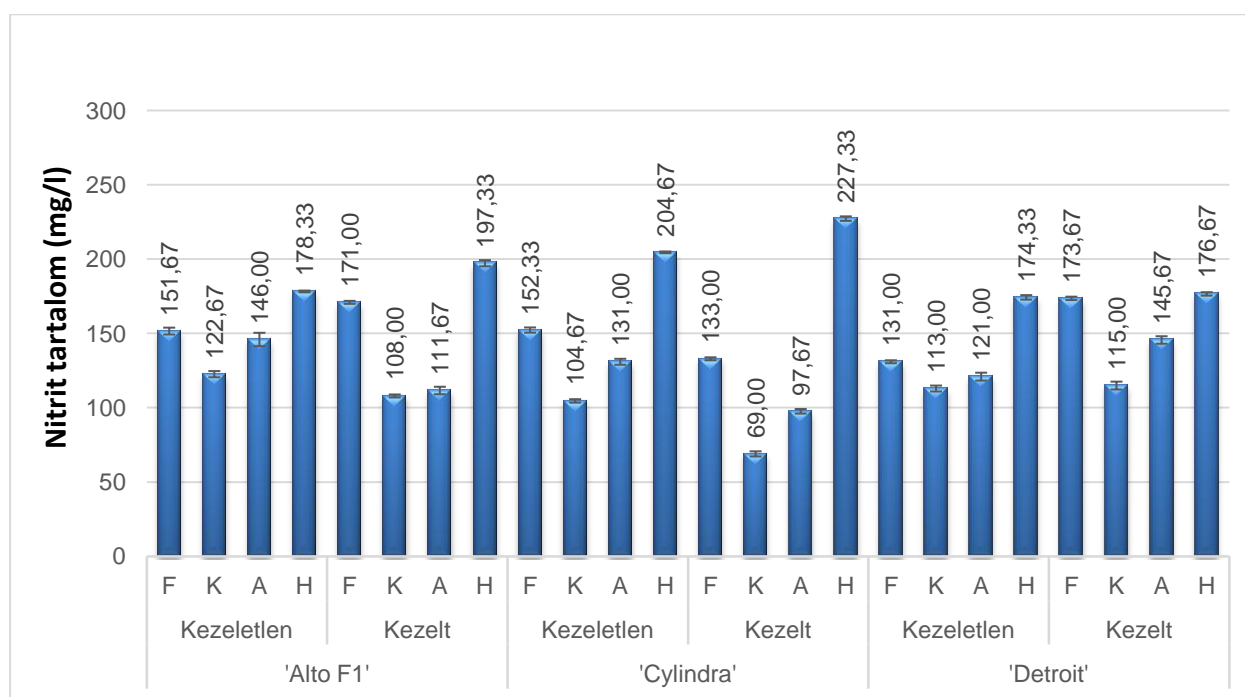


23. ábra: 2015-ös termesztésű céklaminták összes polifenol tartalma

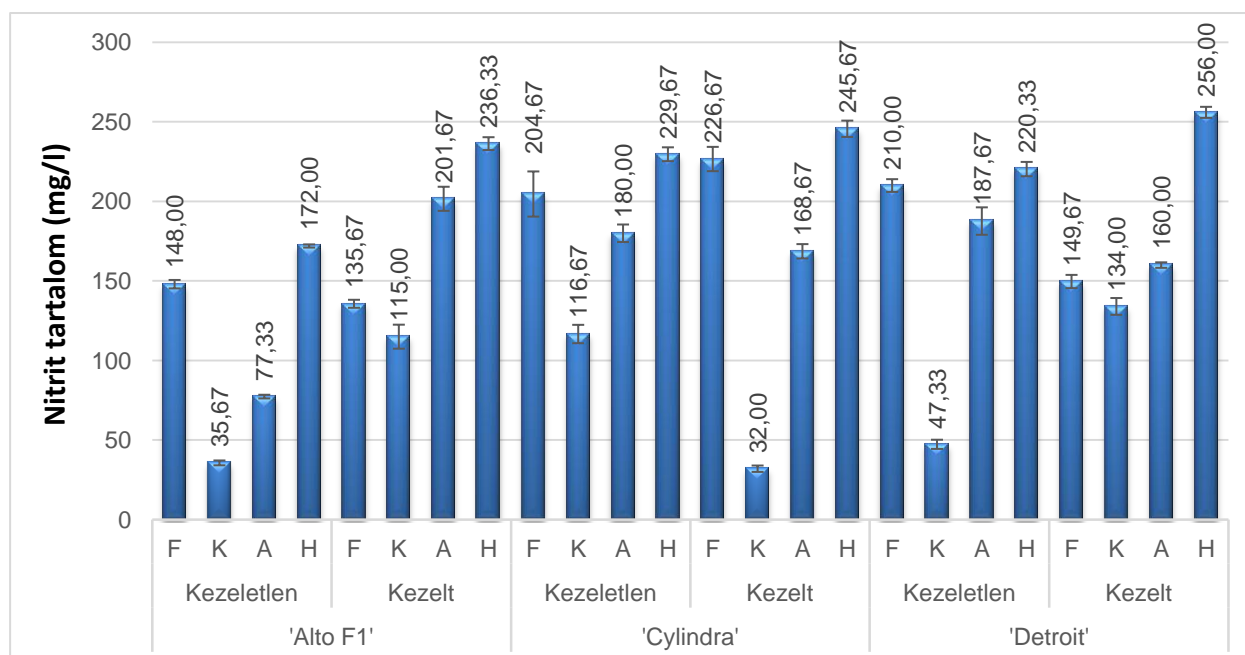
A betacianin-, betaxantin-, összes polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás elemzése során megállapítást nyert, hogy az évjáratok között minden paraméternél szignifikáns különbség alakult ki. A betacianin tartalom minden esetben a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, ezzel ellentétben a betaxantin tartalom a legtöbb esetben a héj részben fordult elő a legkisebb koncentrációban. Az antioxidáns kapacitás és az összes polifenol tartalom kiértékelése során egyaránt fellelhető az a tendencia, hogy a legnagyobb értékek a felső-, illetve a héj részben kerültek detektálásra.

4.1.5. Nitrit-, nitrát tartalom mérési eredmények

Megfigyelhető, hogy a kezelt minták felső- és héj része tartalmazott a legnagyobb mennyiségben nitrit iont mindhárom céklafajta esetében, a céklatest középső- és alsó részéhez viszonyítva (24. és 25. ábra). A kezeletlen minták héj része kisebb koncentrációban tartalmazott nitrit iont, mint a kezelt minták. A kezelt minták nitrit tartalmának átlaga (150,64 mg/l) 18,48 %-kal magasabb volt, mint a kezeletlen minták nitrit tartalma (~127,14 mg/l).



24. ábra: A 2014-ben termesztett céklafajták nitrit tartalmának megoszlása

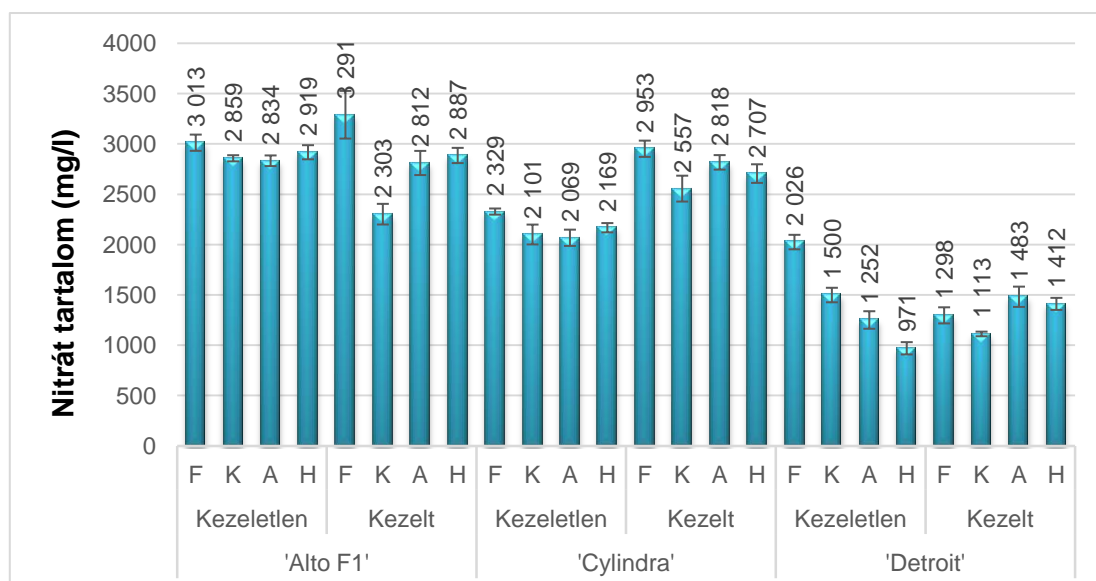


25. ábra: A 2015-ben termesztett céklafajták nitrit tartalmának megoszlása

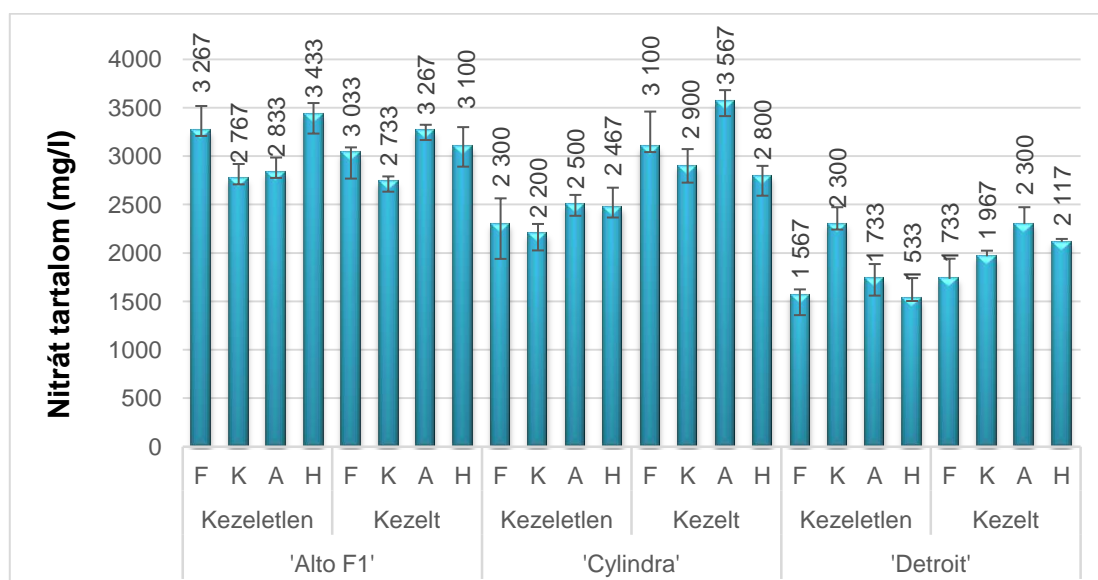
A 27. ábrán látható, hogy a 2015-ös minták (~ 2563,19 mg/l) átlagosan 14,61 %-kal nagyobb koncentrációban tartalmaztak nitrát iont, mint a 2014-es minták (~ 2236,50 mg/l) (26. ábra). Továbbá egyértelműen látható, hogy mindkét évjárat esetében a 'Detroit' minták rendelkeztek a legalacsonyabb nitrát tartalommal (2014:~ 1381,83 mg/l, 2015: ~ 2563,19 mg/l), mely feltehetően leginkább a gömb alakjának köszönhető.

WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált 23 céklalé és 4 céklapor nitrit tartalma 0,01-2,4 g/l között mozgott, míg az általam detektált céklalevek nitrit tartalma 2014-es termesztés esetében 0,069-0,227 g/l, míg a 2015-ös mintáknál 0,032-0,246 g/l közötti értékeket vett fel.

A nitrit tartalom esetében sem az évjáratok között, sem pedig a kezelés hatására nem lépett fel szignifikáns különbség (M3. 4. táblázat), ezzel ellentétben a nitrát tartalomnál szignifikáns különbség alakult ki az évjáratok között ($p=0,0032$).



26. ábra: A 2014-ben termesztett céklafajták nitrát tartalmának megoszlása



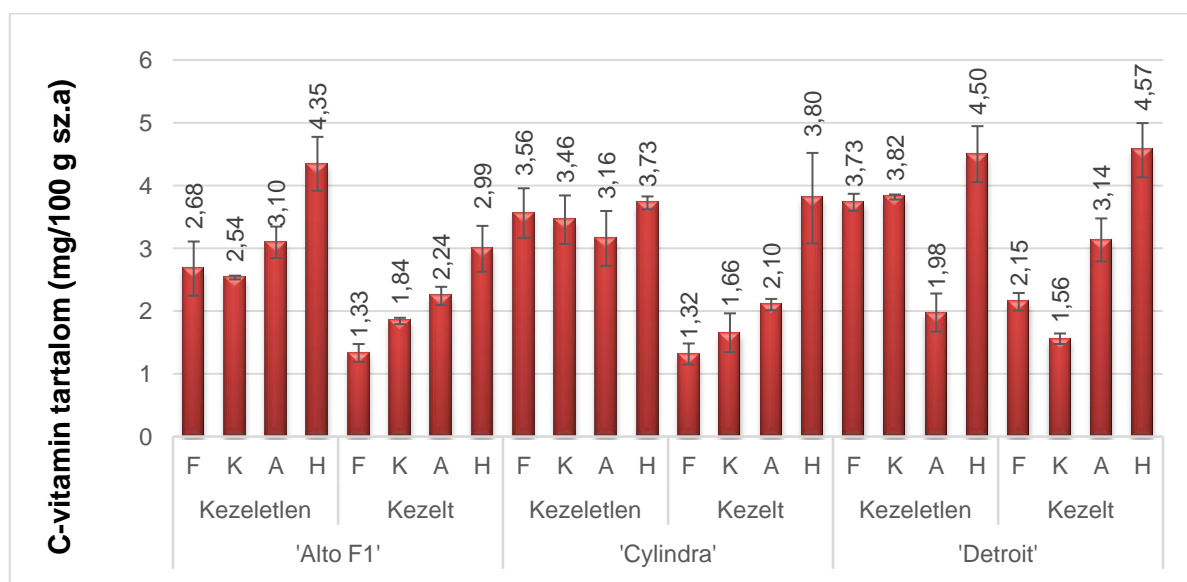
27. ábra: A 2015-ben termesztett céklafajták nitrát tartalmának megoszlása

Bár szignifikáns különbség a kezelés hatására többnyire nem alakult ki, a kezeletlen minták minden céklafajta esetében átlagosan alacsonyabb nitrit és nitrát tartalommal rendelkeztek mindkét évjáratban. A nitrit tartalom a vizsgált céklafajták esetében a felső-, illetve a héj részben halmozódott fel. A 'Detroit' nitrát tartalma jóval alacsonyabbnak bizonyult a másik két céklafajtaéhoz képest, valószínűsíthetően a gömb alakjából adódóan, melynek köszönhetően kisebb felülettel érintkezik a talajjal.

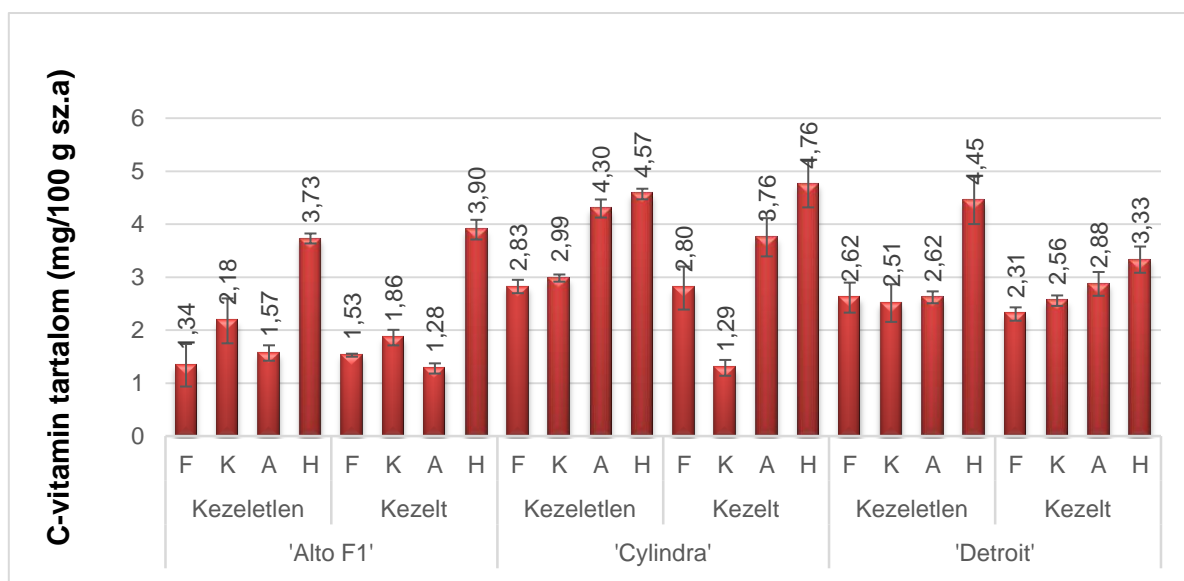
4.1.6. C-vitamin tartalom mérési eredményei

A két évjárat átlag C-vitamin tartalmának összevetésével megállapítható, hogy csekély, átlagosan mindössze 2,39%-kal nagyobb értéket detektáltam a 2015-ös mintákban, azonban a C-vitamin tartalom megoszlásában jelentős különbségek fedezhetők fel az évjáratok között, de minden esetben a kezeletlen egyedek rendelkeznek nagyobb C-vitamin tartalommal. Mindkét évjárat esetében az 'Alto F1' céklafajta C-vitamin tartalma mutatkozott a legkisebbnek (2014:~2,104 mg/100 g sz.a; 2015:~2,143 mg/100 g sz.a). A 28. és 29. ábrák adatait elemezve látható, hogy mindegyik minta esetében a héj rész C-vitamin tartalma bizonyult a legnagyobbak, mely a 2014-es termesztés estében $2,99\pm 0,37$ mg/100 g sz.a és $4,57\pm 0,43$ mg/100 g sz.a, míg a 2015-ös mintáknál $3,33\pm 0,45$ mg/100 g sz.a és $4,76\pm 0,10$ mg/100 g sz.a közötti értékeket vett fel. Az általam mért C-vitamin tartalmak összhangban vannak NEELWARNE (2013) által készített cékla vitamin tartalmát tartalmazó táblázat adataival, melyben 4,9 mg/100g értékek szerepelnek, RODLER (2005) féle táblázatban szereplő C-vitamin tartalomhoz (13 mg/100g) képest pedig jelentősen alacsonyabb mennyiségeket detektáltam.

Szignifikáns különbség sem az évjáratok között, sem pedig a kezelés hatására nem alakult ki (M3. 5.a,b,c táblázat).



28. ábra: 2014-ben termesztett céklafajták C-vitamin tartalmának megoszlása



29. ábra: 2015-ben termesztett céklafajták C-vitamin tartalmának megoszlása

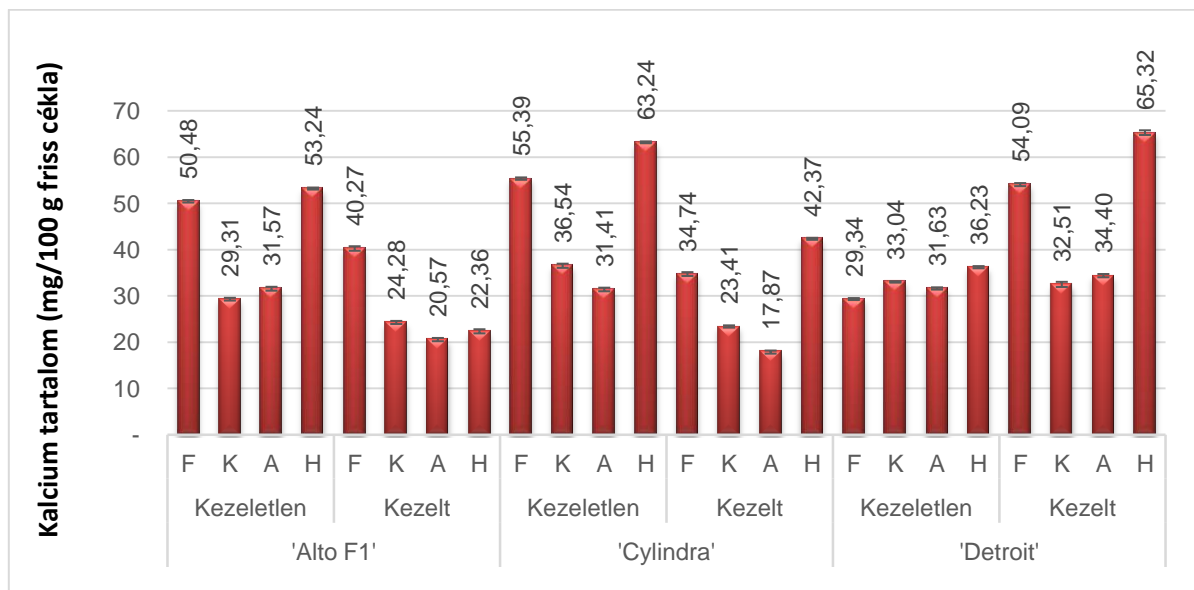
Minden esetben a héj részben halmozódott fel a vizsgált részek közül a legnagyobb mennyiségű C-vitamin. Az évjáratok között csekély eltérés mutatkozott, illetve a kezelés hatására sem változott jelentős mértékben a C-vitamin tartalom, de minden esetben a kezeletlen egyedek rendelkeztek nagyobb értékkel.

4.1.7. Ásványianyag-tartalom

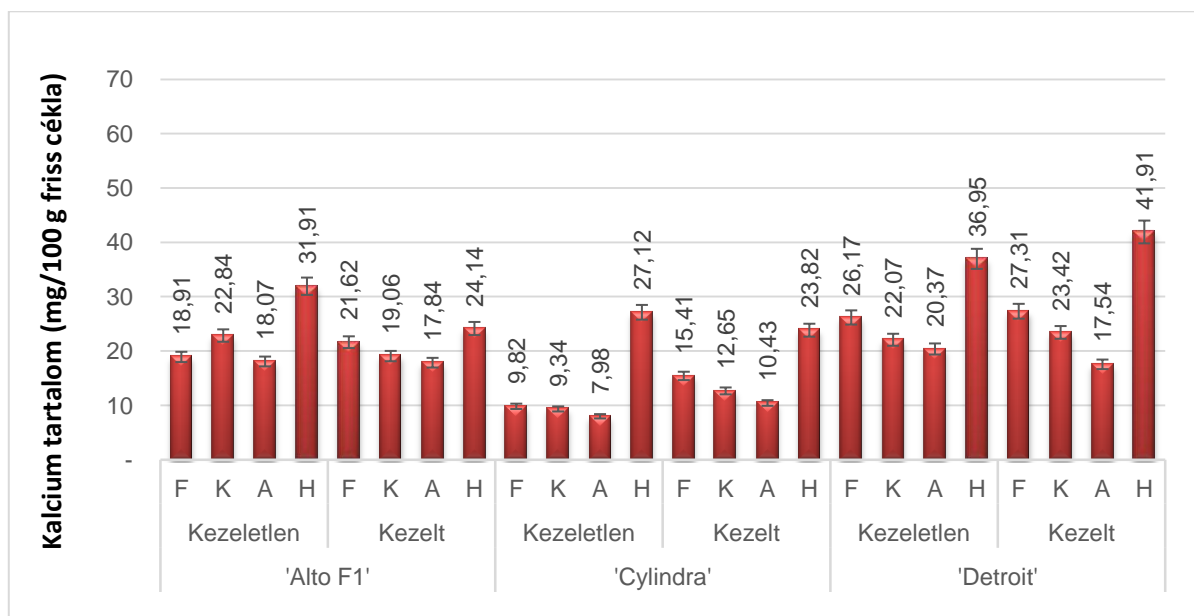
Az ásványianyag-tartalom vizsgálata során meghatározásra kerül a kalcium, kálium, magnézium, nátrium, réz, vas, mangán, foszfor és cink koncentrációja a céklatest négy különböző részében. Mindhárom céklafajta esetében az évjáratok között szignifikáns különbség alakult ki. A kezelt és kezeletlen változatok között az évjáratot figyelmen kívül hagyva az 'Alto F1' esetében a Ca, Cu és Fe elemeknél, a 'Cylindra' esetében a Ca, K, Mg, Na, Mn, P elemeknél, valamint a 'Detroit' esetében a Ca, Mg, Mn, Na, Cu, Zn elemeknél szignifikáns különbség alakult ki (M3. 7. a és b táblázat).

Jellemzően a felső- és a héj rész nagyobb kalcium tartalommal bírt, mint az alsó- és középső rész. A 30. és 31. ábrákat elemezve megállapítható, hogy a 2015-ös minták átlagosan 43,28%-kal alacsonyabb kalcium tartalommal rendelkeznek. A kalcium tartalom meghatározása során a 2014-es termesztésű minták átlaga 37,22 mg/100 g, mely mennyiségnek közel a duplája fordul elő a 2014-es, kezeletlen 'Cylindra' héj részében (63,24 mg/100 g), valamint a 2014-es, kezelt 'Detroit' héj részében (65,32 mg/100 g). A 2015-ös minták esetében a kezelt és kezeletlen 'Detroit' minták héj részében detektáltam a legmagasabb értékeket (41,91 mg/100 g és 36,95

mg/100 g), mely szintén majdnem a duplája a 2015-ös termesztésű minták kalcium tartalmának átlagához (21,11 mg/100 g) képest. RODLER (2005) ásványianyag táblázatában a cékla kalcium tartalma 35 mg/100 g, a SUOCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban pedig 17 mg/100 g, NEELWARNE (2013) és YASHWANT (2015) tanulmányában egyaránt 16 mg/100 g kalcium tartalom került megadásra a cékla esetében. WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált hét céklafajta kalcium tartalma $24,6 \pm 1,02$ mg/l és $116 \pm 6,56$ mg/l közötti értékeket vett fel.

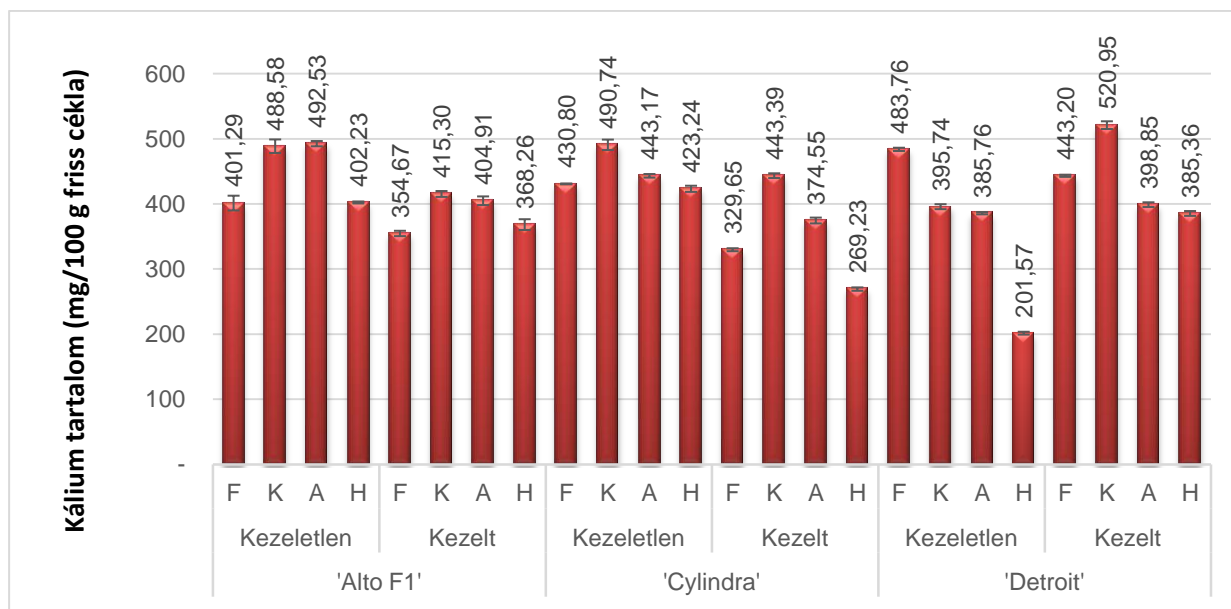


30. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták kalcium tartalma

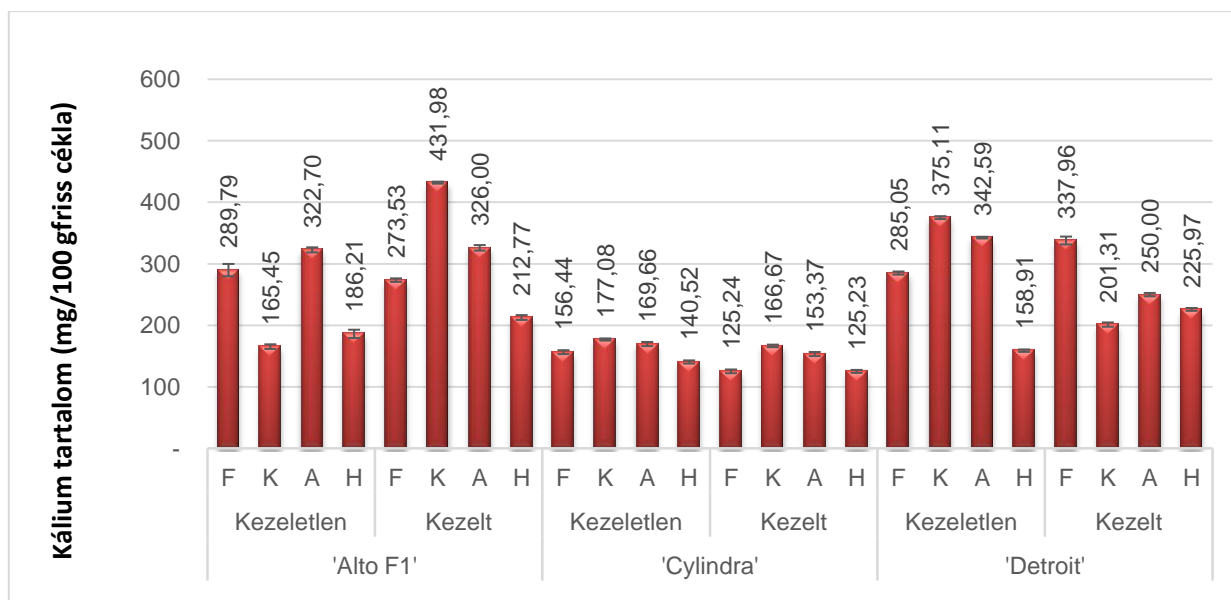


31. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták kalcium tartalma

A kálium tartalom a vizsgált mintákban 125,23 mg/100 g és 520,95 mg/100 g között mozgott (32. és 33. ábra). Megfigyelhető, hogy a 2015-ös 'Cylindra' esetében kezelt és kezeletlen mintáknál egyaránt jóval alacsonyabb koncentrációban tartalmaztak káliumot, átlagosan 42,56%-kal kisebb mennyiségben, mint a 2014-es termesztésűeknek.



32. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták kálium tartalma

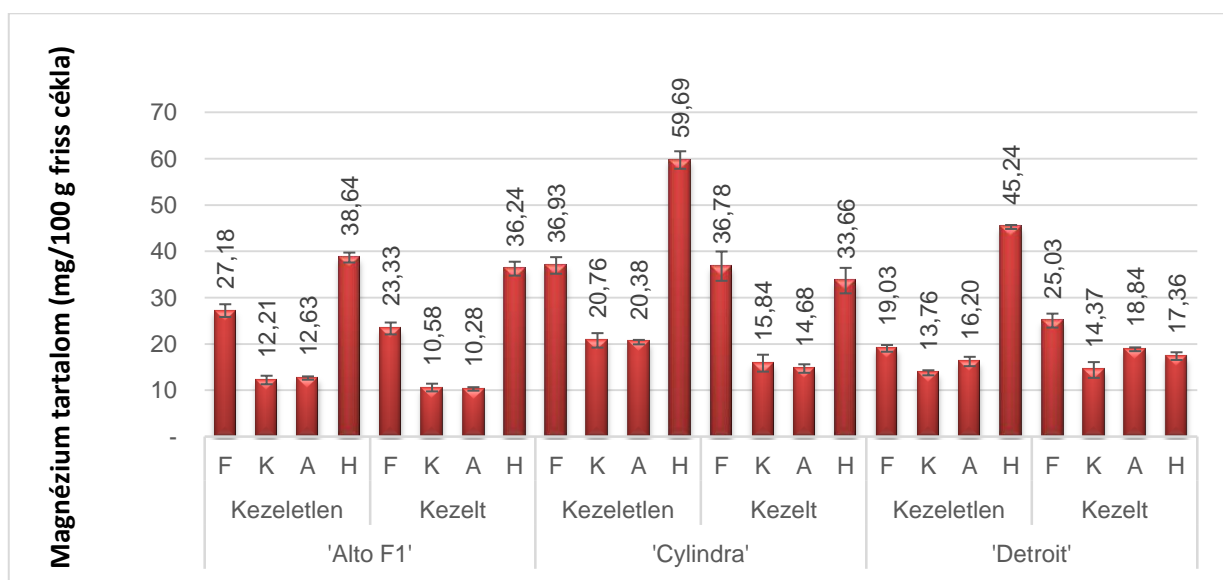


33. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták kálium tartalma

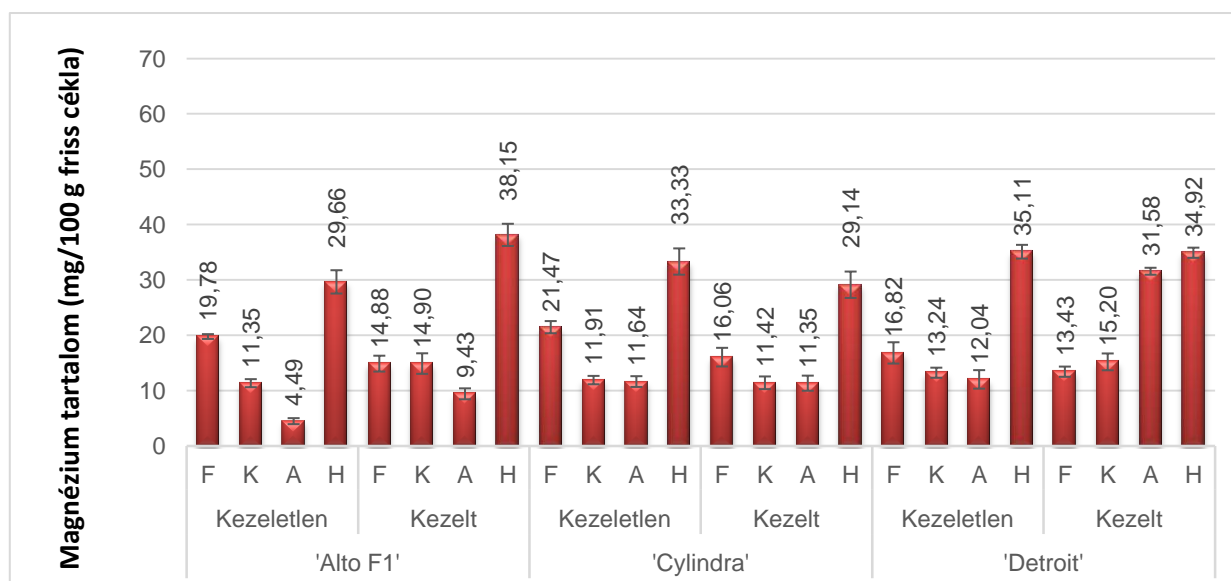
Az esetek többségében inkább a középső részben halmozódott fel a mennyiségük és a héj részben kisebb koncentrációban fordultak elő. A kezelés hatására jelentős különbség egyik

évjáratban sem alakult ki. WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált céklafajták kálium tartalma 2825 ± 317 mg/l, RODLER (2005) és NEELWARNE (2013) tápanyagtáblázata alapján a cékla 260 mg/100g illetve 325 mg/100g kálium tartalommal rendelkezik. YASHWANT (2015) tanulmányában 305 mg/100 g, míg SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban 407 mg/100 g kálium koncentráció szerepel a cékla vonatkozásában. Az általam vizsgált céklafajták közül a 2014-es termesztésűek $406,16$ mg/100 g, a 2015-ös minták $233,31$ mg/100 g kálium tartalom átlagértékkel rendelkeztek.

A magnézium tartalom esetében szintén megfigyelhető, hogy a felső- és a héj részben dúsult fel mennyiségük leginkább (34. és 35. ábra). A 2015-ös termesztésű minták átlagosan 17,09%-kal alacsonyabb magnézium tartalommal rendelkeztek, mint a 2014-es minták. WRUSS és munkatársai (2015) $218 \pm 33,4$ mg/l és $337 \pm 39,0$ mg/l közötti magnézium tartalmat detektáltak az általuk vizsgált céklafajtákban, míg RODLER (2005) féle táblázatban 87 mg/100 g, NEELWARNE (2013) és YASHWANT (2015) ásványianyag táblázata alapján a cékla magnézium tartalma és 23 mg/100 g. A általam vizsgált céklafajták esetében a 2014-es termesztésűek $23,16$ mg/100 g, míg a 2015-ös minták $19,22$ mg/100 g magnézium átlagértékkel rendelkeztek, melynek jelentős mennyisége a héj részben akumulálódott.

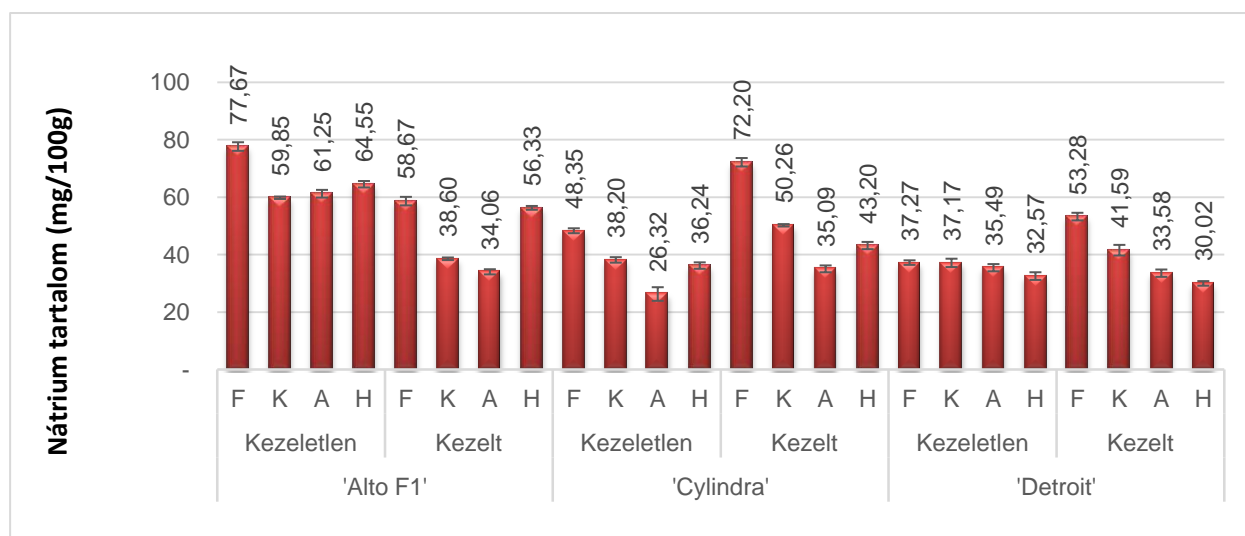


34. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták magnézium tartalma

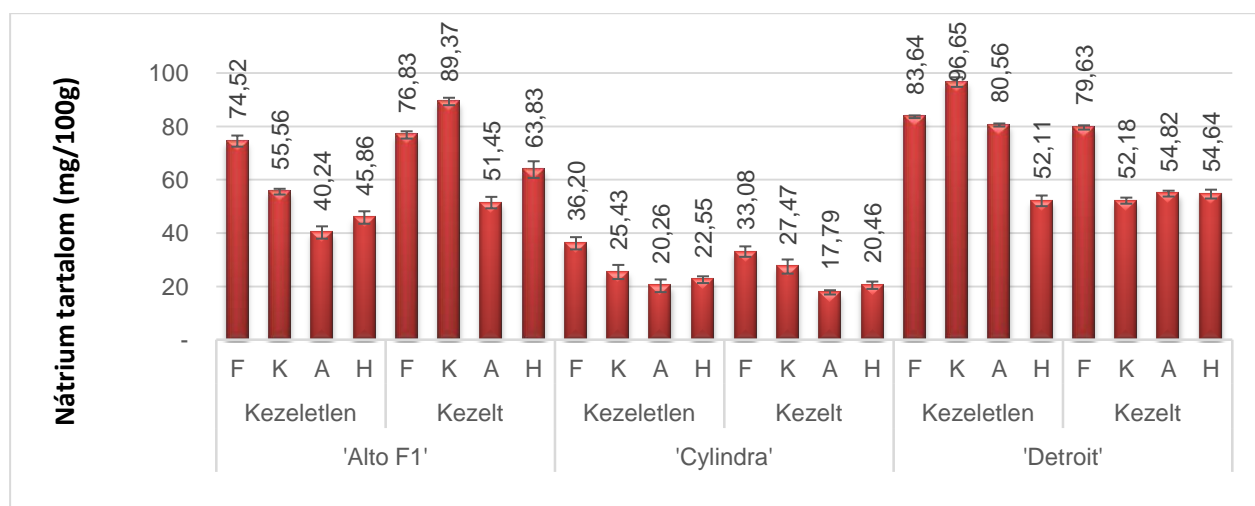


35. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták magnézium tartalma

A 2015-ös termesztésű céklák nátrium tartalma átlagosan 16,78%-kal magasabb értéket vett fel, mint a 2014-es termesztésűek (36. és 37. ábra). A nátrium tartalom vizsgálata során az eredmények változatosan alakultak. A kezeletlen minták nátrium tartalmának átlagát figyelembe véve valamivel magasabbnak bizonyult értékük mindkét évjáratban, mint a kezelt mintáké. WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált céklaminták nátrium tartalmának átlaga $439 \pm 51,9$ mg/l volt, míg RODLER (2005) és NEELWARNE (2013) táblázatában a cékla nátrium tartalmára 98 mg/100 g és 78 mg/100 g értékek találhatóak, míg SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban 58 mg/100 g nátrium koncentráció szerepel a cékla esetében. Az általam vizsgált céklafajták nátrium tartalma a 2014-es minták esetében $44,78 \pm 3,50$ mg/100 g, még a 2015-ös termesztésűek esetében $52,30 \pm 5,13$ mg/100 g átlagérték körül alakult, továbbá ebben az évjáratban minden esetben a kezelt minták tartalmaztak nátriumot magasabb koncentrációban.

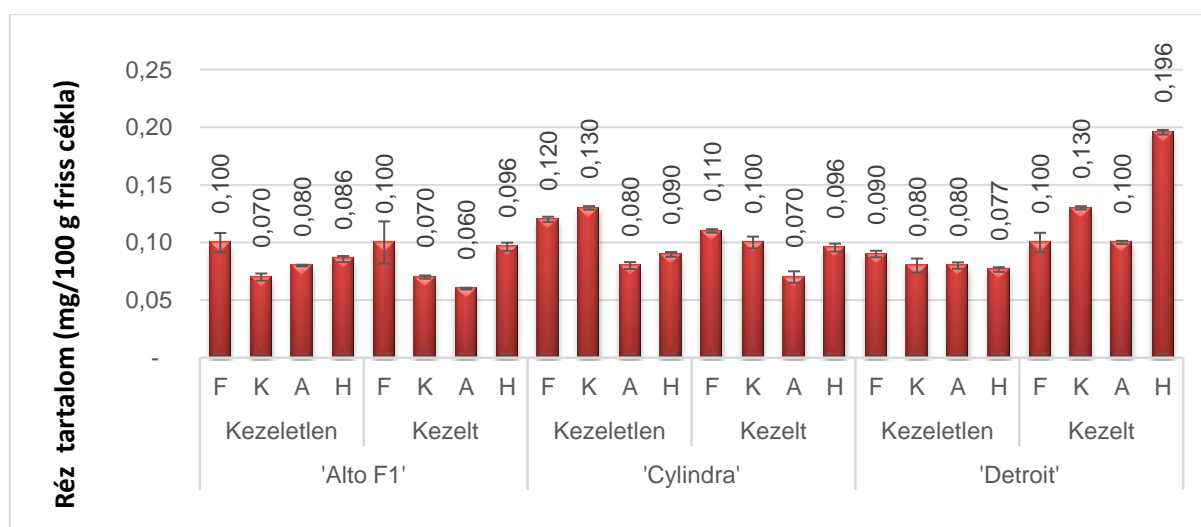


36. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták nátrium tartalma

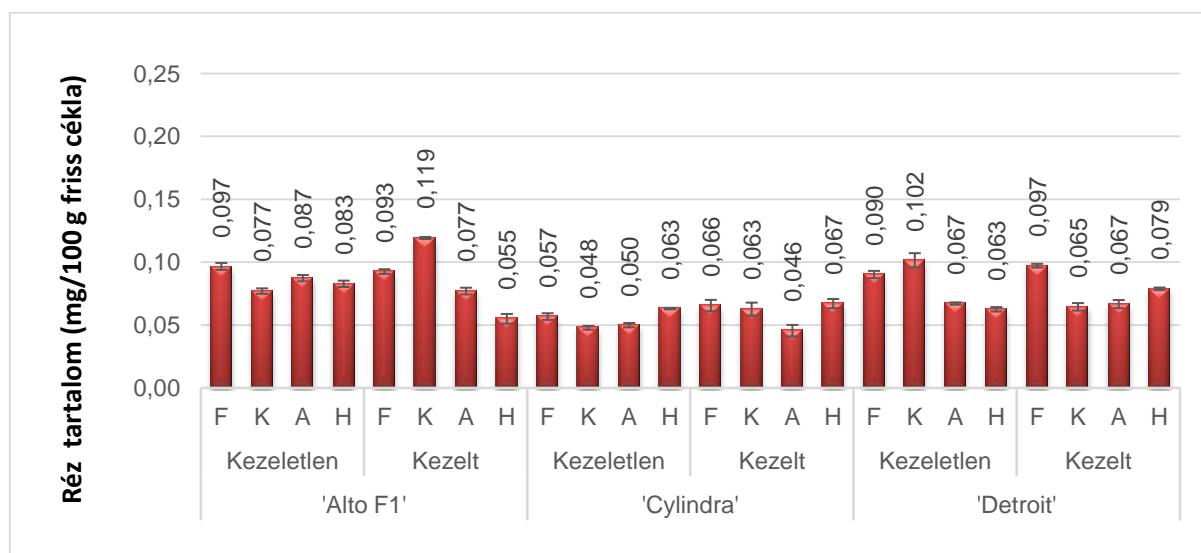


37. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták nátrium tartalma

A réz tartalom esetében 38. és 39. ábrákat elemezve megállapítható, hogy az évjáratok között jelentős különbség alakult ki, mivel a 2014-es minták átlagértéke 0,096 mg/100 g, míg a 2015-ös termesztésűek átlagosan 22,92 %-kal alacsonyabb, 0,074 mg/100 g réztartalommal rendelkeztek. RODLER (2005) ásványianyag táblázatában a cékla réz tartalma 0,087 mg/100 g, a SUOCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban pedig 82 μ g/100 g, NEELWARNE (2013) tanulmányában 0,35 mg/100 g rézkoncentráció szerepel cékla esetében. WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált hét céklafajtában 0,022 \pm 15,4 mg/l és 0,392 \pm 86,3 mg/l közötti réztartalmat detektáltak. A 2014-es termesztésű minták esetében a réztartalom 0,060 mg/100 g és 0,196 mg/100 g, míg a 2015-ös termesztésű céklaminták esetében a rézkoncentráció 0,046 mg/100 g és 0,119 mg/100 g között mozgott.



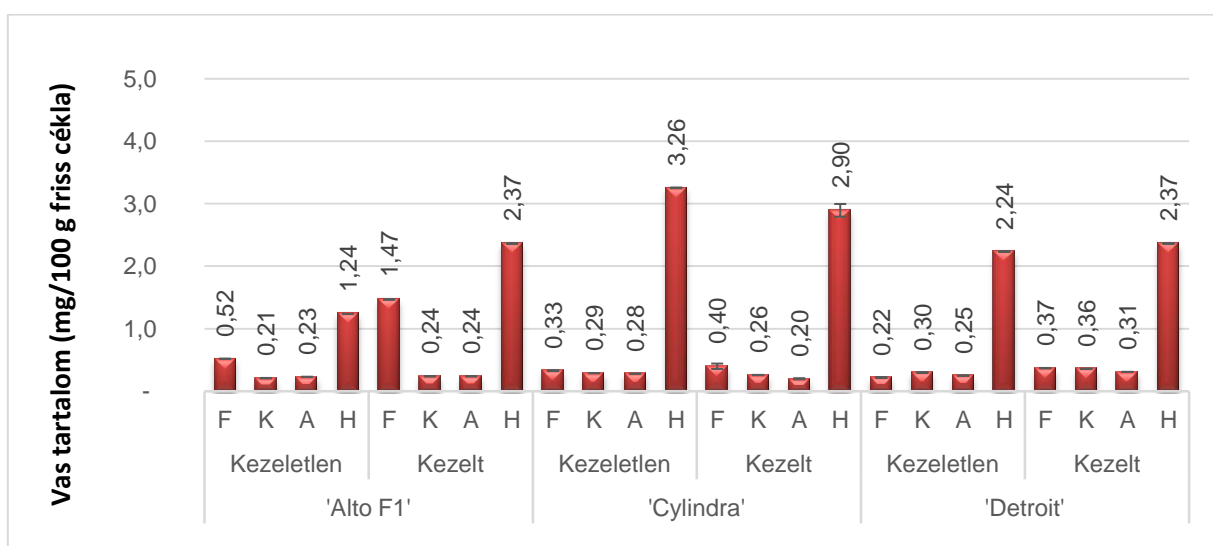
38. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták réz tartalma



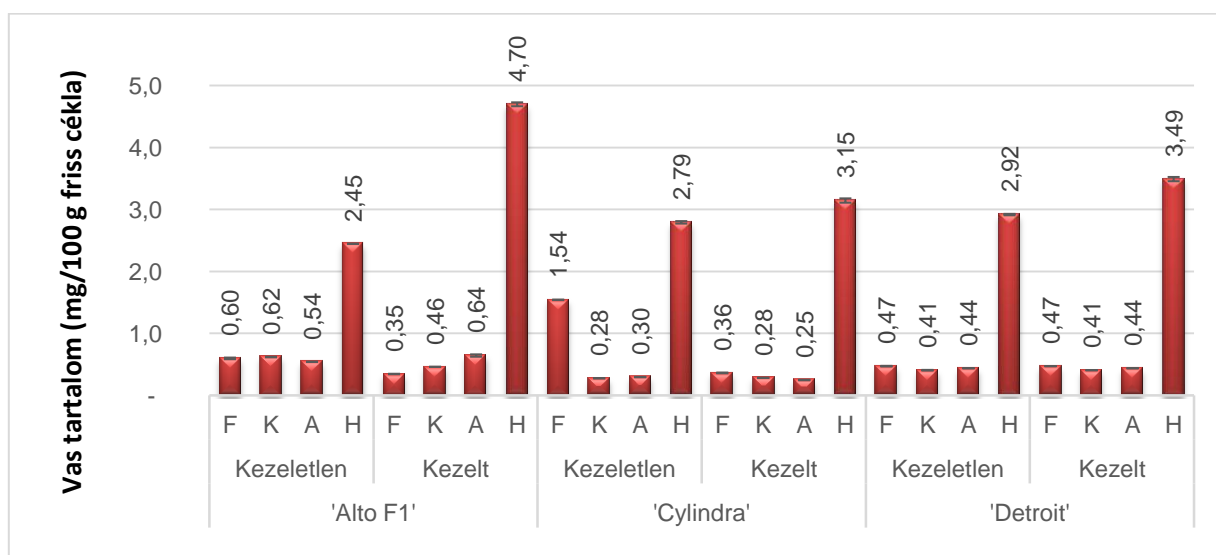
39. ábra: A 2015-es termesztésű céklaminták réz tartalma

A vas tartalom esetében a 2015-ös minták (~ 1,182 mg/100 g) átlagosan 35,63%-kal magasabb értékkel rendelkeztek, mint a 2014-es egyedek (~ 0,868 mg/100g). A vas tartalom mindhárom céklafajtánál, mindkét évjáratban a héj részben koncentrált, mely a 2014-es kezeletlen 'Cylindra' esetében több mint háromszoros, míg a 2015-ös kezelt 'Alto F1' céklafajtánál majdnem négyszeres mennyiséget jelent az átlagértékhez képest (40. és 41. ábra). A kezelés hatására számottevő különbség nem alakult ki a vas tartalom vonatkozásában. RODLER (2005) táblázatában 0,60 mg/100 g, SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban 0,86 mg/g, NEELWARNE (2013) tanulmányában 0,80 mg/100 g, YASHWANT (2015) munkájában

0,79 mg/100g vas tartalom került megadásra a cékla esetében. WRUSS és munkatársai (2015) által végzett vizsgálatok során az elemzésbe bevont hét céklafajta $321 \pm 92,8$ és 4034 ± 1730 $\mu\text{g/l}$ közötti vas tartalommal rendelkezett. A vas tartalom meghatározása során kapott eredményeim irodalmi adatokkal történő összevetése kapcsán megállapítható, hogy a vas tartalom jelentős része a héj részben halmozódott fel.

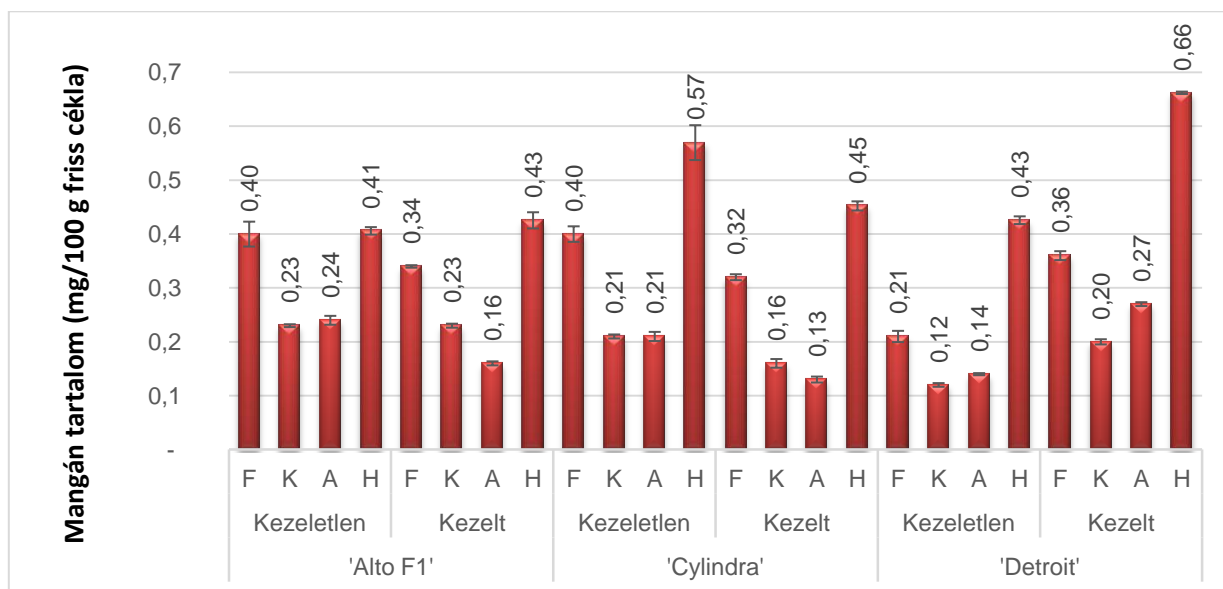


40. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták vas tartalma

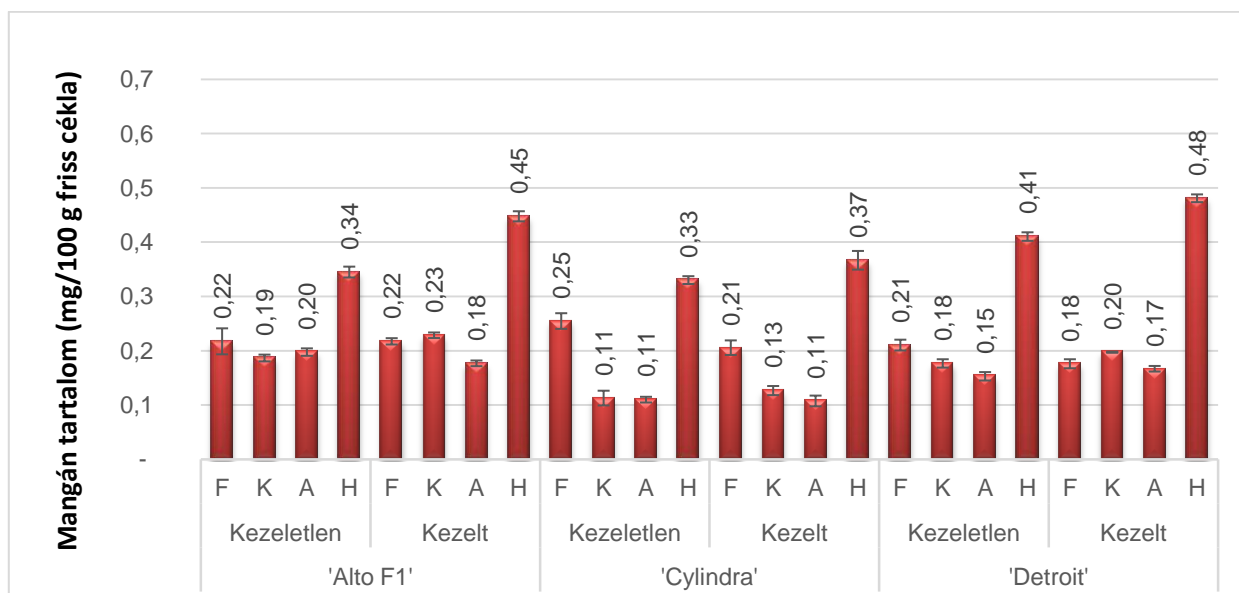


41. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták vas tartalma

A mangán tartalom esetében is főképp a héj tartalmánál detektálhatóak a legmagasabb értékek, kiugróan magas adat két esetben tapasztalható, mely az átlag érték (0,278 mg/100 g) több mint dupláját jelenti, mely 0,570 mg/100 g mangán koncentrációt jelent a 2014-es, kezeletlen 'Cylindra' héj részében és 0,662 mg/100 g értéket a 2014-es, kezelt 'Detroit' héj részében (42. és 43. ábra).



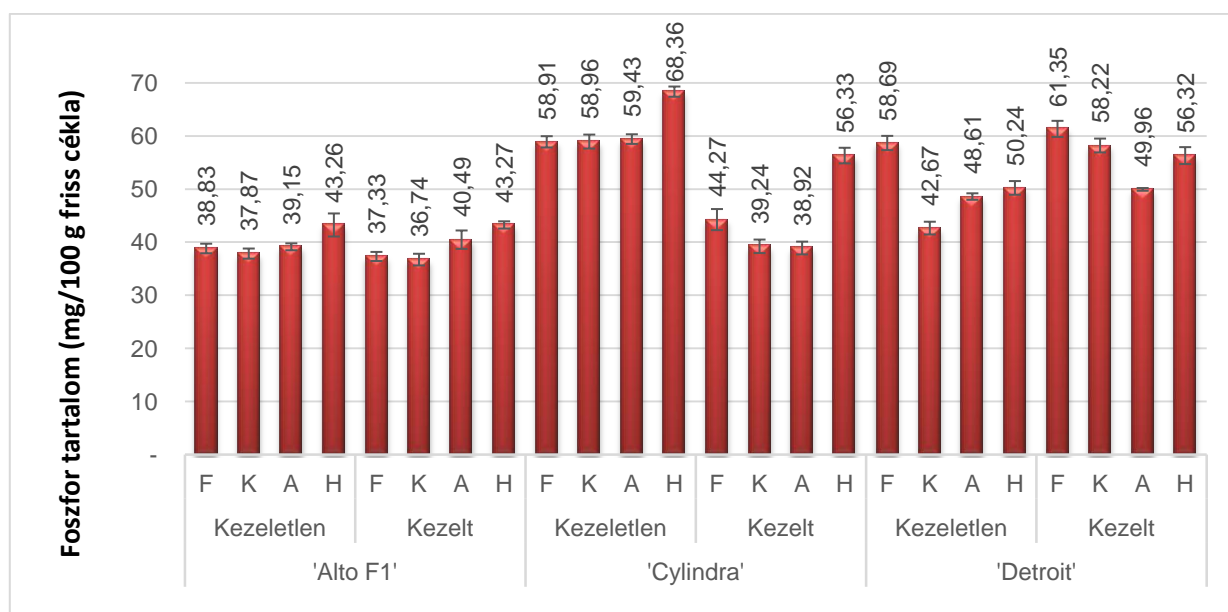
42. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták mangán tartalma



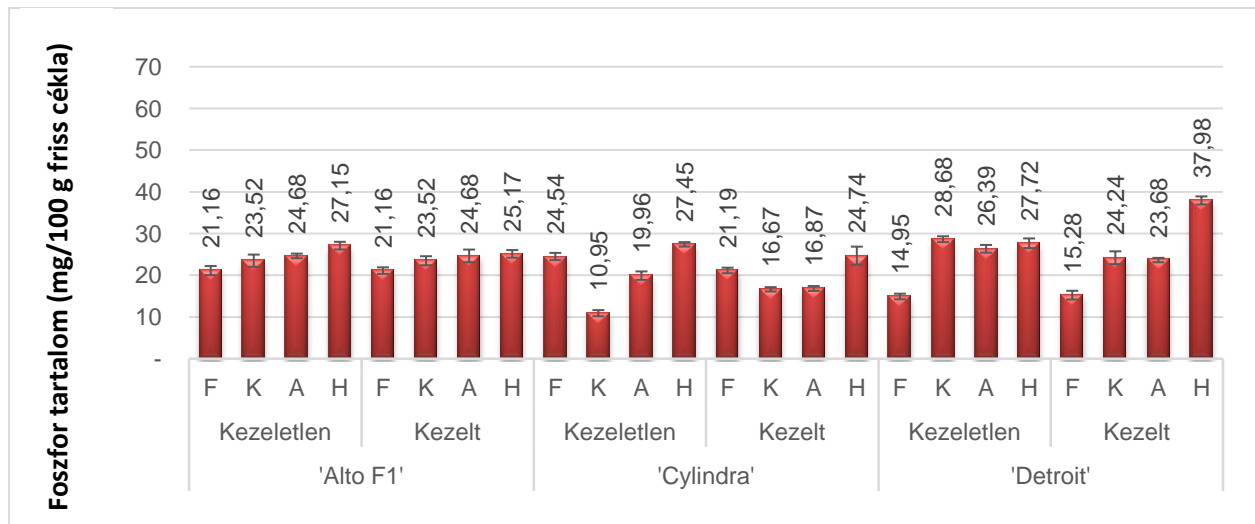
43. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták mangán tartalma

WRUSS és munkatársai (2015) által vizsgált céklafajták mangán tartalma $0,352 \pm 109$ és $1,196 \pm 276$ mg/l közötti értékeket vett fel. RODLER (2005) féle táblázatban $0,540$ mg/100 g, NEELWARNE (2013) tanulmányában $0,329$ mg/100 g, míg SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban $0,244$ mg/100 g mangán koncentráció szerepel. Az általam vizsgált céklafajták mangán tartalma a 2014-es minták esetében $0,303 \pm 0,02$ mg/100 g, míg a 2015-ös termesztésűek esetében $0,233 \pm 0,01$ mg/100 g átlagértéket vett fel.

A foszfor tartalom meghatározása során jelentős különbség figyelhető meg az évjáratok között, mivel a 2014-es minták foszfor tartalma átlagosan több mint duplája volt a 2015-ös mintáknak. A kezelt és kezeletlen minták között nem figyelhető meg ilyen nagymértékű eltérés, de a kezeletlen minták valamivel magasabb értékeket vettek fel (44. és 45. ábra).



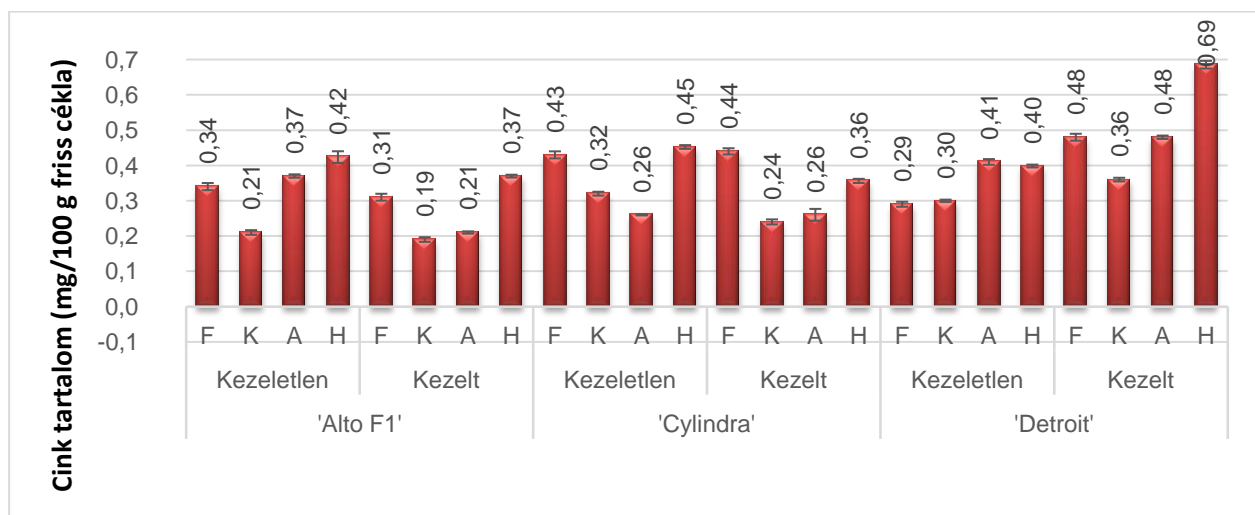
44. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták foszfor tartalma



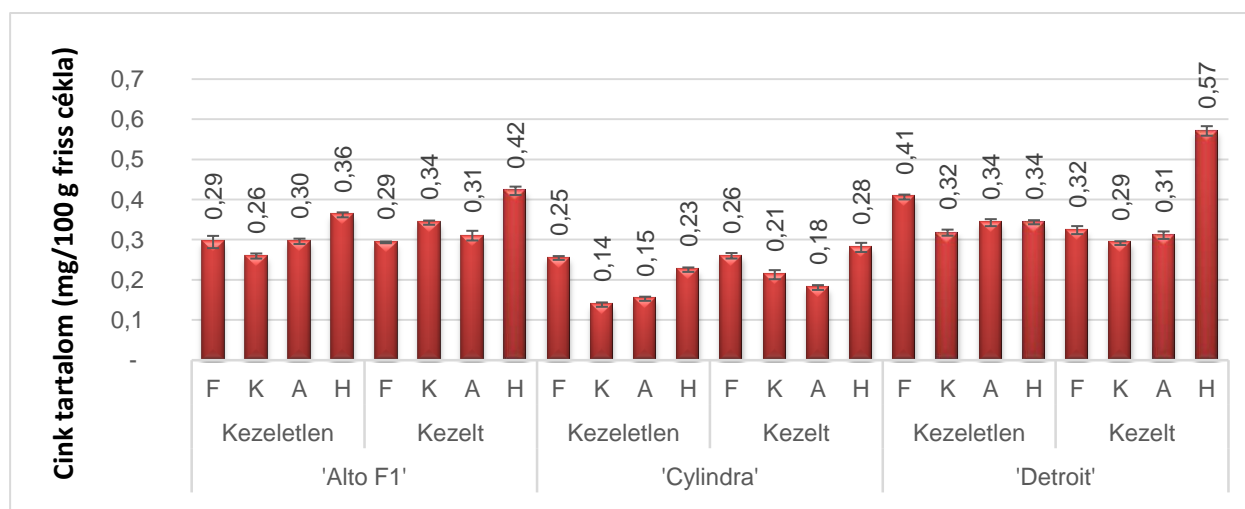
45. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták foszfor tartalma

YASHWANT (2015) féle táblázatban 38 mg/100 g, míg SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban 44 mg/100 g foszfor tartalom került meghatározásra. Az általam vizsgált 2014-es termesztésű céklaminták $48,64 \pm 1,18$ mg/100 g, valamint a 2015-ös termesztésűek $23,01 \pm 0,96$ mg/100 g foszfor tartalommal rendelkeztek.

A cink tartalom esetében látható, hogy a héj részek (0,329 mg/100 g) az átlag értéknél magasabb értékeket vettek fel, de ezek mellett sok esetben a felső rész cink tartalma is átlag érték feletti, illetve néhány esetben még magasabb, mint a héj rész cink tartalma (46. és 47. ábra).



46. ábra: A 2014-es termesztésű céklaminták cink tartalma



47. ábra: A 2015-ös termesztésű céklaminták cink tartalma

Kiugróan magas értéket detektáltam a 2014-es, kezelt 'Detroit' héj részében (0,68 mg/100 g). RODLER (2005) féle táblázatban 0,34 mg/100 g és NEELWARNE (2013) tápanyagtáblázata alapján a cékla 0,075 mg/100 g illetve cink tartalommal rendelkezik. YASHWANT (2015) tanulmányában 0,35 mg/100 g, míg SOUCI és munkatársai (2008) által készített táblázatban 0,36 mg/100 g cink koncentráció szerepel a cékla vonatkozásában. Az általam vizsgált 2014-es termesztésű céklaminták $0,37 \pm 0,007$ mg/100 g, valamint a 2015-ös termesztésűek $0,30 \pm 0,008$ mg/100 g cink tartalommal rendelkeztek.

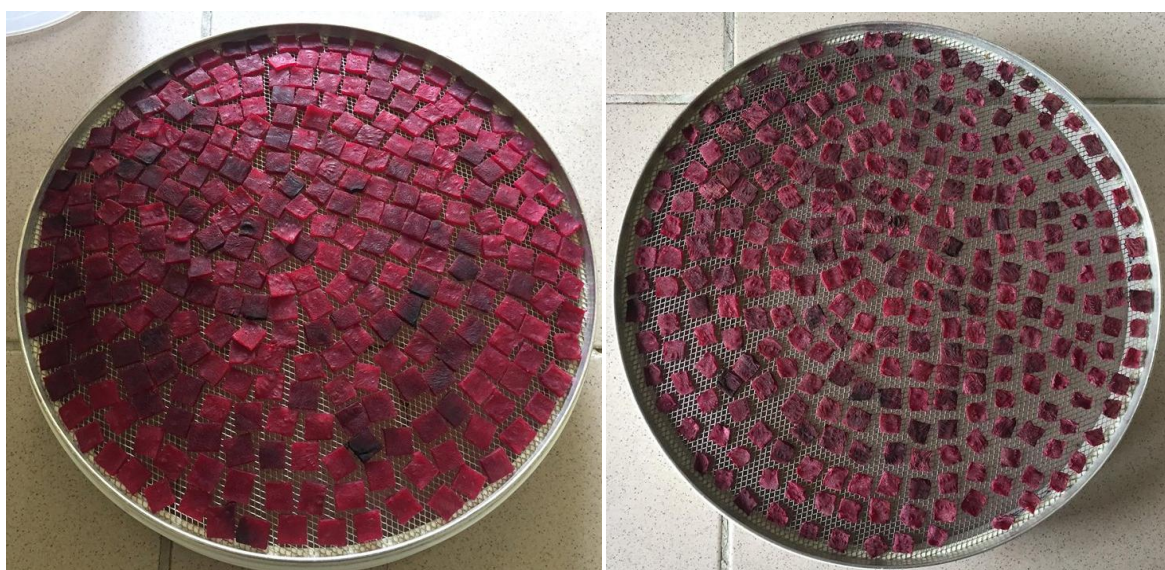
Az ásványianyag-tartalom statisztikai elemzését az M3. 7.a és 7.b táblázata tartalmazza.

Az ásványianyag-tartalom elemzése során megállapítást nyert, hogy a kalcium, mangán és magnézium főképp a felső- és a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, míg a legnagyobb vastartalom a héj részben fordult elő mindkét évjárat esetében. Jellemzően a 2014-es minták magasabb ásványianyag-tartalommal rendelkeztek, kivéve a nátrium és vas tartalmat, melyeknél ennek ellenkezője alakult ki.

4.2. Előszárítási kísérletek eredményei

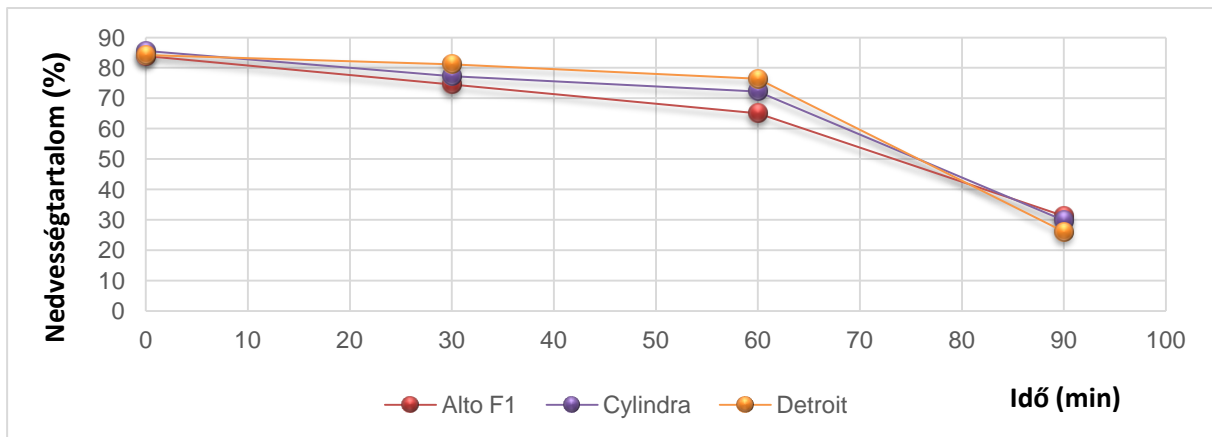
4.2.1. Nedvességtartalom és vízáktivitás

A szárítási kísérletek elvégzéséhez a 2015-ben termesztett, kezeletlen céklaminták kerültek felhasználásra. Minden szárítási mód során légáramú előszárítást alkalmaztam 40°C, 60°C és 80°C-on. A 40°C-on történő előszárítás 90 percig, 60°C-on 60 percig (9. kép), 80°C-on végzett előszárítás 45 percig tartott annak érdekében, hogy az előszárítmányok 30 % alatti nedvességtartalommal rendelkezzenek.

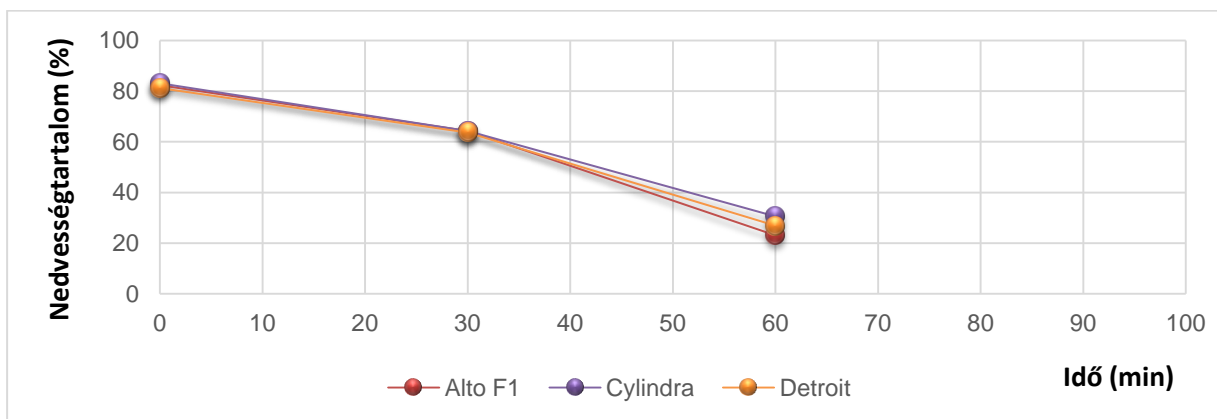


9. kép: 'Cylindra' minták előszárítás (60°C, 1h) előtt és után

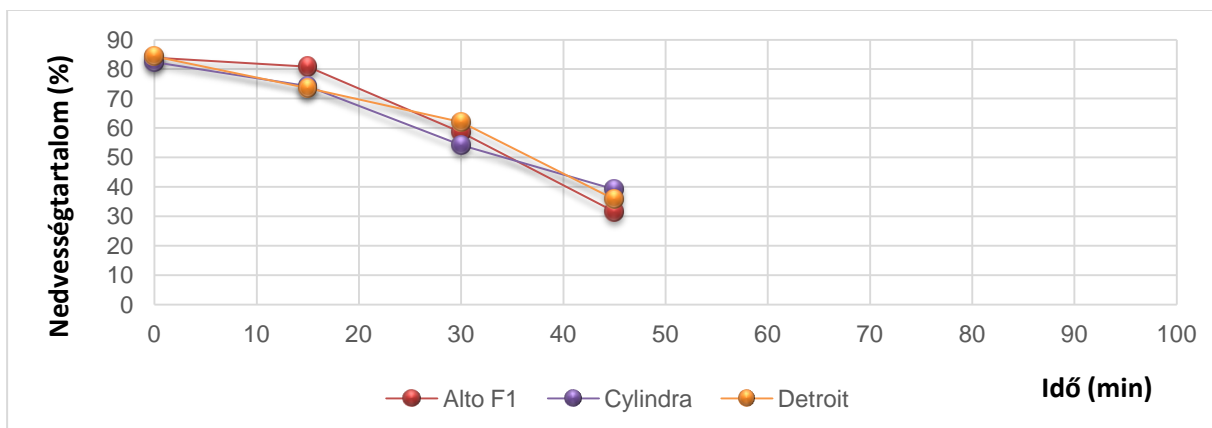
A 48-50. ábrákon látható az előszárítás során a minták nedvességtartalmának változása. Látható, hogy minden esetben 30 % alá csökkent a nedvességtartalom az előszárítás hatására. A vizsgált céklafajták száradási görbéi között jelentős különbség nem figyelhető meg.



48. ábra: Nedvességtartalom változása a 40°C-on végzett előszárítás során



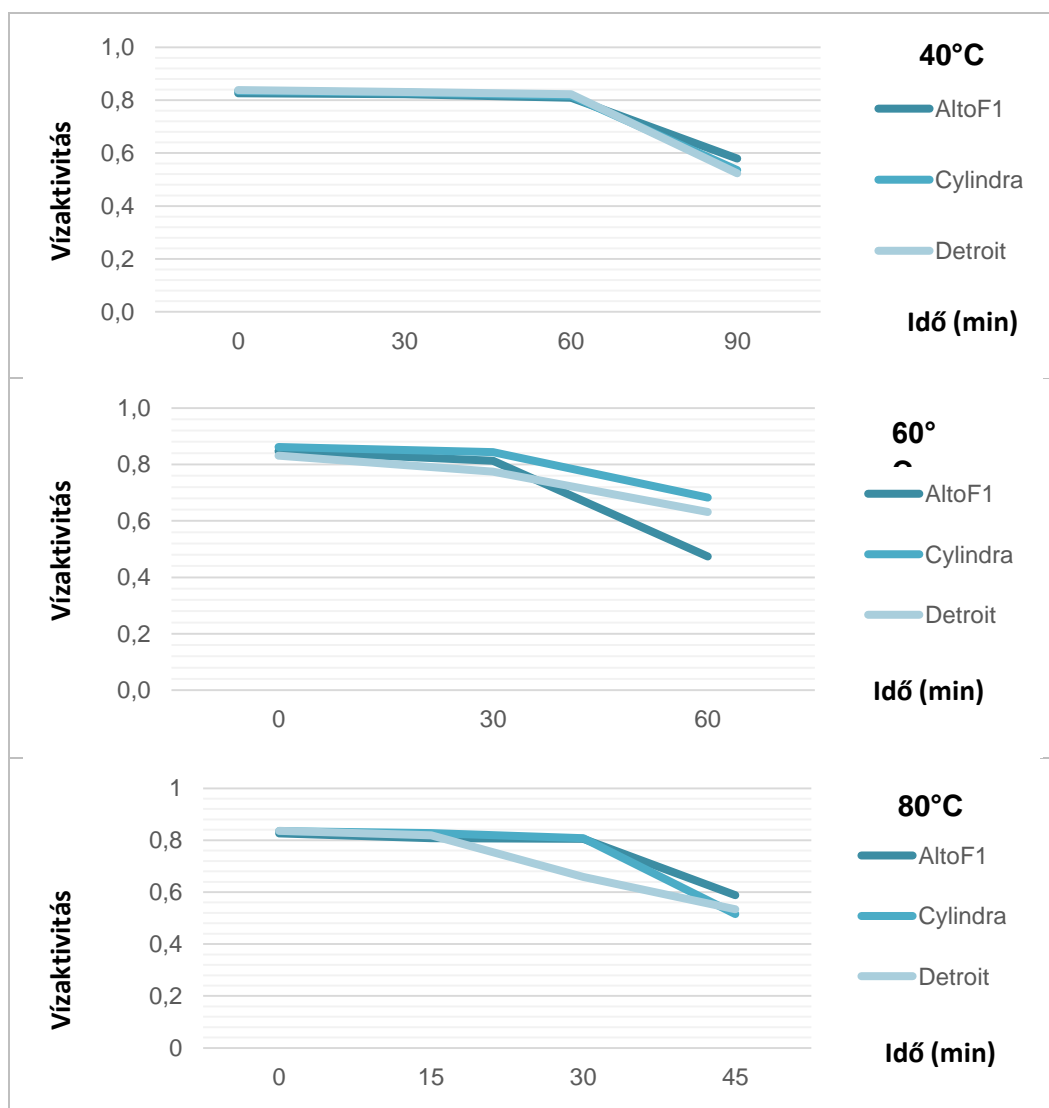
49. ábra: Nedvességtartalom változása a 60°C-on végzett előszárítás során



50. ábra: Nedvességtartalom változása a 80°C-on végzett előszárítás során

Az 51. ábra az előszárított minták vízakaktivitási értékeit mutatja, látható, hogy a 40°C-on és a 80°C-on előszárított minták vízakaktivitása 0,6 alá csökkent már előszárítás során. A 40 °C-on végzett előszárítás esetében később indul meg az a_w érték csökkenése, körülbelül 60 perc után. A 60°C-on történő előszárítás alkalmával már 30 perc elteltével csökkent az értéke, míg a 80°C-on

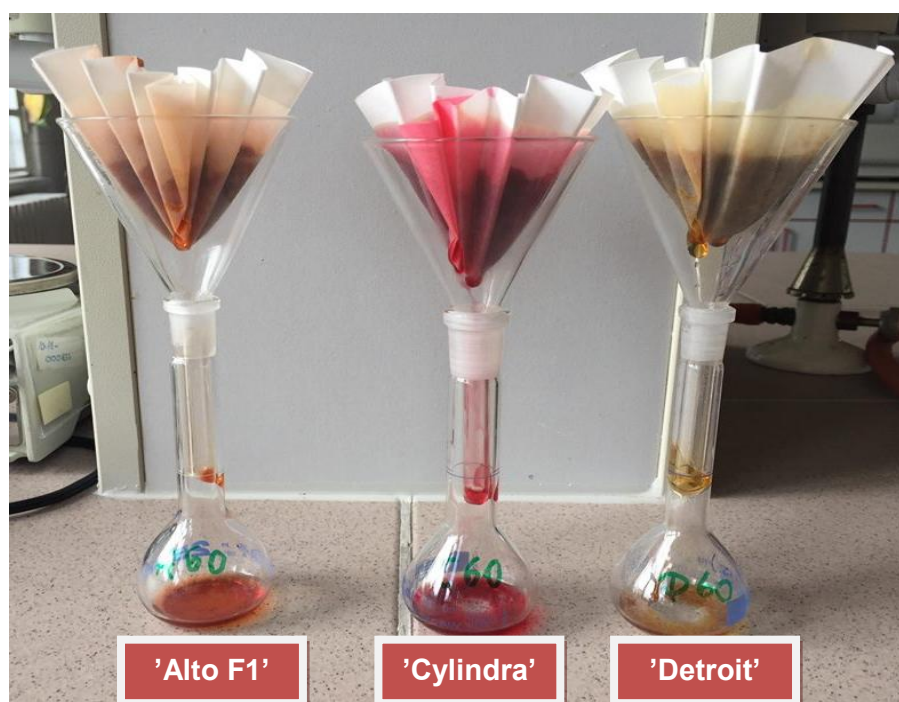
végrehajtott előszárítás során a 'Detroit' mintáknál már 15 perc után csökkent az a_w értéke és az előszárítás 45. percében a vízaktivitás 0,6 alá ment mindhárom céklafajtánál.



51. ábra: Az előszárított minták vízaktivitás értékének (a_w) változása

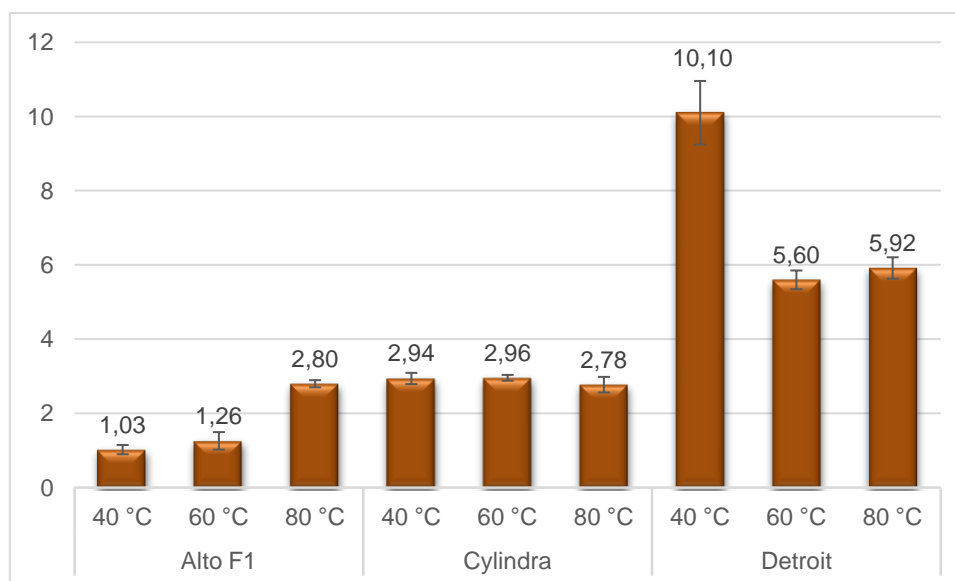
4.2.2. Színkoordináták

A 10. kép alapján egyértelműen látható a céklára jellemző vörös szín 60°C-on végzett előszárítást követően leginkább a 'Cylindra' minta őrizte meg. Ezzel szemben a 'Detroit' extraktumra már sokkal inkább a sárgásbarna szín lett a jellemző, míg az 'Alto F1' esetében a narancssárga dominált.



10. kép: 60°C-on előszárított minták extrahálást követő szűrése

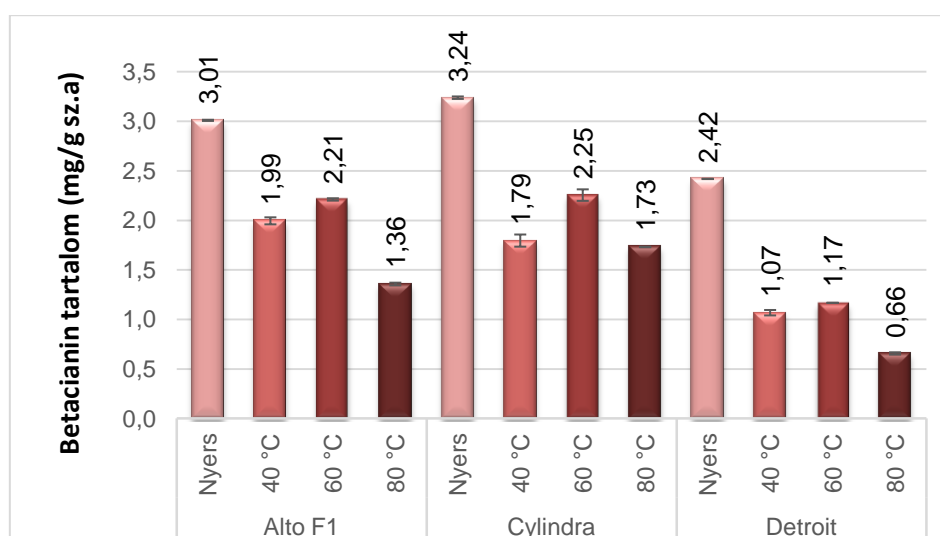
Az előszárított minták színkoordináta értékeinek elemzése során elmondható, hogy mindhárom céklafajtánál a különböző hőmérsékleteken végzett előszárítások hatására a L^* értékek alig változtak, míg az a^* értékek a 'Detroit' esetében jelentősen csökkentek, különösen a 40°C-on végzett előszárítás hatására (M3. 8. táblázat táblázat). Az 52. ábrán az előszárított minták teljes színkülönbség értékei szerepelnek, látható a céklafajták között nagyobb különbségek alakultak, mint a különböző hőmérsékleteken végzett előszárítások között. A 'Detroit' esetében figyelhető meg a legnagyobb színváltozás, melynél a 60°C és 80°C előszárított minták esetében is 'jól látható' színkülönbség, míg a 40°C-on végzett előszárítás esetében pedig 'nagy' színkülönbség alakult ki BACKHAUSE és munkatársai (1998) által készített táblázat alapján.



52. ábra: Előszárított minták teljes színelkülönbség értékei

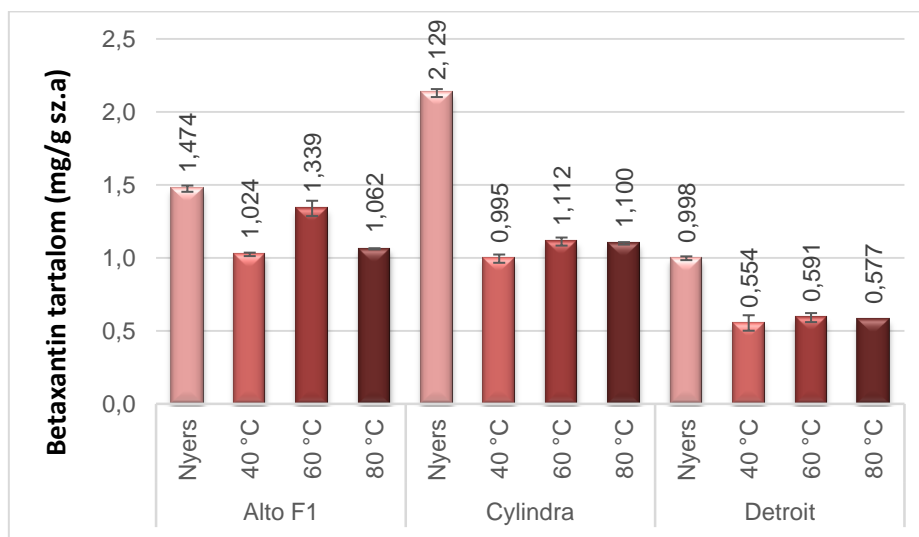
4.2.3 Betacianin- és betaxantin tartalom

Az 53. ábra alapján az előszárított minták betacianin tartalmát elemezve egyértelműen elmondható, hogy a 60°C-on történő előszárítás bizonyult a legkíméletesebbnek a betacianin tartalom megőrzésében. Az 'Alto F1' esetében 2,21 mg/g sz.a, a 'Cylindra' fajtánál 2,25 mg/g sz.a, míg a 'Detroit' mintáknál 1,69 mg/g sz.a betacianin koncentrációt detektáltam 60°C-os előszárítást követően, mely 36,37%, 52,66% illetve 16,88% csökkenést jelent a nyers minták betacianin tartalmához képest.



53. ábra: Az előszárított minták betacianin tartalma

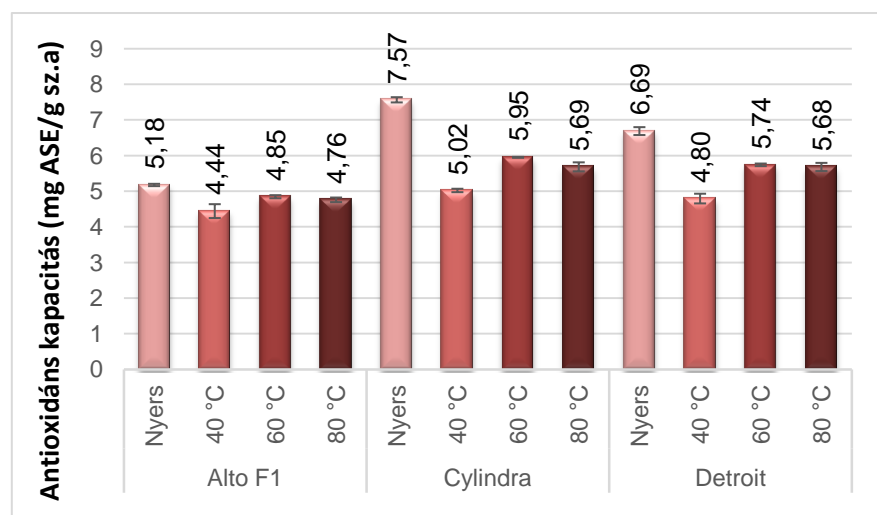
A betacianin tartalomnál tapasztaltakhoz hasonlóan a 60°C-on végzett előszárítást követően tudtam a legmagasabb betaxantin tartalmat detektálni (54. ábra). Az 'Alto F1' céklafajta esetében 60°C-os előszárítás hatására mindössze 9,16%-kal csökkent a mennyisége, a másik két céklafajtánál csekély különbség figyelhető meg a különböző hőmérsékleteken végzett szárítások hatására.



54. ábra: Az előszárított minták betaxantin tartalma

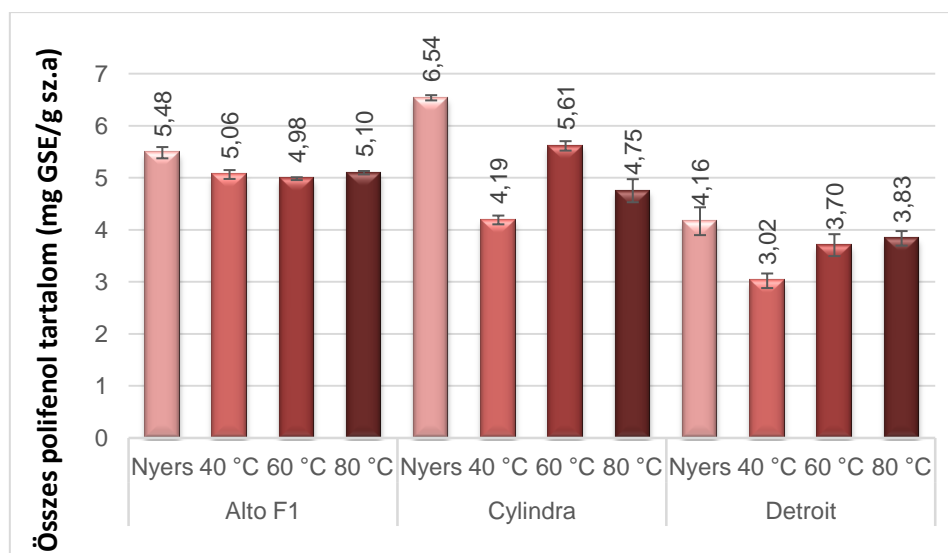
4.2.4. Antioxidáns kapacitás és összes polifenol tartalom

Az antioxidáns kapacitás estében szintén a 60°C-on előszárított mintákban mértem a legnagyobb értékeket (55. ábra). Így a 60°C-on végzett előszárítás hatására az 'Alto F1' mintánál 6,39 %-kal, a 'Cylindra' fajtánál 26,21%-kal, míg a 'Detroit' estében 17,84%-kal csökkent az értéke.



55. ábra: Az előszáritott minták antioxidáns kapacitása

Az összes polifenol tartalom előszáritást követő kiértékeléséből látható, hogy a 'Cylindra' esetében továbbra is a 60 °C-on előszáritás bizonyult a legkedvezőbbnek, itt a csökkenés a nyers mintákhoz képest 14,15%. Az 'Alto F1' és 'Detroit' előszáritmányoknál a 80°C-os előszáritás során detektáltam a legkisebb mértékű csökkenést, mely a nyers minták összes polifenol tartalmához képest mindössze 7,02% és 7,93% csökkenést jelent (56. ábra).



56. ábra: Az előszáritott minták összes polifenol tartalma

Az előszáritott minták színjellemezőjét tekintve a 'Cylindra' fajta őrizte meg leginkább a céklára jellemző színvilágot. A 60°C-on végzett előszáritás bizonyult legalkalmasabbnak betacianin-, betaxantin tartalom valamint az antioxidáns kapacitás értékek minél nagyobb mértékű megőrzése tekintetében mindhárom céklafajta esetében. Az összes polifenol tartalom vizsgálata

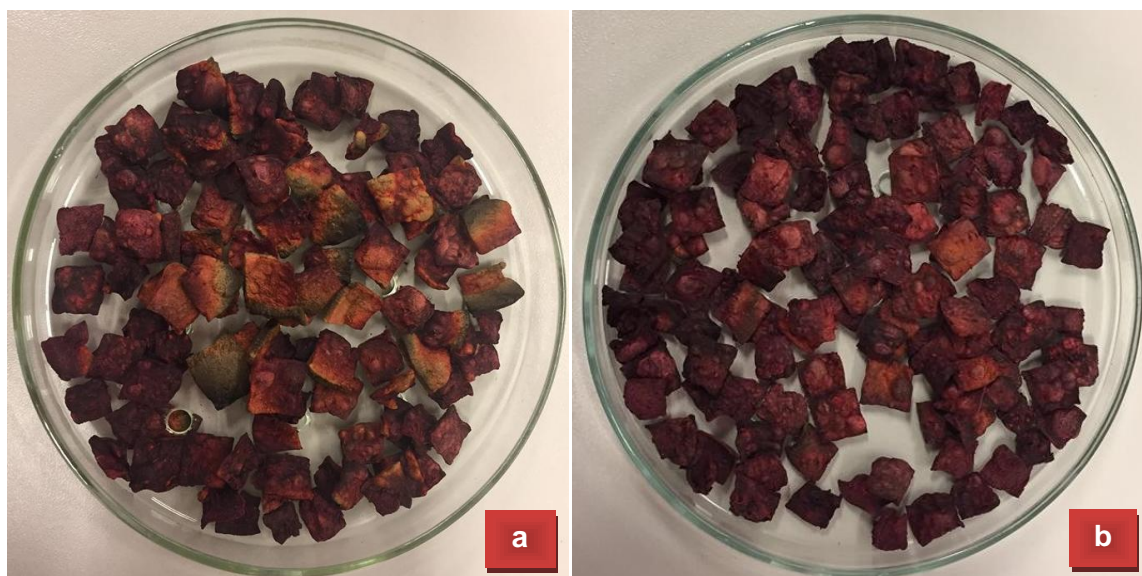
során az 'Alto F1' esetében számottevő különbség nem alakult ki a különböző hőmérsékleteken végzett előszárítás hatására, a 'Cylindra' esetében szintén a 60°C-on végzett előszárítás, míg a 'Detroit' fajtánál a 80°C-on végzett előszárítás bizonyult a legkíméletesebbnek.

4.3. Vákuum és mikrohullámú vákuumszárítás kísérleti eredményei

4.3.1. Száradási ráta

A céklaminták utószárítása hét különféle szárítási módszer szerint történt, annak érdekében, hogy a beltartalmi paraméterek vizsgálati eredményeinek összevetésével képet kapjak az egyes szárítási módok hatásairól. A 60°C-on előszárított minták utószárítása egyrészt atmoszférikus továbbszárítással, ezen felül 40°C, 50°C és 60°C-on végzett vákuumszárítással, valamint mikrohullámú vákuumszárítással valósult meg. Továbbá a mikrohullámú vákuumszárítás sajátosságainak feltérképezése érdekében a 40°C, illetve 80°C-on előszárított minták dehidratációját is elvégeztem, annak ellenére, hogy a 60°C-on végzett előszárítást ítéltam a legjobbnak a vizsgált paraméterek alapján.

A mikrohullámú vákuumszárítással megvalósult utószárítás optimális paramétereinek és időtartamának meghatározásához előkísérleteket végeztem. FERENCZI et al. (2011) Jonathan alma mikrohullámú vákuumszárítása során 65% kezdeti szárazanyagtartalommal rendelkező minták 13 magnetronpercnyi kezelése 0% égettségi arányt eredményezett, mely az általuk alkalmazott modell alapján 3315 J/g energiaközlést jelent. Így az előkísérletek alapján a 30% körüli nedvességtartalommal rendelkező céklaminták esetében a 2880 J/g energiaközléssel bizonyult megfelelőnek, mely 10 perc 300W és 3 perc 600W-os kezelést jelent. Ezek ismeretében a mikrohullámú vákuummal végzett utószárítási előkísérletet 13 perces 600W-on történő szárítási paraméterekkel folytattam le, melynek hatására égett részek keletkeztek a mintában (11/a. kép). Így a következőkben 10 percig 600W-on, majd 3 percig 300 W-on szárítottam a mintákat, melynek hatására az égett részek mennyisége minimálisra csökkent (11/b. kép).

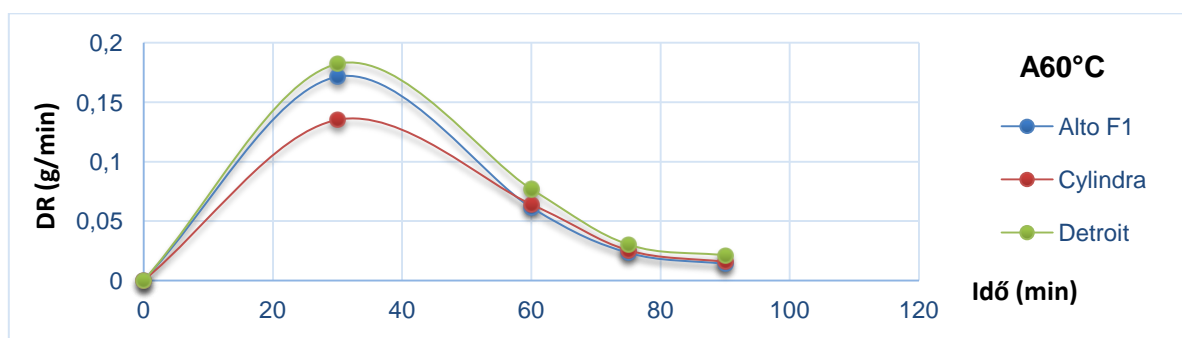


11. kép: Mikrohullámú vákuumszárított 'Cylindra' minta

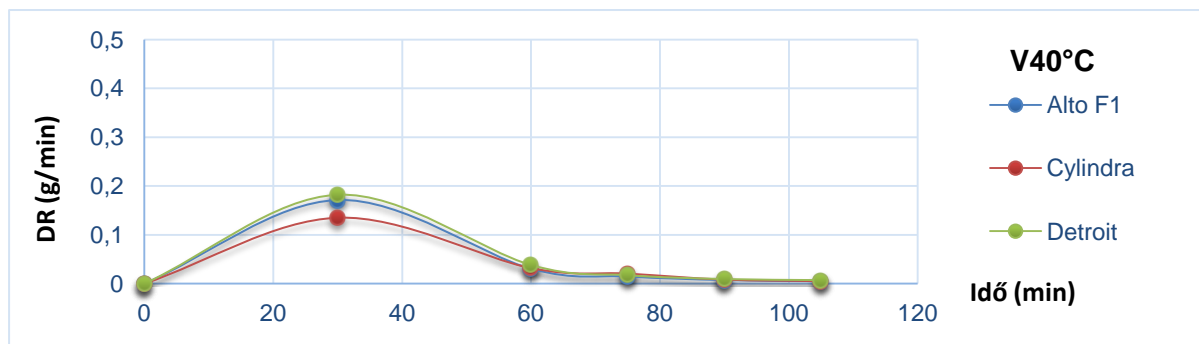
A száradási ráta KAUR és SINGH (2014) tanulmánya alapján a nedvességtartalom csökkenése és az ez alatt eltelt idő hányadosaként került meghatározásra.

$$\text{Száradási ráta; } DR = \frac{dM}{dt} = \frac{\text{Nedvességtartalom csökkenése (\%)}}{\text{Ez alatt eltelt idő (min)}}$$

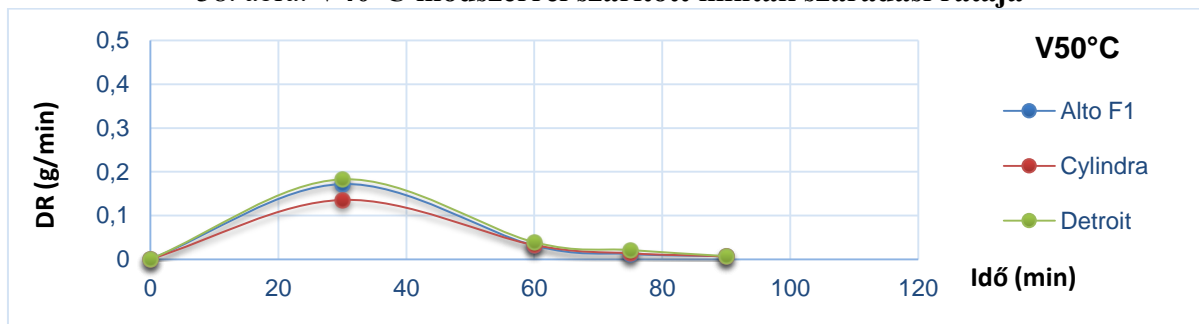
Az 57-63. ábrákon a különböző szárítási módokon dehidratált minták száradási rátája látható. A különböző céklafajták száradási görbéje alapján és néhány tudományos munka eredménye szerint (ANDRÉS et al., 2004; KAUR és SINGH, 2014; WOJDYŁO et al., 2014) a mikrohullámú vákuumszárítás gyorsabb száradást biztosít a hagyományos módszerhez képest illetve alacsony hőmérsékleten is hatékony. Az ábrákat elemezve igazolható, hogy a mikrohullámú vákuumszárítás valóban rövid száradási időtartamot biztosít.



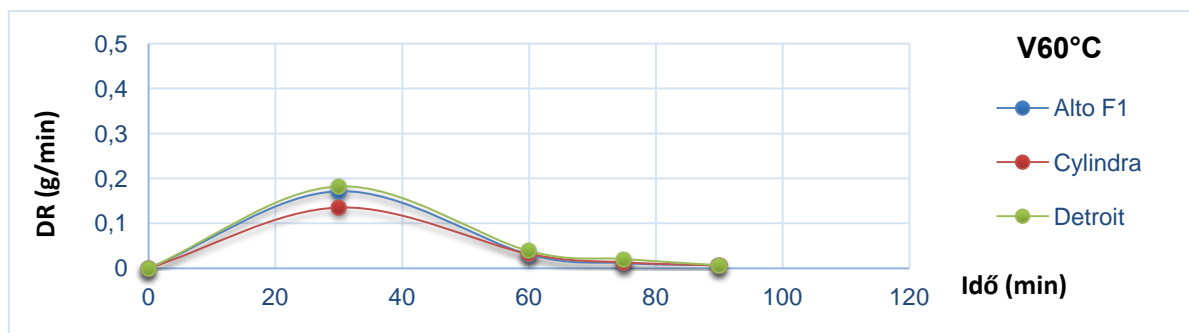
57. ábra: A60°C módszerrel szárított minták száradási rátája



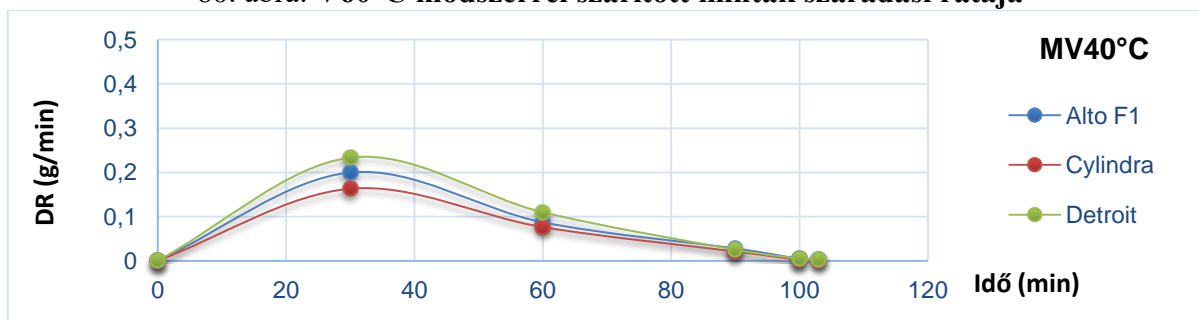
58. ábra: V40°C módszerrel szárított minták száradási rátája



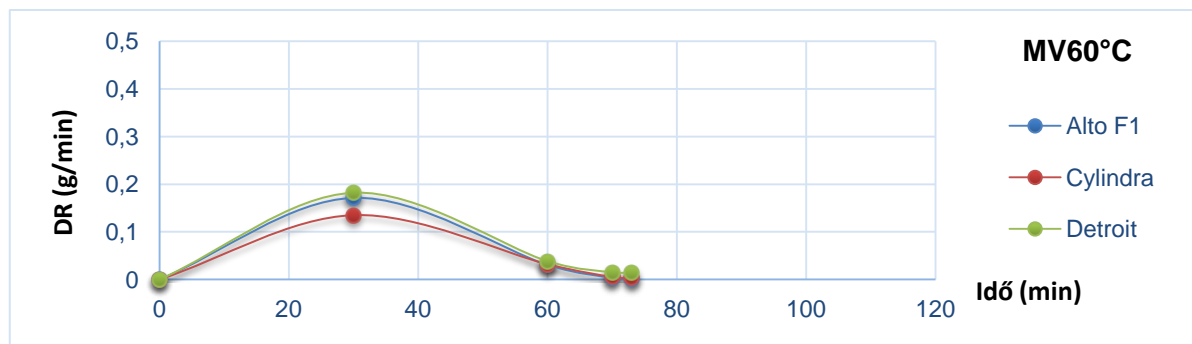
59. ábra: V50°C módszerrel szárított minták száradási rátája



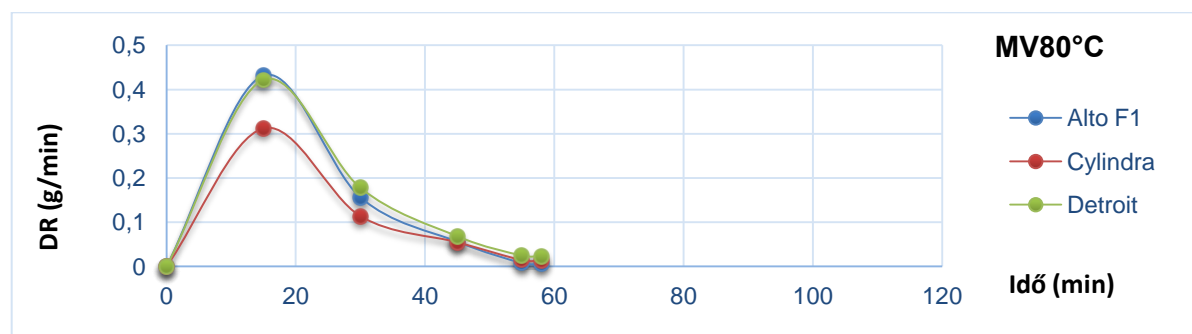
60. ábra: V60°C módszerrel szárított minták száradási rátája



61. ábra: MV40°C módszerrel szárított minták száradási rátája

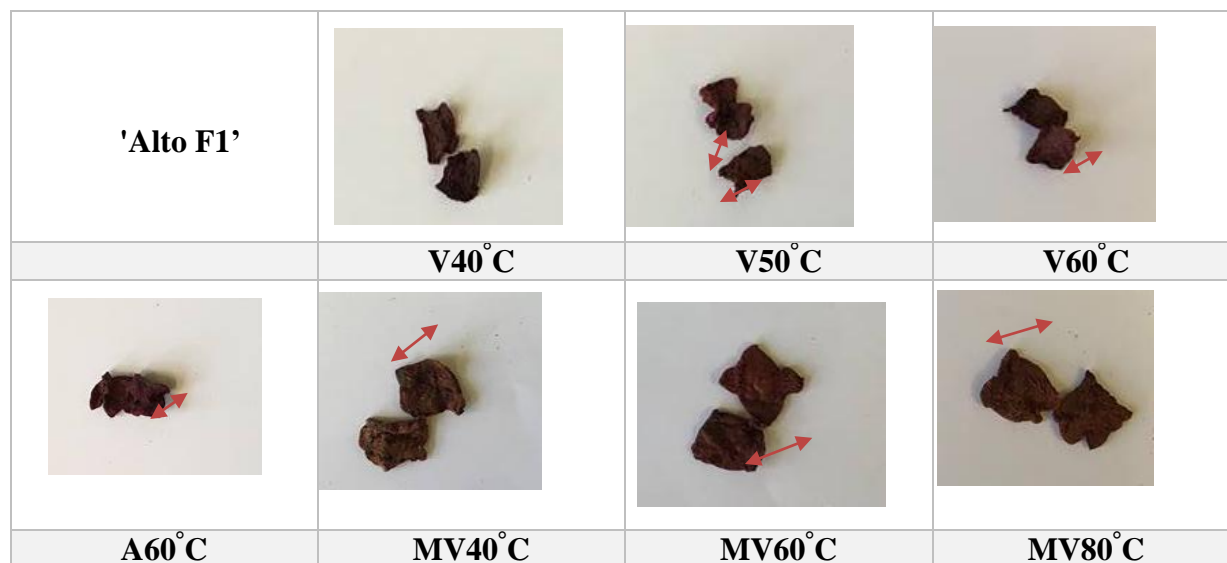


62. ábra: MV60°C módszerrel szárított minták száradási rátája






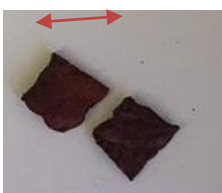



63. ábra: MV80°C módszerrel szárított minták száradási rátája








A 12-14. képeken láthatóak a különböző szárítási módokkal dehidratált céklaminták. Mindkét szárítási mód alkalmával 2 mm vastag 1x1 cm-es négyzet alakú cékladarabok szolgálták nyersanyagként. Megállapítható, hogy vákuum nyomáson szárított minták zsugorodtak, ezzel szemben viszont a mikrohullámú vákuumszárított termékek puffadtak. Vagyis az atmoszférikusan dehidratált mintákhoz képest vákuumszárított minták térfogata kisebb minden fajta és alkalmazott hőmérséklet esetében, míg az összes mikrohullámú vákuumszárított minta térfogata nagyobb.



12. kép: Különböző módokon szárított 'Alto F1' minták

'Cylindra'			
	V40°C	V50°C	V60°C
			
A60°C	MV40°C	MV60°C	MV80°C

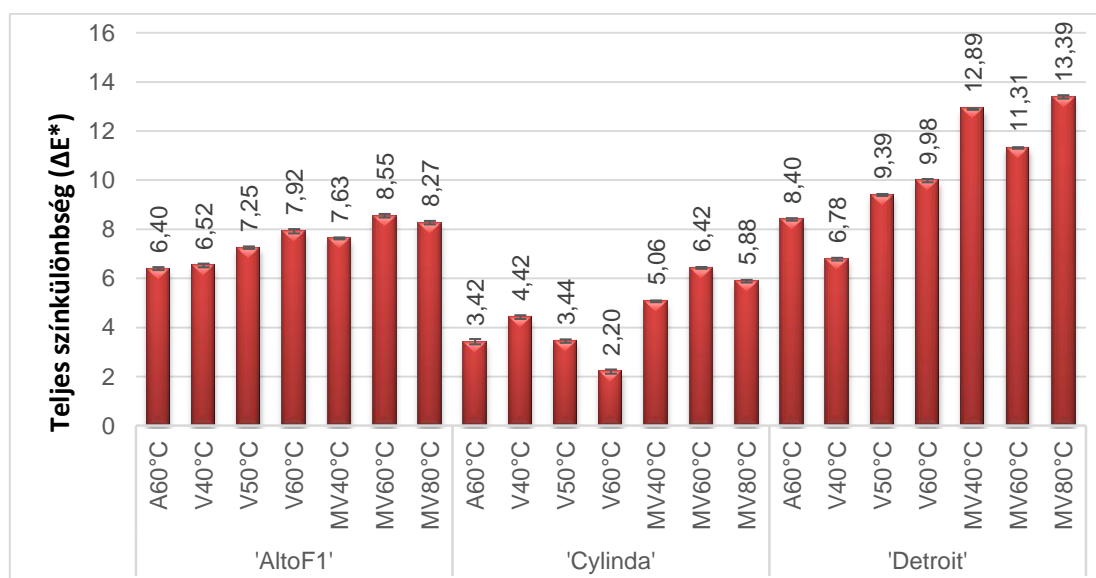
13. kép: Különböző módokon szárított 'Cylindra' minták

'Detroit'			
	V40°C	V50°C	V60°C
			
A60°C	MV40°C	MV60°C	MV80°C

14. kép: Különböző módokon szárított 'Detroit' minták

4.3.2. Színkoordináták

A 64. ábrán a különböző módokon szárított céklaminták teljes színekülönbség értékei, míg az M3. 9. táblázatban a céklaszáritmányok színkoordináta értékei láthatóak.



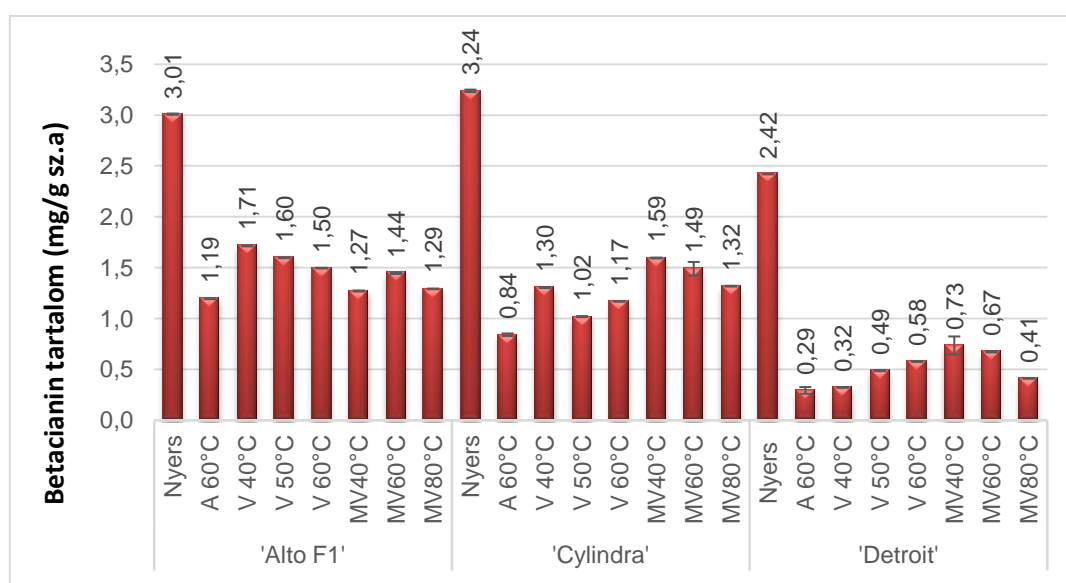
64. ábra: Céklaszáritmányok teljes színekülönbség értékei

Hagyományos szárításnál a magas hőmérséklet barnulási folyamatokat eredményez (SAGUY et al., 1978; XIAO et al, 2010), melyet L^* értékének csökkenése mutatna. A barnulási folyamatok azonban vákuumnyomáson visszaszorulnak, mivel a hagyományosnál alacsonyabb hőmérséklet mellett, légritka térben az enzimikus reakciók lelassulnak (ARTNASEAW et al., 2010). Ezzel magyarázható, hogy a minták nem sötétedtek jelentősen egyik szárítási mód alkalmazása esetében sem.

A 'Cylinda' mintáknál figyelhetők meg a legkisebb ΔE^* értékek, míg az 'Alto F1' és 'Detroit' fajtánál minden szárítási mód hatására nagy színekülönbség alakult ki. MUSIELAK és KIERCA (2004) által végzett kísérletekben a mikrohullámú vákuumszáritott céklaminták színinger különbség értékei 8 és 22 között változtak. Összevetve az általam kapott eredményekkel, megállapítható, hogy jóval alacsonyabb értéket kaptam, mely feltehetően a szárított minták kis méretéből adódóan a rövidebb szárítási időnek köszönhető.

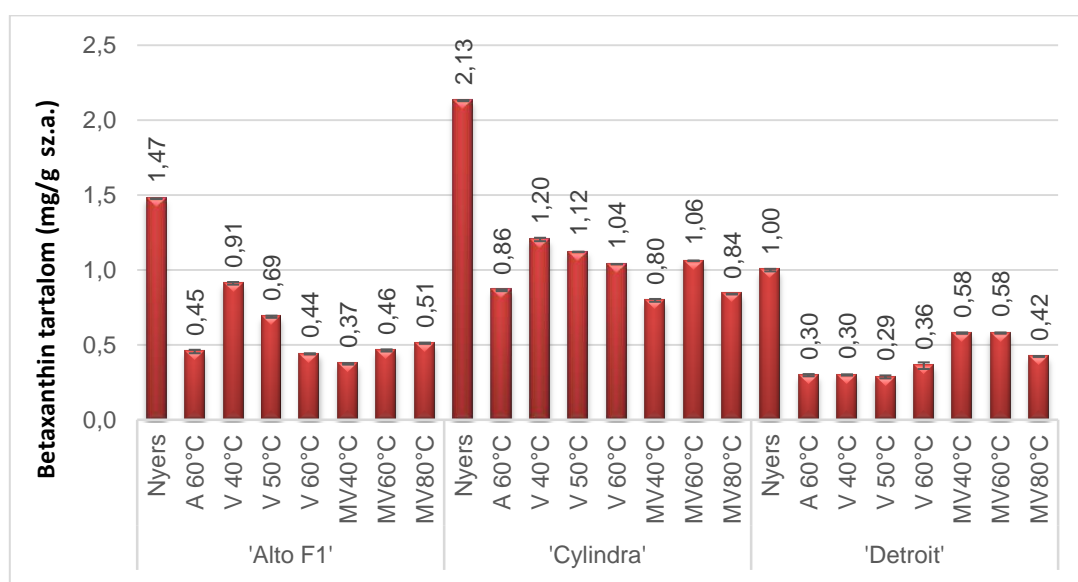
4.3.3 Betacianin- és betaxantin tartalom

A 65. ábrán látható a céklaszártmányok betacianin tartalmának változása a szárítás hatására. A legmagasabb kezdeti betacianin tartalommal (3,24 mg/g sz.a) a 'Cylindra' fajta rendelkezett, mely a szárítás hatására átlagosan 61,39%-kal csökkent, míg az 'Alto F1' esetében 52,50%, a 'Detroit' fajtánál 79,36%-kal alacsonyabb betacianin tartalmat detektáltam átlagosan a szárított mintákban. Látható, hogy minden esetben az atmoszférikus szárítás bizonyult a legkedvezőtlenebbnek a betacianin tartalomra. Az 'Alto F1' esetében a vákuumszártítás, azon belül is a V40°C-on végzett szárítás volt a legkíméletesebb a betacianin tartalomra, melynél 1,71 mg/g sz.a betacianin tartalmat határoztam meg, ami 43,10%-os csökkenést jelent a kezdeti értékekhez képest. A 'Cylindra' és a 'Detroit' minták esetében a mikrohullámú vákuumszártítás hatására csökkent kisebb mértékben a betacianin tartalom, mely a 'Cylindra' mintáknál az MV60°C módszerrel történő szárítás hatására 50,73% csökkenést jelentett. NISTOR és munkatársai (2017) által vizsgált céklaszártmányok betacianin tartalma $0,348 \pm 0,005$ mg/g és $0,655 \pm 0,0029$ mg/g közötti értékeket vett fel. Az általam vizsgált szártmányok közül a 'Detroit' minták rendelkeztek közel azonos betacianin tartalommal. A szártmányok betacianin tartalmát statisztikailag vizsgálva megállapítható (M3. 10. táblázat), hogy a 'Detroit' fajtánál szignifikáns különbség mutatkozott mind az 'Alto F1' ($p=4,099E^{-05}$), mind a 'Cylindra' ($p=2,049E^{-05}$) fajtához képest.



65. ábra: Céklaszártmányok betacianin tartalma

A betaxantin tartalom elemzése során látható (66. ábra), hogy szárítást követően legmagasabb értékeket a 'Cylindra' mintánál kaptam, melynél átlagosan 53,60%-kal csökkent a betaxantin tartalom. Bár szárítás hatására a 'Detroit' minták betaxantin tartalma csökkent a legkisebb mértékben, mely átlagosan 40,32% csökkenést jelent, míg az 'Alto F1' esetében ez a csökkenés 62,86% volt (67. ábra). NISTOR és munkatársai (2017) által vizsgált céklaszártmányok betaxantin tartalma $0,224 \pm 0,0022$ mg/g és $0,795 \pm 0,0019$ mg/g közötti értékeket vett fel. Az általam vizsgált szártmányok közül szintén a 'Detroit' minták rendelkeztek közel azonos betaxantin tartalommal. A szártmányok betaciain tartalmát statisztika elemzése alapján elmondható (M3. 10. táblázat), hogy az 'Alto F1' és 'Cylindra' fajták között lépett fel szignifikáns különbség ($p=6,714E^{-05}$) szárítás határása.

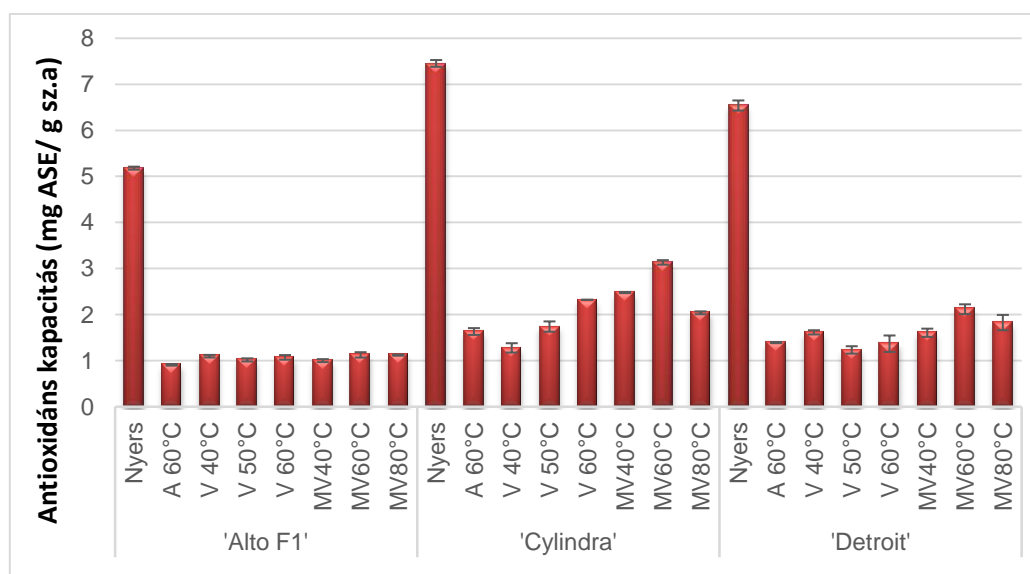


66. ábra: A céklaszártmányok betaxantin tartalma

4.3.4. Antioxidáns kapacitás

A 67. ábrán látható a céklaszártmányok antioxidáns kapacitásának változása a különböző szárítási módok hatására. Az 'Alto F1' és a 'Cylindra' esetében majdnem 80%-kal csökkent az antioxidáns kapacitás, míg a 'Detroit' fajtánál csak 78,04%-os csökkenés alakult ki átlagosan az egyes szárítási módokat követően. FERENCZI és munkatársai (2017) szintén az antioxidáns kapacitás jelentős mértékű csökkenéséről számolnak be mikrohullámú vákuumszártított alma minták esetében (9,26 mmol Trolox/100 g sz.a-ról 4,54 mmol Trolox/100 g sz.a-ra). A 'Cylindra' minták rendelkeztek szárítás után a legmagasabb antioxidáns kapacitással, ezen belül pedig a MV60°C szárítási módot követően detektáltam a legmagasabb antioxidáns kapacitást

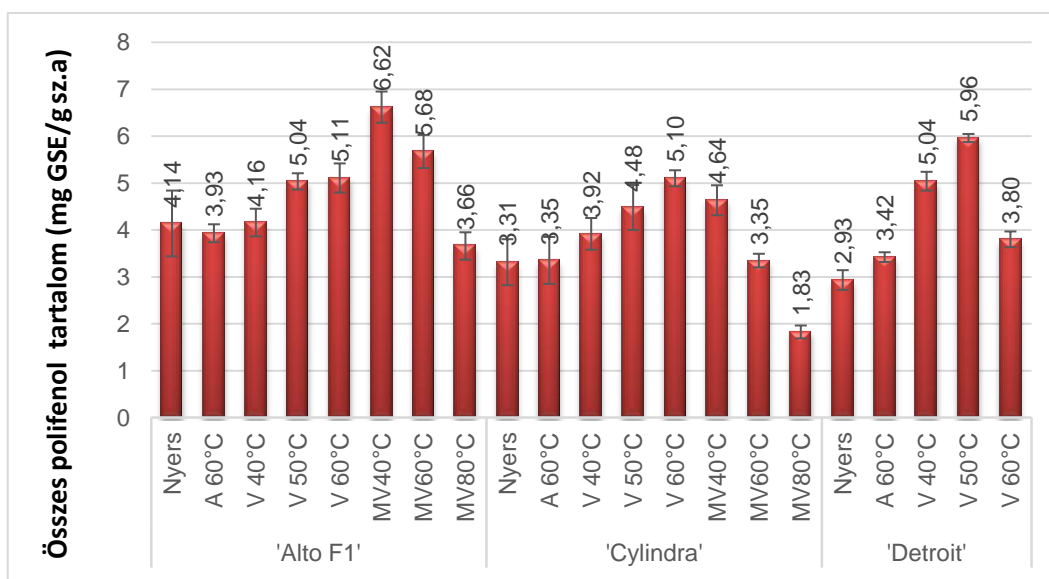
(3,13 mg ASE/g sz.a). A 'Cylindra' céklaszáritmányok szignifikánsan magasabb antioxidáns tartalommal rendelkeztek, mint az 'Alto F1' és 'Detroit' száritmányok (M3. 10. táblázat).



67. ábra: A céklaszáritmányok antioxidáns kapacitása

4.3.5 Összes polifenol tartalom

Száritás hatására néhány esetben az 'Alto F1', illetve a 'Detroit' mintákban növekedett az összes polifenol tartalom (68. ábra), mely azzal magyarázható, hogy a betacianin degradáció hatására egyéb polifenolok képződnek (NISTOR et al., 2017). Más tanulmány szerint a növekedés oka a sejtek mechanikai megsemmisülésével felszabaduló vegyületek megjelenése (STINCO et al., 2012). Ugyanezt a jelenséget figyelték meg az édesburgonya (JING et al., 2010) és a borsmenta (URIBE et al., 2016) esetében is. FERENCZI és munkatársai (2017) mikrohullámú vákuumszáritás hatására az alma mintákban az összes polifenol tartalom 636,5 mg GSE/100 g sz.a értékről 647,6 mg GSE/100 g sz.a-ra történő növekedéséről számoltak be. Az általam végzett kísérletekben 'Alto F1' céklafaja összes polifenol tartalma száritást követően szignifikáns különbséget mutatott mind a 'Cylindrához' ($p=0,0485$), mind a 'Detroit'hoz' ($p=0,0015$) képest (M3. 10. táblázat).



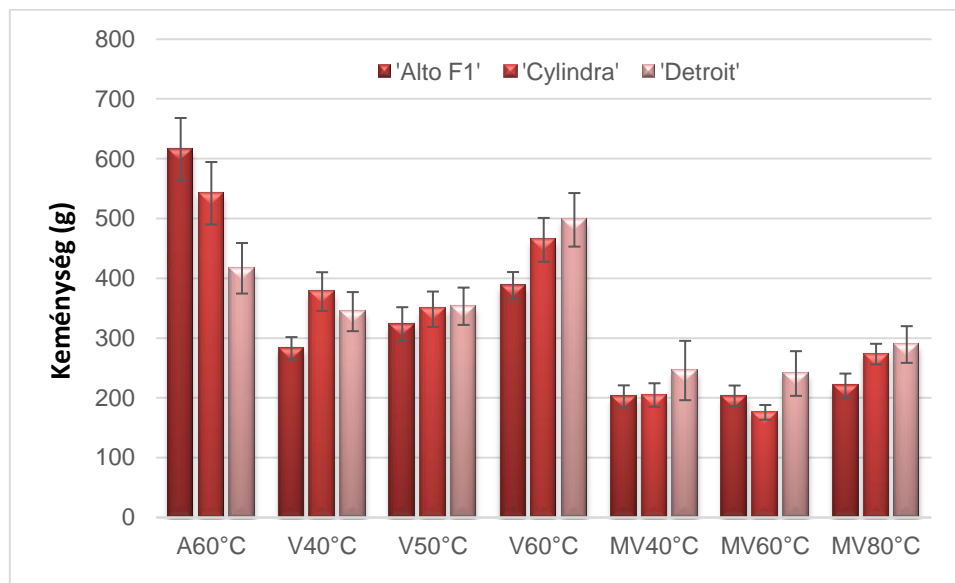
68. ábra: A céklaszáritmányok összes polifenol tartalma

A céklaszáritmányokat beltartalmi jellemzőik alapján elemezve a legtöbb esetben a 'Cylindra' fajta bizonyult legalkalmasabbnak a szárítási műveletekre, ezen belül is az MV60°C szárítási módszer biztosította az esetek túlnyomó részében a legelőnyösebb beltartalmi értékeket. Továbbá megállapítható, hogy a mikrohullámú vákuumszáritott minták az esetek többségében nagyobb mértékben őrizték meg a vizsgált, táplálkozásbiológiailag értékes komponenseket. A NISTOR és munkatársai (2017) által végzett kutatás eredménye szintén azt bizonyítja, hogy mikrohullámú szárítással kiegészített konvencionális szárítás magasabb betacianin-, betaxantin-, összes polifenol tartalmat és antioxidáns kapacitást eredményezett, mint a hagyományos konvencionális szárítás.

4.2.6. Állománymérés

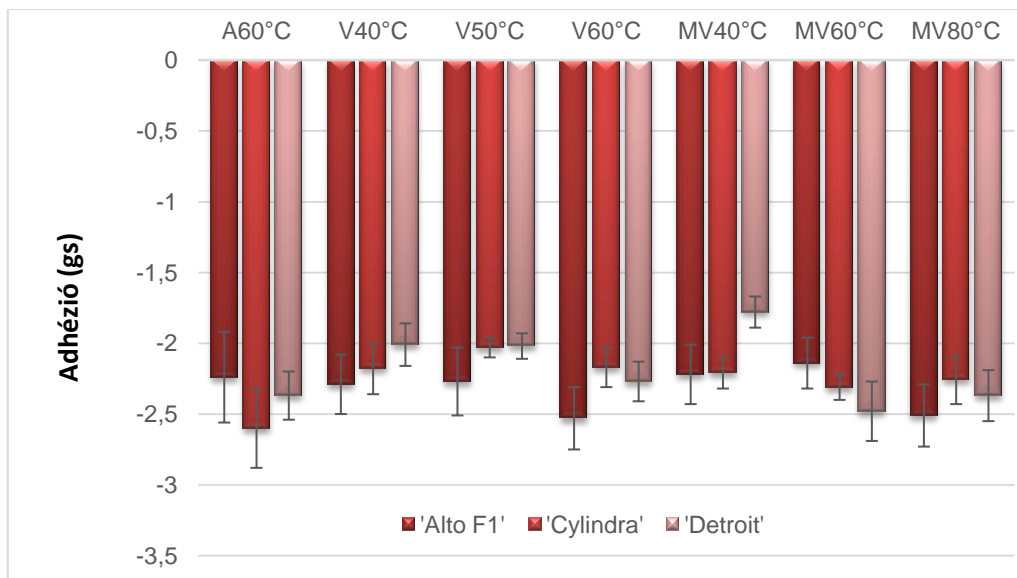
Az állománymérés során összehasonlításra kerültek a vizsgált céklafajták szárítványainak állománya a különböző szárítási módok szerint. A mért adatokból objektíven értékelhetőek a minták érzékszervi tulajdonságai.

Az állományprofil (M4. 5-7. ábra) első terhelési ciklusának maximális értéke, vagyis a profil csúcsának a magassága a minta keménységét mutatja. Az A60°C módszerrel szárított minták bizonyultak az 'Alto F1' és a 'Cylindra' esetében a legkeményebbnek, míg mindhárom céklafajtánál a mikrohullámú vákuumszáritott minták alacsonyabb értékekkel rendelkeztek (69. ábra).



69. ábra: A céklaszárítmányok keménységi értékei

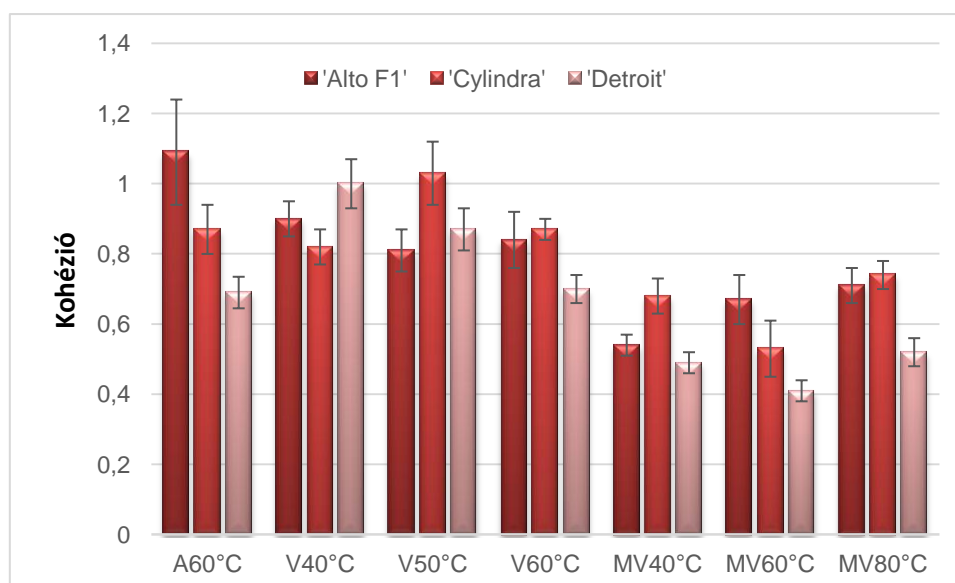
Az adhézió az a munka, amely a mérőfej eltávolításához szükséges a mintából. Megadja a mérőfej és a mért minta közötti kölcsönhatás erősségét, vagyis segítségével modellezhető a minták szájhoz, fogakhoz és szájpadláshoz tapadása. Nagy adhéziós értékkel rendelkező minta „tapadósabb” lesz. Az egyes szárítási módokkal dehidratált minták adhéziós értéke között jelentős különbség nem alakult ki (70. ábra).



70. ábra: A céklaszárítmányok adhéziós értéke

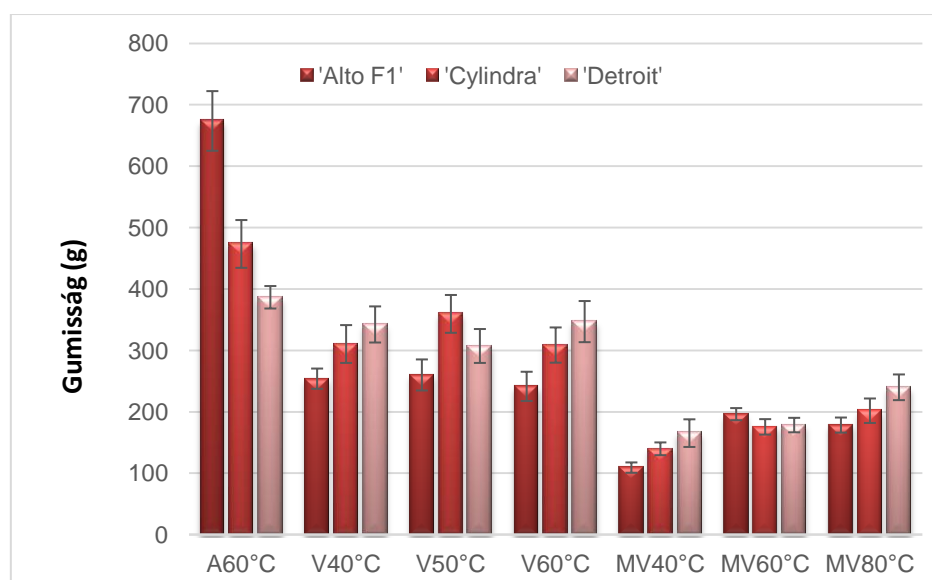
A kohézió mutatja meg az állományprofilon látható két csúcs görbe alatti területeinek arányát, ami az alaktartósság mértékét fejezi ki. Ha a két csúcs megegyezik, a kohézió értéke egy. Az

adatokat elemezve megállapítható, hogy a mikrohullámú vákuumszáritott minták alaktartóssága kisebb, mint a vákuumszáritott mintáké (71. ábra).



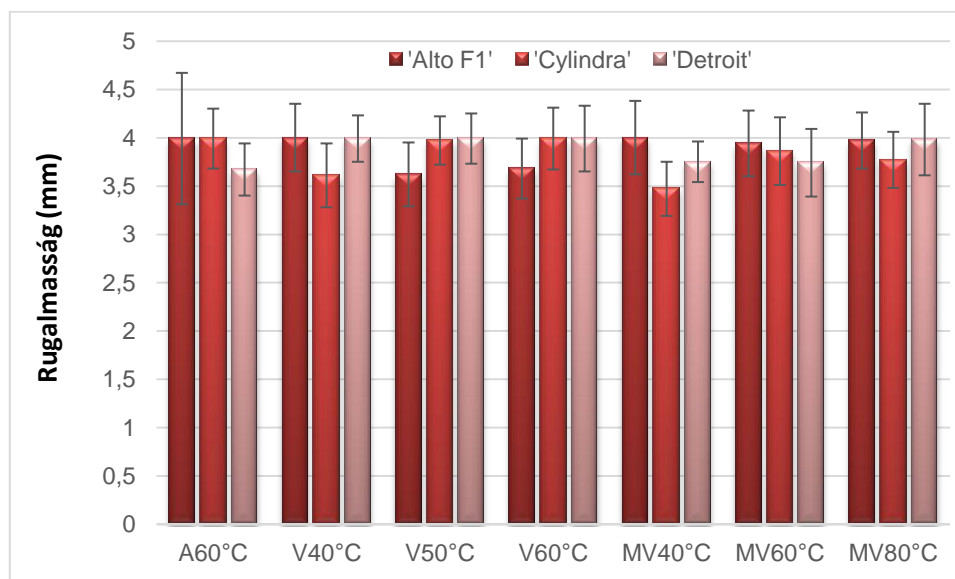
71. ábra: A céklaszárítványok kohézió értéke

A keménység és a kohézió szorzata a gumisság, mely tulajdonság esetében elmondható, hogy mikrohullámú vákuumszáritott minták rendelkeznek kisebb értékkel (72. ábra).



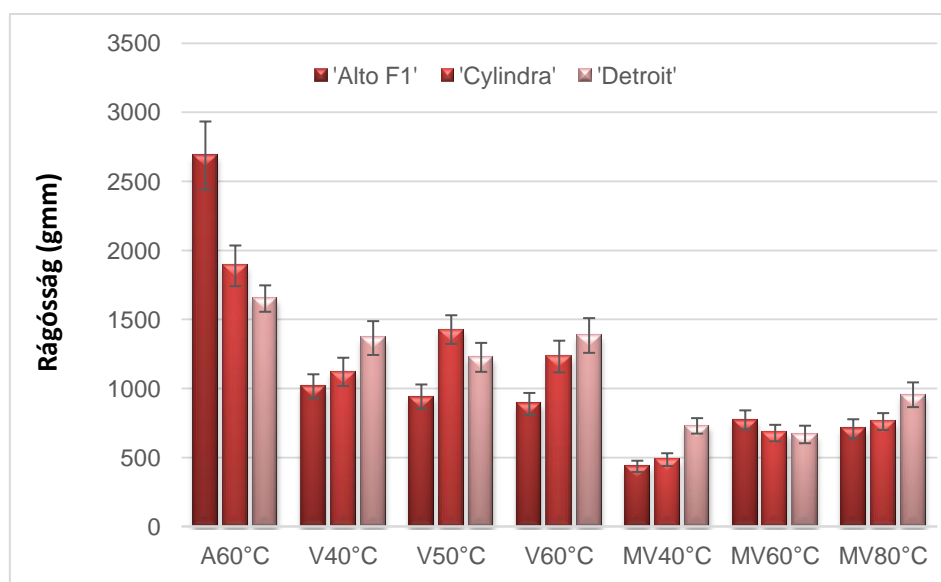
72. ábra: A céklaszárítványok gumisság értéke

A rugalmasság értéke információt nyújt arról, hogy a termék a rágás különböző periódusaiban milyen mértékben nyeri vissza eredeti alakját. Jelentős különbség nem alakult ki az egyes száritási módok között (73. ábra).



73. ábra: A céklaszáritmányok rugalmasság értéke

Rágósság alatt azt a munkát értjük, ami a termék felaprításához szükséges, mely paraméter esetében szintén a mikrohullámú vákuumszáritott minták rendelkeztek kedvezőbb értékekkel (74. ábra).



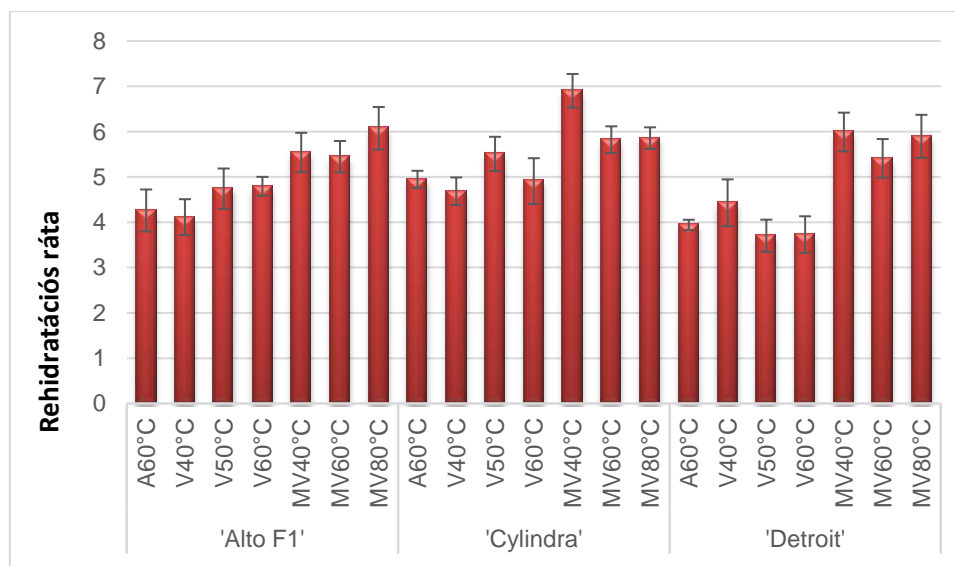
74. ábra: A céklaszáritmányok rágósság értéke

SUTAR et al. (2008) mikrohullámú vákuumszáritással és ozmotikus eljárással száritott sárgarépa szeletek felületi ellenállását vizsgálták TA-XT2i típusú asztali élelmiszer penetrométerrel. Az eredményeik azt mutatták, hogy a mikrohullámú vákuumszáritott minták kisebb ellenállással rendelkeznek, mint az ozmotikus száritási eljárással száritottak.

Az állománymérés során kapott eredményeket kiértékelve egyértelműen megállapítható, hogy a mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeztek alacsonyabb rugalmasság-, rágósság- valamint keménység- és kohéziós értékkel, mely alacsonyabb gumisság értéket eredményezett.

4.2.7. Rehidratációs ráta

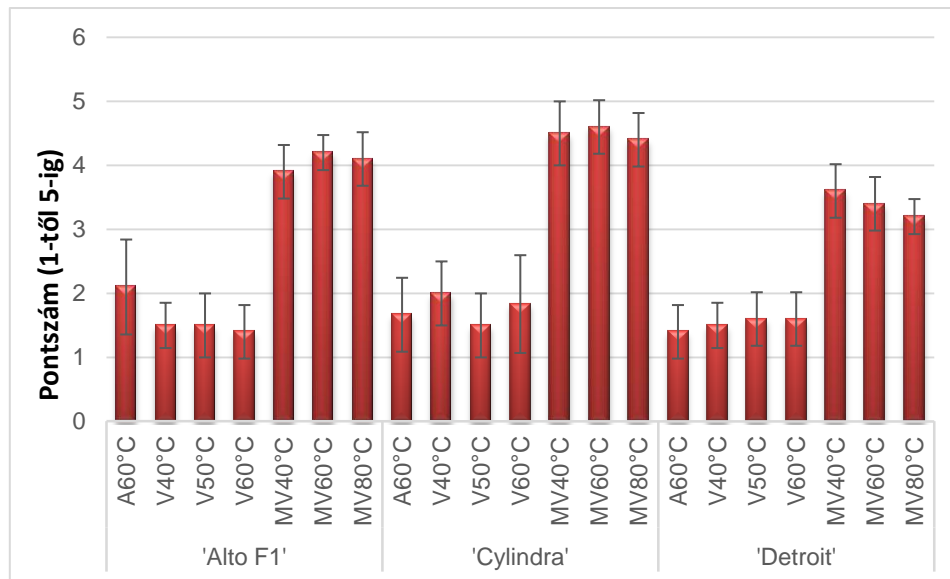
A 75. ábra alapján megállapítható, hogy 10 perc alatt több nedvességet vettek fel az mikrohullámú vákuumszárított minták, mint a kizárólag atmoszférikusán, illetve vákuumos utószárítással kiegészített légáramban szárított termékek. ZING-GANG és munkatársai (2016) ultrahangos vákuumszárítást alkalmazva túlnyomórészt jobb minőségű, megfelelő szerkezetű terméket kapott, mely jobb rehidratálhatósági tulajdonsággal rendelkezett.



75. ábra: A különböző módszerekkel szárított szárítványok rehidratációs rátája

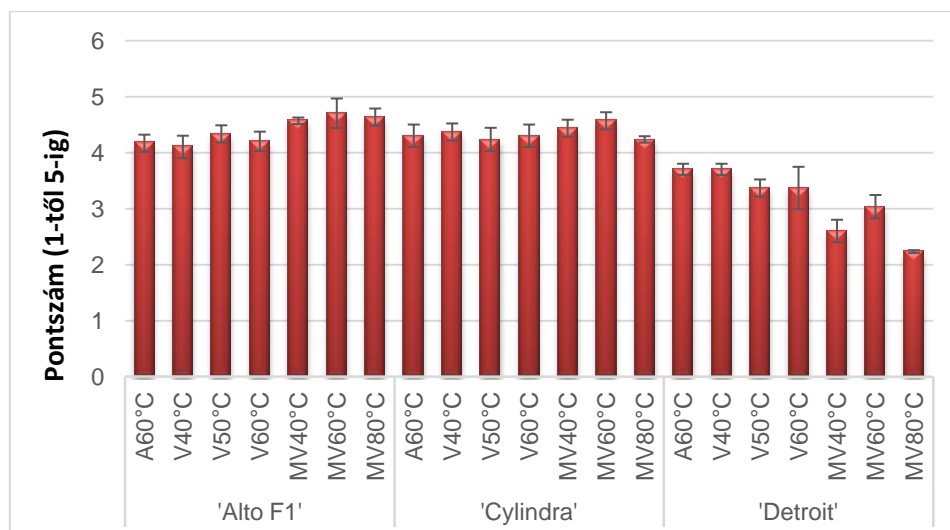
4.2.9. Érzékszervi bírálat és profilanalízis

A szárított céklaminták küllemének vizsgálata során a bírálók a mikrohullámú vákuumszárított mintákat részesítették előnyben (76. ábra) feltehetően puffadt szerkezete miatt. Az atmoszférikus és a vákuumszárított minták között jelentős eltérést nem észleltek a bírálók.



76. ábra: Szárított céklaminták érzékszervi bírálata a küllemük alapján

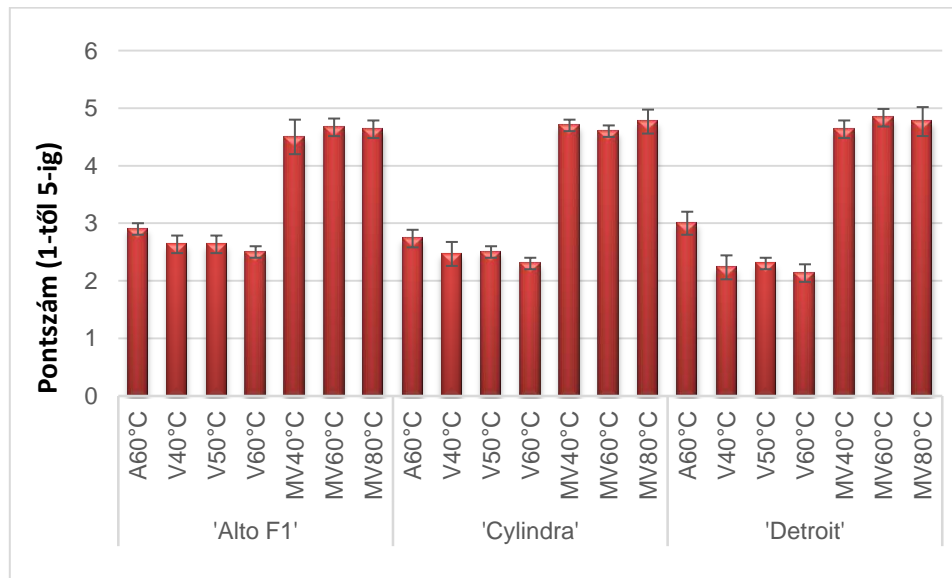
A szárítványok színe alapján végzett érzékszervi bírálat során a bírálók eredményeit összesítve a 77. ábra szerint megállapítható, hogy a Detroit minták színe nyerte el a legkevésbé az érzékszervi bírálatban résztvevők tetszését. Bár a színvizsgálat során a legnagyobb teljes színkülönbség értékkel a mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeztek, ez a bírálók véleményében nem tükröződik.



77. ábra: Szárított céklaminták érzékszervi bírálata a színük alapján

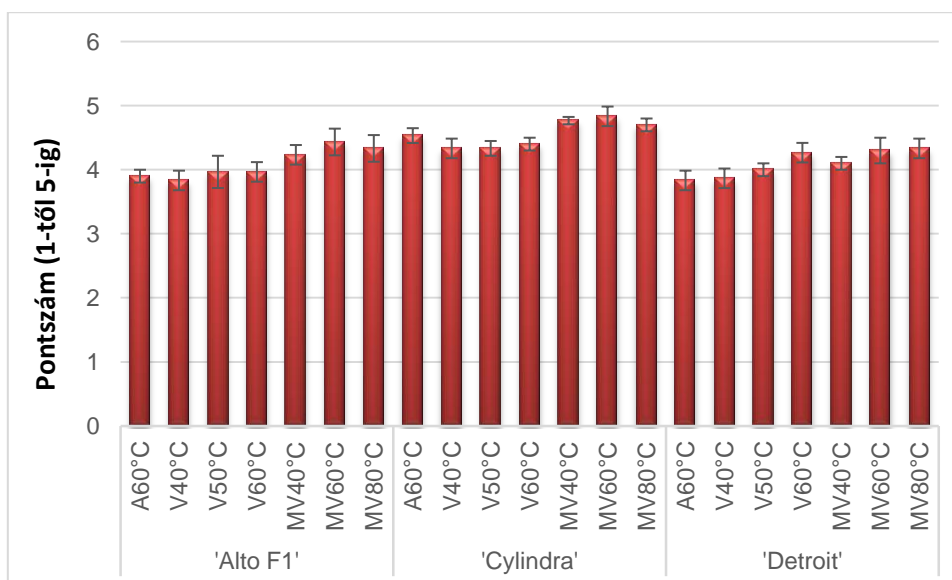
A céklaszáritványok állományát illetően a bírálók egyöntetűen a mikrohullámú vákuumszárított termékeket tartották kedvezőbbnek mindhárom céklafajta esetében (78. ábra), mely összecseng

az állománymérés eredményével, mivel a vizsgált paraméterek alapján szintén a mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeztek kedvezőbb értékkel.



78. ábra: Szárított céklaminták érzékszervi bírálata az állományuk alapján

Az ízteszt során a bírálók markáns különbséget nem állapítottak meg, azonban minden céklafajta esetében a mikrohullámú vákuumszárított termékek kaptak magasabb pontszámot (79. ábra).

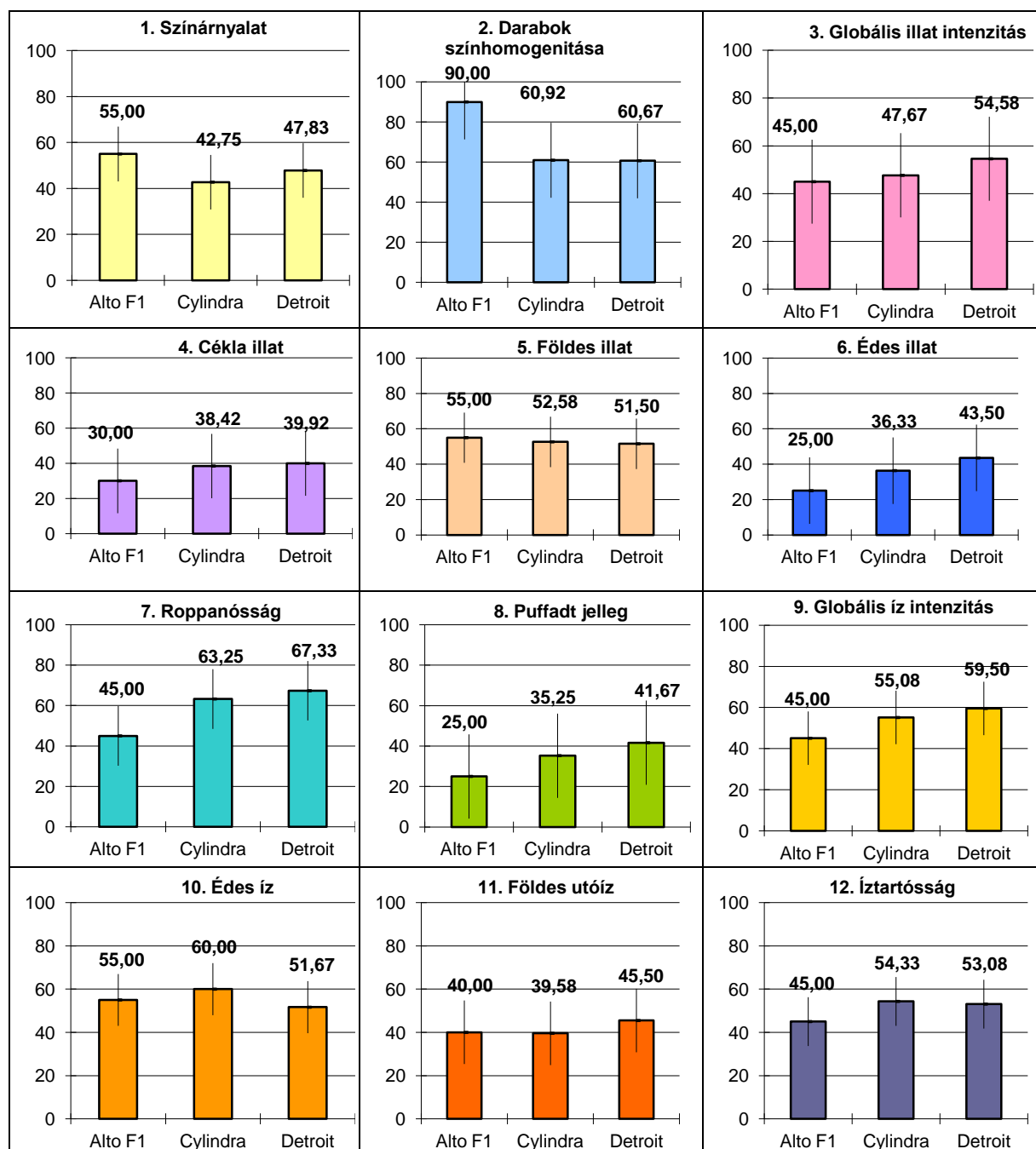


79. ábra: Szárított céklaminták érzékszervi bírálata az ízük alapján

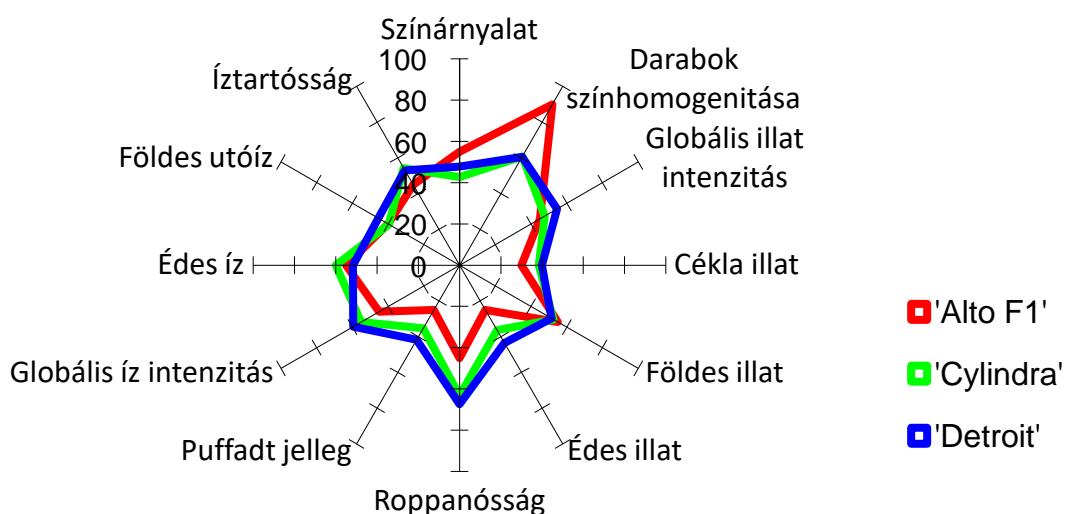
Mind az állományvizsgálat, mind az érzékszervi bírálat eredményei alapján megállapítást nyert, hogy a mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeznek kedvezőbb paraméterekkel, így a továbbiakban az egyes fenolsavak mennyiségi meghatározására vonatkozó vizsgálatot csak a mikrohullámú vákuumszárított mintákkal végeztem el.

A profilanalízis során a bírálók értékelték az MV60°C módszerrel szárított 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklaminták színárnyalatát, színhomogenitását, globális illat intenzitását, cékla illatát, földes illatát, édes illatát, roppanósságát és puffadt jellegét, globális íz intenzitását, édes ízét és íztartósságát. Továbbá megjegyzést írhattak az illatáról, ízéről és állagáról.

Az eredményeket a tulajdonságok szerint oszlopdiagramok (80. ábra) illetve profil diagram (81. ábra) szemlélteti, mely mutatja a panellista egyes leíró szavaira adott átlagos válaszokat, amelyek a megfelelő tengelyen vannak megjelölve, és a gráf középpontja az értékelésben használt skála nullpontját jelenti, míg az intenzitás a középponttól a periféria felé haladva növekszik. Látható, hogy a 'Cylindra' és 'Detroit' érzékszervi profilja hasonló. Igazán kiugró adat a színhomogenitás esetében figyelhető meg, melynél egyértelműen az 'Alto F1' mintákat ítélték a legkedvezőbbnek.



80. ábra: A céklaszárítványok tulajdonságok szerinti oszlopdiagramjai



81. ábra: Mikrohullámú vákuumszárított céklaminták érzékszervi profilja

A 0,01-os konfidenciaszinten a statisztikai számítás eredményéből szignifikáns különbség figyelhető meg a színhomogenitás és a ropogósság esetében, 0,05-os konfidenciaszinten szignifikáns különbség alakult ki a színárnyalat, a színhomogenitás, édes illat, a ropogósság és a globális ízintenzitás között (12. táblázat).

12. táblázat: Profilanálízis statisztikai értékelése

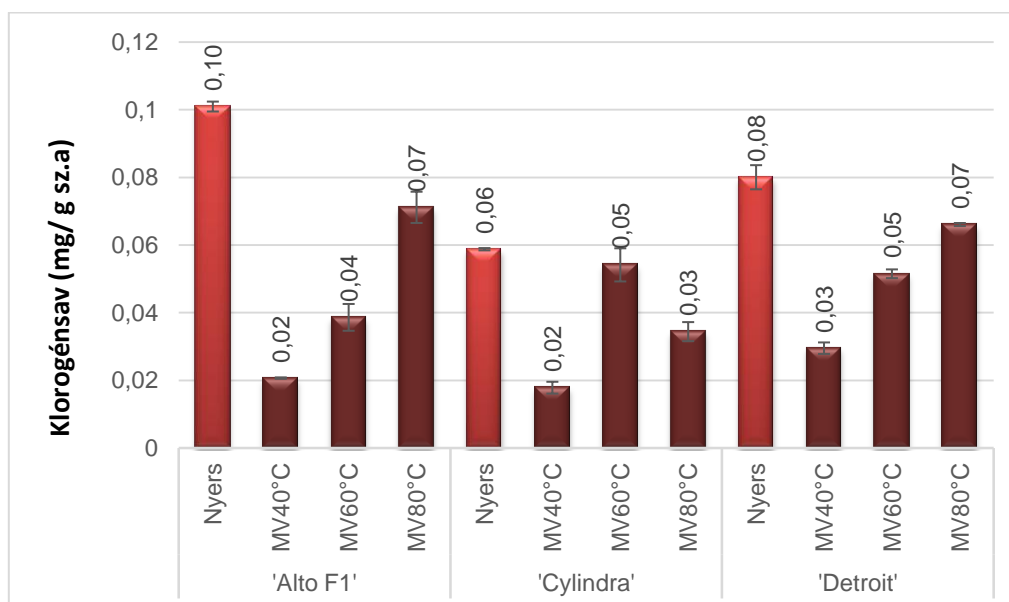
Tulajdonságok	Szignifikáns különbség	
	P ≤ 0.05	P ≤ 0.01
Színárnyalat	✓	x
Darabok színhomogenitás	✓	✓
Globális íz intenzitás	x	x
Cékla illat	x	x
Földes illat	x	x
Édes illat	✓	x
Ropogósság	✓	✓
Puffadt jelleg	x	x
Globális ízintenzitás	✓	x
Édes íz	x	x
Földes íz	x	x
Íztartósság	x	x

A vizsgált tulajdonságok során az esetek túlnyomó részében a három céklafajta között nem alakult ki szignifikáns különbség, azonban az édes íz illetve az íztartósság vizsgálatánál a 'Cylindra' minták bizonyultak a legkedvezőbbnek.

4.2.9 Fenolos savak

A cékla nagy mennyiségben tartalmaz fenolos komponenseket és flavonoidokat (CHHIKARA et al., 2019). KATHIRAVAN és munkatársai (2014) által készített publikáció a cékla 50-60 $\mu\text{mol/g}$ sz.a fenolos sav tartalmáról számol be.

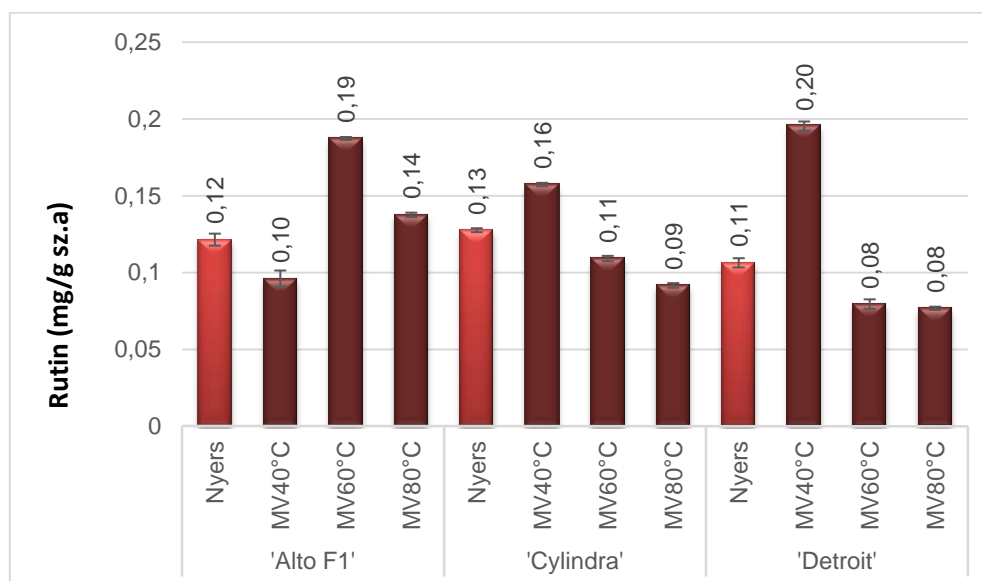
Megfigyelhető, hogy a nyers minták klorogénsav mennyisége magasabb értékeket vett fel minden esetben, mint a szárított mintáké (82. ábra). A legalacsonyabb klorogénsav tartalmat a MV40°C módszerrel szárított mintáknál detektáltam, vagyis az 'Alto F1' esetében több, mint negyedére, a 'Cylindra' esetében több, mint harmadára csökkent a mennyisége. Az 'Alto F1' céklaszárítmány kromatogramja az M4. 8. ábrán látható. GEORGIEV és munkatársai (2010) által vizsgált 'Detroit' Dark Red céklafajtában 0,018 mg/g klorogénsavat tartalmaztak, míg az általam vizsgált nyers mintákban ez az érték alacsonyabbnak bizonyult ('Alto F1': 0,016 mg/g; 'Cylindra': 0,010 mg/g; 'Detroit': 0,014 mg/g). A céklaminták klorogénsav mennyiségének statisztikai kiértékelése az M3. 11.a táblázatban található.



82. ábra: Nyers és mikrohullámú vákuumszárított minták klorogénsav tartalma

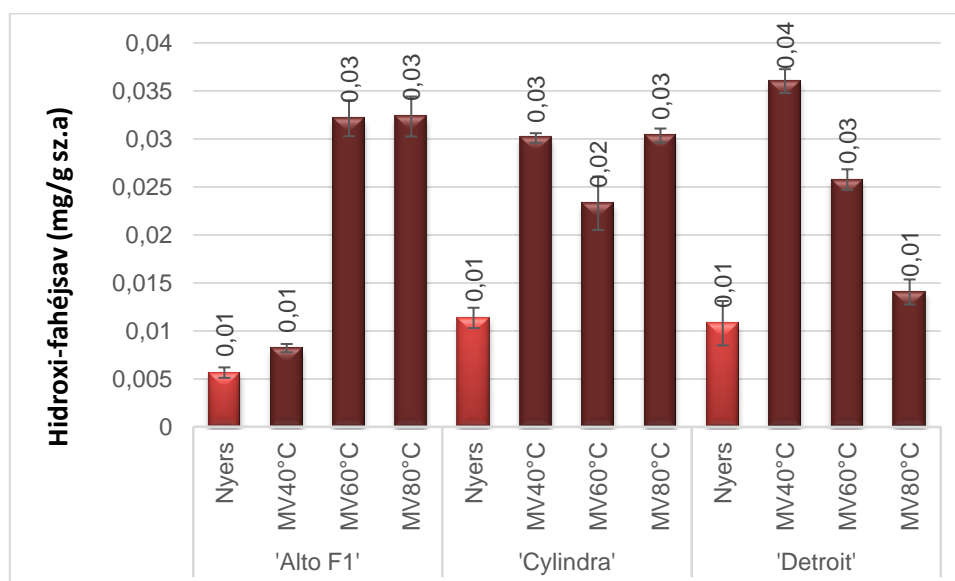
A rutin tartalom elemzése alapján (83. ábra) elmondható, hogy a szárítás hatására jelentősen nem csökkent a mennyisége, a 'Cylindra' és a 'Detroit' esetében az MV40°C szárítási módszer

bizonyult a legkíméletesebbnek, míg az 'Alto F1' mintáknál az MV60°C módszer. A rutin tartalom statisztikai értékelését az M3. 11.b táblázat tartalmazza.



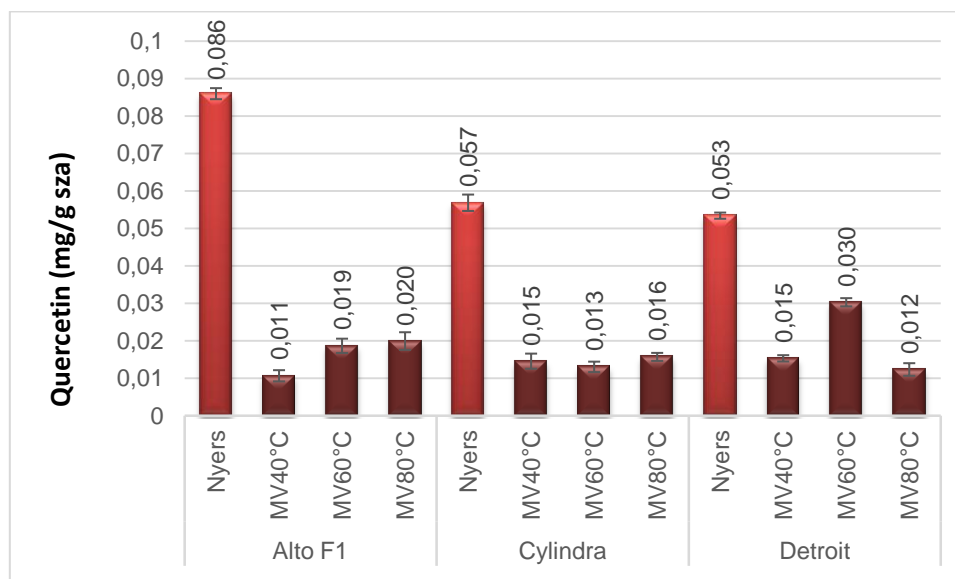
83. ábra: Nyers és mikrohullámú vákuumszárított minták rutin tartalma

A hidroxifahéjsav mennyisége minden esetben nagyobb értéket vett fel a szárított minták esetében, mint a nyers céklákban (84. ábra). Az 'Alto F1' fajtánál figyelhető meg a legnagyobb különbség, ahol több, mint ötszörös hidroxifahéjsav mennyiséget detektáltam a 60°C-on, illetve a 80°C-on előszárított mintákban, mint a nyers 'Detroitban'. A hidroxifahéjsav tartalom statisztikai értékelését az M3. 11.c táblázat tartalmazza.



84. ábra: Nyers és mikrohullámú vákuumszárított minták hidroxifahéjsav tartalma

A quercetin tartalom vizsgálata során megállítható, hogy a nyers céklaminták jelentősen nagyobb quercetin tartalommal rendelkeztek, mint a szárított minták, vagyis szárítás hatására a quercetin tartalom jelentős csökkenése figyelhető meg (85. ábra). A quercetin tartalom statisztikai értékelését az M3. 11.e táblázat tartalmazza.



85. ábra: Nyers és mikrohullámú vákuumszártott minták quercetin tartalma

A klorogénsav és quercetin mennyisége a nyers mintákban magasabbnak bizonyult. Ezzel szemben a rutin tartalom néhány esetben a szárított mintákban vett fel nagyobb értékeket, míg a hidroxi-fahéjsav minden esetben a szárított mintákban fordult elő nagyobb mennyiségben.

4.2.10. Energiaszükséglet

Annak érdekében, hogy a vizsgált szárítási módok energiaszükségletét össze tudjam hasonlítani, meghatároztam a fajlagos energiafogyasztásukat, mely értékek a 13. táblázatban szerepelnek. A táblázat adatait elemezve látható, hogy a mikrohullámú vákuumszártás energiaszükséglete a konvektív szárításhoz képest nagyobb, mintegy 3,9-szerese.

13. táblázat: Egyes szárítási módok fajlagos energiafelhasználása

Szárítási módok	Szárítás időtartama (min)	Fajlagos energiafogyasztás szárítás során (J/g)	Fajlagos energiafogyasztás percenként (J/g)
A60°C	90	8100	90
V40°C	105	13500	129
V50°C	90	10800	120
V60°C	90	10800	120
MV40°C	103	16950	150
MV60°C	73	13350	183
MV80°C	58	12000	206

A mikrohullámú vákuumszárítás fajlagos energiaszüksége nagyobb, mint a konvektív- és a vákuumszárításé.

4.4. Új, tudományos eredmények

1. Az általam elsőként alkalmazott céklagyökér harmadolását követően az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták esetében a répatest egyes részeit vizsgálva megállapítható, hogy a héj rész rendelkezik a legalacsonyabb betaxantin tartalommal (0,73-1,90 mg/g sz.a), a betacianin tartalom ezzel ellentétben a héj részben dúsult fel a legnagyobb mennyiségben (2,69-3,53 mg/g sz.a). A héj rész rendelkezik a legnagyobb antioxidáns kapacitással (redukáló tulajdonsággal rendelkező vegyületekkel) (6197,73-11191,60 µg ASE/g sz.a). Az egész répatestre nézve a két egymást követő évjárat vizsgálati eredményei alapján az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták esetében a répatest összetételét vizsgálva a betacianin-betaxantin arány mindkét évjáratban 61-74% betacianin : 26-39% betaxantin volt.
2. Az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták esetében a műtrágyás kezelés növelte a minták betacianin-, betaxantin tartalmát és antioxidáns kapacitását, azonban a műtrágyás kezelés hatására a héj rész nitrit tartalma (átlagosan 11,35%-kal) feldúsult.
3. Az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták esetében a vákuumszárításhoz és a mikrohullámú vákuumszárításhoz a 30 m/m %-os nedvességtartalom eléréshez szükséges előszárítási módszerek közül (40°C, 60°C és 80 °C-on) a 60°C-on végzett előszárítás bizonyult a legalkalmasabbnak a betacianin-, betaxantin tartalom és az antioxidáns kapacitás eredmények alapján.
4. Az 'Alto F1', 'Cylindra' és 'Detroit' céklafajták esetében az atmoszférikus szárításhoz képest a vákuumszárítás és mikrohullámú vákuumszárítás alacsonyabb betacianin- és betaxantin tartalom degradációt eredményezett. A mikrohullámú vákuumszárított minták speciális, az érzékszervi bírálatban részvevők számára kedvelt termékjellemzőkkel rendelkeznek, mely az állománymérési eredményekkel is igazolható, mivel alacsonyabb keménység-, kohéziós-, gumisság- és rágósság értékkel rendelkeztek, mint az atmoszférikusan dehidratált, illetve vákuumszárított termékek.

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

Az általam termesztett céklafajták morfológiai vizsgálata során arra a következtetésre jutottam, hogy répatest hosszát és tömegét illetően a 2014-es minták értékei bizonyultak kedvezőbbnek, míg a szárlevél hossz esetében ezzel ellentétes tendencia alakult ki. A kezelés hatásait vizsgálva az esetek többségében a kezelt minták vettek fel nagyobb értékeket, viszont a répatestek tömegét elemezve látható, hogy jelentős különbség alakult a kezelt és kezeletlen minták értékei között a 'Cylindra' és a 'Detroit' esetében, míg az 'Alto F1' esetében elhanyagolható az eltérés.

A vízőldható szárazanyagtartalom vizsgálata során többnyire a héj- illetve a felső rész vette fel a legmagasabb értékeket, míg az összes szárazanyagtartalomnál minden esetben a héj rész rendelkezett a legnagyobb eredményekkel. Mindkét szárazanyag tartalomnál az évjáratok között szignifikáns különbség lépett fel, azonban a kezelés hatására ilyen mértékű eltérés egyik évjárat esetén sem alakult ki.

A céklaminták színkoordináta értékeit illetően jelentős különbség nem alakult ki sem a céklafajták között, sem pedig a céklatest egyes részeiben, valamint a kezelés hatására sem mutatkozott számottevő eltérés egyik évjárat esetében sem, viszont az évjáratok között szignifikáns különbség fedezhető fel mindhárom színkoordináta értéknél.

A betacianin-, betaxantin-, összes polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás értékek elemzése során megállapítást nyert, hogy az évjáratok között minden paraméternél szignifikáns különbség alakult ki. A betacianin tartalom minden esetben a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, ezzel ellentétben a betaxantin tartalom a legtöbb esetben a héj részben található meg a legkisebb koncentrációban. Az antioxidáns kapacitás és az összes polifenol tartalom kiértékelése során egyaránt kialakult az a tendencia, hogy a legnagyobb értékek a felső- illetve a héj részben kerültek detektálásra.

A kezeletlen minták minden céklafajta esetében átlagosan alacsonyabb nitrit- és nitrát tartalommal rendelkeztek mindkét évjáratban, azonban a kezelés hatására többnyire nem alakult ki szignifikáns különbség. A nitrit tartalom a kezelt egyedek esetében a felső illetve a héj részben halmozódott fel, ezzel szemben a kezeletlen minták héj részében jóval alacsonyabb koncentrációban fordult elő.

Minden esetben a héj részben halmozódott fel a vizsgált részek között a legnagyobb mennyiségű C-vitamin. Az évjáratok között csekély eltérés mutatkozott, illetve a kezelés hatására sem változott jelentős mértékben a C-vitamin tartalom.

Az ásványianyag-tartalom elemzése során megállapítást nyert, hogy a kalcium, mangán és magnézium főképp a felső- és a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, míg a legnagyobb vas tartalom a héj részben fordult elő mindkét évjárat esetében. Jellemzően a 2014-es minták magasabb ásványianyag-tartalommal rendelkeztek, kivéve a nátrium és vas tartalmat, melyeknél ennek ellenkezője alakult ki.

Az értékes komponensek egy része a héj részben dúsult fel legnagyobb mennyiségben, így különösen a gyógyászati célra szánt termékek esetében fontos ezt a jellemzőt figyelembe venni és tovább elemezni.

Az előszárított minták színjellemzőit tekintve a 'Cylindra' fajta őrizte meg leginkább a céklára jellemző színvilágot az előszárítást követően. A 60°C-on végzett előszárítás bizonyult a legalkalmasabbnak a betacianin-, betaxantin tartalom, valamint az antioxidáns kapacitás értékek minél nagyobb mértékű megőrzésének tekintetében mindhárom céklafajta esetében. Az összes polifenol tartalom vizsgálata során az 'Alto F1' esetében számottevő különbség nem alakult ki a különböző hőmérsékleteken végzett előszárítás hatására, a 'Cylindra' esetében szintén a 60°C-on végzett előszárítás bizonyult a legkíméletesebbnek, míg a 'Detroit' fajtánál a 80°C-on végzett szárítás szintén alkalmas lehet az összes polifenol tartalom elemzése alapján.

A céklaszáritmányokat a beltartalmi jellemzők szerint elemezve a legtöbb esetben a 'Cylindra' fajta bizonyult legalkalmasabbnak a szárítási műveletekre, ezen belül is az MV60°C szárítási módszer biztosította az esetek túlnyomó részében a legelőnyösebb értékeket.

Az állománymérés során kapott eredményeket kiértékelve egyértelműen megállapítható, hogy az atmoszférikusan és vákuumszárított termékekhez képest mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeztek alacsonyabb rugalmasság-, rágósság- valamint keménység- és kohéziós értékkel, mely alacsonyabb gumisság értéket eredményezett.

Az érzékszervi bírálatok eredményeit elemezve egyértelműen elmondható, hogy a mikrohullámú vákuumszárított termékeket részesítették előnyben a bírálók, a profilanalízis alapján pedig szignifikáns különbség alakult ki a darabok színárnyalata, színhomogenitása, édes illata, ízintenzitása és roppanósága között a három céklafajta mikrohullámú vákuumszárított termékei között, mely a fajtaválasztás fontosságát igazolja a technológiai folyamatokra való alkalmasság tekintetében.

A téma folytatásaként érdemes további céklafajtákat bevonni a kísérletekbe, hogy még árnyaltabb képet kaphassunk a fajták közötti eltérésekről. Hasznos lenne továbbá a szárítás kísérleteket lefolytatni nagyobb mérettel rendelkező céklaszeletekkel.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az egészségtudatos életmód napjainkban egyre inkább előtérbe kerül, ösztönözve ezzel számos pozitív táplálkozás-élettani tulajdonsággal rendelkező zöldségféle fogyasztását. Ezen zöldségek közé tartozik a cékla is, melyben a nagy mennyiségben megtalálható betacianinok fellépnek az oxidatív stressz és a szabad gyökök káros hatásai ellen, antibakteriális és vírusellenes tulajdonságokkal rendelkeznek, gátolják a rákos sejtek szaporodását és részt vesznek a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében.

Hazánkban a feldolgozóipar a cékla nyersanyagból elsősorban tartósított savanyúságot és lé alapanyagot állít elő, ritkábban céklasűrítményt és céklaport, amiket később színezőanyagként hasznosítanak. A kifejezetten előnyös élettani hatásokkal bíró cékla egyúttal az egyik legnagyobb nitrát forrásként szerepel az étrendünkben, így a bébiételekben történő felhasználásuk során mennyiségük monitorozása alapvető fontosságú, mivel a nitrát mérgezés felnőtteknél nagyon ritka, azonban a nyolc hónaposnál fiatalabb csecsemők rendkívül veszélyeztetettek. Ezzel szemben egyes tanulmányok a nitrát pozitív hatásáról számolnak be, például sportolás során az étkezéssel bevitt nitrát növeli az igénybevett izmok erejét, valamint ha a nitrát részlegesen nitrogén-monoxiddá alakul, akkor értágító hatást fejthet ki, mely a vérnyomás csökkenéséhez vezet.

Mindezek tükrében látható, hogy a céklafogyasztásnak egyaránt lehetnek pozitív és negatív hatásai is, így munkám során különböző céklafajták táplálkozásbiológiai értékes komponens tartalmát vizsgáltam a céklatest négy részének (felső-, középső-, alsó- és héj rész) elkülönítésével. Műszeres, objektív minősítő vizsgálatokkal arra kerestem a választ, hogy a vizsgált értékek a céklatest mely részében, milyen mennyiségben koncentrálnak. Ennek érdekében a kísérleteimet egészen a termőföldtől indítottam három céklafajta ('Alto F1', 'Cylindra', 'Detroit') bevonásával, melyek termesztése során kezeletlen és műtrágyával kezelt termőterületet különítettem el.

Munkám további célja között szerepelt a rohanó életvitelbe legkönnyebben beilleszthető „snack” típusú céklasűrítványok olyan dehidratációs módjának kidolgozása, mely a táplálkozásbiológiai értékes komponens tartalom megőrzése tekintetében valóban kíméletes szárítási módként használható a feldolgozóipar számára.

Az általam termesztett céklafajták morfológiai tulajdonságaik alapján elmondható, hogy műtrágyával történő kezelés hatására a céklagyökerek minden esetben nagyobb hosszmerettel és tömeggel rendelkeztek a kezeletlen egyedekhez képest, bár ez a különbség nem volt szignifikáns. A szárlevél hossz esetében a kezelés hatására ez a tendencia nem volt megfigyelhető.

A vízdoldható szárazanyag-tartalom többnyire a héj- illetve a felső részben halmozódott fel, míg az összes szárazanyag-tartalomnál minden esetben a héj rész rendelkezett a legnagyobb értékekkel.

A céklaminták színkoordinátáinak tekintetében sem a fajták között, sem pedig a céklatest egyes részeiben, valamint a kezelés hatására sem mutatkozott számottevő eltérés, azonban az évjáratok között szignifikáns különbség fedezhető fel mindhárom színkoordináta értékénél.

A betacianin-, betaxantin-, összes polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás értékek esetében az évjáratok között szignifikáns különbség alakult ki. A betacianin tartalom minden esetben a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, ezzel ellentétben a betaxantin tartalom a legtöbb esetben a héj részben található meg a legkisebb koncentrációban. Az antioxidáns kapacitás és az összes polifenol tartalom esetében legnagyobb értékek szintén a felső- illetve a héj részben kerültek detektálásra.

A kezeletlen minták minden céklafajta esetében alacsonyabb nitrit- és nitrát tartalommal rendelkeztek, mely azonban szignifikáns különbséget nem jelentett. A nitrit tartalom a kezelt egyedek esetében a felső illetve a héj részben halmozódott fel, ezzel szemben a kezeletlen minták héj részében jóval alacsonyabb koncentrációban fordult elő.

Mindhárom vizsgált céklafajta esetében a héj rész C-vitamin tartalma bizonyult a legnagyobbaknak.

A kalcium, mangán és magnézium főképp a felső- és a héj részben halmozódott fel a legnagyobb mennyiségben, míg a legnagyobb vastartalom a héj részben fordult elő mindkét évjárat esetében. Jellemzően a 2014-es minták magasabb ásványianyag-tartalommal rendelkeztek, kivéve a nátrium és vas tartalmat.

A szárítási folyamat első lépéseként három különböző hőmérsékleten (40°C, 60°C, 80°C) előszárítottam a céklamintákat atmoszférikusan annak érdekében, hogy meghatározzam az előszárítás optimális hőmérsékletét. Az előszárított minták színjellemzőit tekintve a 'Cylindra' fajta őrizte meg leginkább a céklára jellemző színvilágot az előszárítást követően, emellett a 60°C-on végzett előszárítás bizonyult legalkalmasabb betacianin-, betaxantin tartalom valamint az antioxidáns kapacitás értékek minél nagyobb mértékű megőrzésének tekintetében mindhárom céklafajta esetében. Az összes polifenol tartalom vizsgálata során az 'Alto F1' esetében számottevő különbség nem alakult ki a különböző hőmérsékleteken végzett előszárítás hatására, a 'Cylindra' fajtánál szintén a 60°C-on végzett előszárítás bizonyult a legkíméletesebbnek, míg a 'Detroit' fajtánál a 80°C-on végzett szárítás eredményezte a legkisebb mértékű degradációt.

A céklaszáritmányokat a vizsgált jellemzők szerint elemezve a legtöbb esetben a 'Cylindra' fajta bizonyult legalkalmasabbnak a szárítási műveletekre, ezen belül is az MV60°C szárítási módszer biztosította az esetek túlnyomó részében a legelőnyösebb értékeket.

Az állománymérés során kapott eredményeket kiértékelve egyértelműen megállapítható, hogy a mikrohullámú vákuumszárított minták rendelkeztek kedvezőbb értékkel, mely feltehetően speciális, puffadt textúrának köszönhető.

Az érzékszervi bírálatok során szintén a mikrohullámú vákuumszárított termékek érték el a legnagyobb kedveltséget, így a profilanalízis során már csak a mikrohullámú vákuumszárított minták kerültek bírálatra annak megismerése érdekében, hogy az egyes fajták szárítmányai között milyen különbségek lehetnek. Az eredmények alapján szignifikáns különbség alakult ki a darabok színárnyalata, színhomogenitása, édes illata, ízintenzitása és roppanóssága között.

A meghatározott paraméterek alapján elmondható, hogy a vizsgálatba bevont fajták sok esetben egymástól eltérő eredményeket mutattak mind a nyers állapotban, mind a szárítást követően.

7. SUMMARY

Nowdays the health conscious lifestyle is becoming increasingly popular, encouraging the consumption of different vegetables, which contain number of valuable componets. In the beetroot the high levels of betacanins can be found which exhibit oxidative stress and free radicals, have antibacterial and antiviral properties, inhibit the growth of cancerous cells and participate in the prevention of cardiovascular disease.

In our country, the processing industry produces predominantly pickles and juice, less often beetroot concentrates and beet pulp, which are later used as colorants. The beetroot with a particularly beneficial physiological effect is also one of the largest sources of nitrate in our diet, so during their use in baby foods their monotoring is essential because the nitrate poisoning in adults is very rare, but babies younger than eight months are extremely vulnerable. In contrast, some studies report the positive effect of nitrate, for example during exercise the nitrate intake increases the strength of the muscles, and if the nitrate is partially converted to nitric oxide, it may have a vasodilating effect leading to a decrease in blood pressure.

In the light of these, the consumption of beetroot can have both positive and negative effects, so during my work I have examined the amount of valuable components of various beetroot species separating four parts of the beetroot (top, middle, end and peel part). With instrumental and objective qualification tests, I have investigated the distribution of the measured parameters. Also I have started my experiments from the farmland with three different beetroot species ('Alto F1', 'Cylindra', 'Detroit'). During their cultivation I have distinguished untreated and fertilized areas.

The other aim of my work was to develop a dehydration method for beetroot as "snack" (integrated easily into a fast-paced lifestyle), which can be used as a gentle drying method in prevention of valuable component content for the processing industry.

Based on the morphological characteristics of the cultivated beetroots it can be stated that in all cases the root parts of beetroot species had greater length and weight parameters on the effect of fertilizer treatment compared to the untreated individuals, although this difference was not significant. This tendency was not observed in case of the length of the stalk leaf.

The water-soluble dry matter content was mostly accumulated in the peel and the top part, while in all cases the peel parts had the highest values of total dry matter content.

There were significant differences in case of the color coordinates of the beetroot samples neither between the varieties nor in certain parts of the beetroots and the effect of treatment, but

significant differences can be found between the three different color coordinates between the years.

For betacyanine, betaxanthin, total polyphenol contents and antioxidant capacity values, significant differences were observed between the years. In all cases the betacyanine content accumulated in the highest volume in the peel parts, in contrast the the smallest concentration of the betaxanthine content was found in the peel part in the majority of cases. The highest values for antioxidant capacity and total polyphenol content were also detected in the top and peel parts. Untreated samples had a lower nitrite and nitrate content for each beet variety, but no significant difference was reported. The nitrite content in the treated species was higher in the top and peel parts, while in the peel part of the untreated samples its concentration was much lower.

For all three examined beetroots, the peel parts contained the highest amount of the vitamin C content.

The first step of the drying process was the pre-drying at three different temperatures (40°C, 60°C, 80°C) with hot air in order to determine the optimal temperature of the pre-drying. Regardes of color coordinates of the pre-dried samples, the 'Cylindra' variety preserved its color characteristics after the pre-drying. For the preservation of the betacyanine, betaxanthine content and of antioxidant capacity values, the pre-drying at 60°C was the most suitable methods in case of three beetroot species. During the investigation of total polyphenol content, there was no relevant difference in case 'Alto F1' samples between the different pre-dring tempereature, while for 'Cylindra' the pre-drying at 60°C proved the most gentle method, whereas by 'Detroit' samples pre-dring at 80°C resulted the slightest degradation.

Based on the result of texture analysis, it is clearly established that the microwave vacuum-dried samples have a more favorable value, which is probably due to their special puffy texture.

During the sensory analysis, the microwave vacuum dried products also gained the highest popularity, so during the profile analysis, only the microwave vacuum dried samples were evaluated in order to know the differences between the investigated varieties. On the basis of the results, significant difference was found between the color tones, the color homogeneity, sweet smell, taste intensity and the rippling of the pieces.

Based on the determined parameters, it can be stated that the varieties involved in the study showed different results in many cases both in raw materials and after drying.

MELLÉKLET

M1. IRODALOMJEGYZÉK

1. ANDERSON, J.J.B. (2014): Nutrition of Minerals in Relation to Human Function, In: *Reference Module in Biomedical Sciences*. Available online 28 November 2014.; DOI:[10.1016/B978-0-12-801238-3.00234-8](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-801238-3.00234-8)
2. FERENCZI, S, CZUKOR, B., CSERHALMI, ZS. (2012): Légárammal kombinált mikrohullámú vákuumszárítás III. Különböző szárítási módszerekkel készült alma szárítmányok összehasonlító vizsgálata. In: *Élelmiszer Tudomány Technológia*, 66 (1) 25-29. p.
3. AGRAWAL, A., (2013): Scope of betalains as a food colorant. In: *International journal of advanced scientific and technical research*, 3 (3) 22-36. ISSN 2249-9954
4. ANDRÉS, A., BILBAO, K., FITO, P. (2004): Drying kinetics of apple cylinders under combined hot air – microwave dehydration. In: *Journal of Food Engineering* (63), 71-78. DOI: [10.1016/S0260-8774\(03\)00284-X](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(03)00284-X)
5. ARTNASEAW, A., THEERAKULPISUT, S., BENJAPIYAPORN, C. (2010): Thin layer modeling of tom yum herbs in vacuum heat pump dryer. In: *Food Science and Technology International*, 2(16) 46-135. p. DOI:[10.1177/1082013209353090](https://doi.org/10.1177/1082013209353090)
6. ATAMANOVA, S.A., BREZHNEVA, T.A., SLIVKIN, A.I., NIKOLAEVSKII, V.A., SELEMENEV, V.F., MIRONENKO, N.V. (2005): Isolation of saponins from table beetroot and primary evaluation of their pharmacological activity. In: *Pharmaceutical Chemistry Journal*, 39 (12) 650-652. p. DOI:[10.1007/s11094-006-0038-2](https://doi.org/10.1007/s11094-006-0038-2)
7. BACKHAUS, W., KLIEGL, R., WERNER, J.S. (1998): Color Vision: Perspectives from Different Disciplines. Walter de Gruyter, 188. p. ISBN:3-11-01-6100-1-gb
8. BAILEY, S.J., WINYARD, P., VANHATALO, A., BLACKWELL, J.R., DIMENNA, F.J., WILKERSON, D.P., TARR, J., BENJAMIN, N., JONES, A.M. (2009): Dietary nitrate supplementation reduces the O₂ cost of low-intensity exercise and enhances tolerance to high-intensity exercise in humans. In: *Journal of Applied Physiology*, 107 (4) 1144-1155. p. DOI:[10.1152/jappphysiol.00722.2009](https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00722.2009)
9. BALÁZS, S. (1994): Zöldségtermesztők kézikönyve. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 669-678. p
10. BALÁZS, S. (2004): Zöldségtermesztők kézikönyve. 2. Budapest: Mezőgazdasági kiadó, 578-583. p

11. BÁLINT, I., HÖHN, M., (2001): Növényrendszertan. (3th ed.) SZIE KTK, 48-56. p.
12. BARBOSA-CÁNOVAS, G.V., FONTANA, J.A., SCHMIDT, S.J., LABUZA, T.P. (2007): Water activity in foods - Fundamentals and applications. Iowa: Blackwell Publishing Professional. DOI:10.1002/9780470376454
13. BARTA, J., KÖRMENDY, I. (2007): Növényi nyersanyagok hőkezeléses tartósító technológiái. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 69-71. p.
14. BAVEC, M., TURINEK, M., GROBELNIK-MLAKAR, S., SLATNAR, A., BAVEC, F. (2010): Influence of industrial and alternative farming systems on contents of sugars, organic acids, total phenolic content, and the antioxidant activity of red beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris* Rote Kugel). In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58 (22) 11825-11831. p. DOI:10.1021/jf103085p
15. BENZIE, I.I.F., STRAIN, J.J. (1966): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measuring of "antioxidant power": The FRAP assay. In: *Analytical Biochemistry*, 239 70-76. p. DOI:10.1006/abio.1996.0292
16. BÍRÓ, O., HORVÁTH, G., SIMON, J., BURITS, O., FÁBRI, I., SOHÁR, P., KISS, L., SÓÓS J. (1994): Gyümölcs és zöldségfélék szárítása, aszalása. Integra-Projekt Kft. 31-76. p.
17. BONDARUK, J., MARKOWSKI, M., BŁASZCZAK, W. (2007): Effect of drying conditions on the quality of vacuum-microwave dried potato cubes. In: *J. Food Eng.*, 81 306-312. p. DOI:10.1016/j.jfoodeng.2006.10.028
18. BOX, G.E.P., COX, D.R. (1964): An analysis of transformations. In: *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, 26, 211-252. p.
19. BURITS, O., BERKI, F. (1974): Zöldség és gyümölcsaszárítás. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó. 40-112. p.
20. BUTLER, A. (2015): Nitrites and nitrates in the human diet: Carcinogens or beneficial. In: *J Ethnopharmacol*, 167 105-107. DOI: 10.1016/j.jep.2014.09.040
21. CASTELLAR, R., OBON, J.M., ALACID, M., FERNÁNDEZ-LOPEZ, J.A. (2003): Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. In: *J. Agric. Food Chem.*, 51 2772-2776. p. DOI:10.1021/jf021045h
22. CHAPMAN, S. (szerk.), (2011): Guidelines on approaches to the replacement of Tartrazine, Allura Red, Ponceau 4R, Quinoline Yellow, Sunset Yellow and Carmoisine in food and beverages. *Food Standards Agency in Scotland*, Available online 2011: <https://www.reading.ac.uk/foodlaw/pdf/uk-11026-removing-colours-guidance.pdf>

23. CHHIKARA, N., KUSHWAHA, K., SHARMA, P., GAT, Y., PANGHAL, A. (2019): Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. In: *Food Chemistry*, 272 192-200. p. [DOI:10.1016/j.foodchem.2018.08.022](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022)
24. CHOU, S., CHUA, K. (2001): New hybrid drying technologies for heat sensitive foodstuffs. In: *Trends in Food Science & Technology*, 359-369. [DOI:10.1016/S0924-2244\(01\)00102-9](https://doi.org/10.1016/S0924-2244(01)00102-9)
25. CHUA, K.J., MUJUMDAR, A.S., CHOU, S.K., HAWLANDER, M.N.A., HO, C. (2000): Convective drying of banana, guava and potato pieces: Effect of cyclical variations of air temperature on drying kinetics and color change. In: *Drying Technology*, 18 (4-5) 907-936. p. [DOI:10.1080/07373930008917744](https://doi.org/10.1080/07373930008917744)
26. CLIFFORD, T., HOWATSON, G., WEST, D.J., STEVENSON, E.J. (2015): The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. In: *Nutrients*, 7 (4) 2801-2822. p. [DOI:10.3390/nu7042801](https://doi.org/10.3390/nu7042801)
27. COGGAN, A.R., LEIBOWITZ, J. L., KADKHODAYAN, A., THOMAS, D.P., RAMAMURTHY, S., ANDERSON SPEARIE, C., WALLER, S., FARMER, M., PETERSON, L. R. (2015): Effect of acute dietary nitrate intake on maximal knee extensor speed and power in healthy men and women. In: *Nitric Oxide*, 48, 16-21. p. [DOI:10.1016/j.niox.2014.08.014](https://doi.org/10.1016/j.niox.2014.08.014)
28. COLES, L. T., CLIFTON, P. M. (2012). Effect of beetroot juice on lowering blood pressure in free-living, disease-free adults: A randomized, placebo-controlled trial. In: *Journal of Nutrition*, 11 106. p. [DOI:10.1186/1475-2891-11-106](https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-106).
29. CUI, Z.W., XU, S.Y. SUN, D.W. (2003): Dehydration of garlic slices by combined microwave-vacuum and air drying. In: *Drying technology*, 21, 1173-1184. [DOI:10.1081/DRT-120023174](https://doi.org/10.1081/DRT-120023174)
30. CSAPÓ, J., CSAPÓNÉ, K. Z. (2003): Élelmiszer-kémia. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 409-410.
31. CSIKKELNÉ S.A., TAKÁCSNÉ H.M., KISS A.S., (2001): Céklanövény különböző részeinek makro- és mikroelem-tartalma a fajták függvényében. 44. Magyar Spektrokémiai Vándorgyűlés, Baja, 2001. június 25-27., 25-28.
32. DELGADO-VARGAS, F., JIMÉNEZ, A.R., PAREDES-LÓPEZ, O. (2000). Natural pigments: Carotenoids, anthocyanins, and betalains - characteristic, biosynthesis, processing, and stability. In: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 40 (3) 173-289. p. [DOI:10.1080/10408690091189257](https://doi.org/10.1080/10408690091189257)

33. DIAS, M.G., CAMOES, M.F.G.F.C., OLIVEIRA, L. (2009). Carotenoids in traditional Portuguese fruits and vegetable. In: *Food Chemistry*, 113 (3) 808-815. p. [DOI:10.1016/j.foodchem.2008.08.002](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.002)
34. DUKE, J.A. (1983): The handbook of energy crops. Available online: http://www.hort.purdue.edu/newcrop/duke_energy/dukeindex.html
[ISBN:9781351080965](https://www.isbn-international.org/product/9781351080965)
35. DURANCE, T.D., WANG, J.H. (2002): Energy consumption, density, and rehydration rate of vacuum microwave and hot-air convection-dehydrated tomatoes. In: *Journal of Food Science*, 67, 2212-2216. [DOI:10.1111/j.1365-2621.2002.tb09529.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2002.tb09529.x)
36. ERDÉLYI, L. (2005): A tartósító és állatiternékefeldolgozó szakág nyersanyagai. Budapesti Corvinus Egyetem Élelmiszertudományi kar, Budapest, 38-39.
37. ERDÉLYI, L. (2004): Gyümölcsök és zöldségek házi tartósítása. Budapest: Mezőgazda Kiadó. 136. p.
38. ESCRIBANO, J., PEDREÑO M.A., GARCÍA-CARMONA, F., MUÑOZ, R. (1998): Characterization of the antiradical activity of betalains from *Beta vulgaris* L. roots". In: *Phytochem. Anal.* 9 (3) 124-7. p. DOI: 10.1002/(SICI)1099-1565(199805606)9:3<214::AID-PCA401>3.0.CO;2-0
39. FARKAS, J., MOLNÁR, P., BOROSS, F. (2010): Élelmiszervizsgálati Közlemények. *Journal of Food Investigations*, 54 (4) 209-270. p.
40. FENG, H., YIN, Y., TANG, J. (2012): Microwave Drying of Food and Agricultural Materials: Basics and Heat and Mass Transfer Modeling. In: *Food Engineering Reviews*, 4 (2) 89-106. p.
41. FERENCZI, S., CZUKOR, B., CSERHALMI, ZS. (2010): Légárammal kombinált mikrohullámú vákuumszárítás I. *Élelmiszer Tudomány és Technológia*, 64 (3)15-22. p.
42. FERENCZI, S., CZUKOR, B., CSERHALMI, ZS. (2011): Légárammal kombinált mikrohullámú vákuumszárítás II. Jonatán alma légáramú előszárítással kombinált mikrohullámú vákuumszárítási kísérletei. In: *Élelmiszer Tudomány Technológia*, 65 (2) 15-20. p.
43. FERENCZI, S., CSERHALMI, ZS., VISNYEI, B., SZŰCS, V., CZUKOR, B. (2017): Effect of operational parameters of microwave vacuum drying combined with hot-air pre-drying to physical, sensory, and nutritional properties of dried apple snack. In: *Acta Alimentaria*, 46 (2), 152-161. p. [DOI:10.1556/066.2016.0005](https://doi.org/10.1556/066.2016.0005)
44. FIDELIS, M., SANTOS, J.S., COELHO, A.L.K., RODIONOVA, O.Y., POMERANTSEV, A., GRANATO, D. (2017): Authentication of juices from

- antioxidant and chemical perspectives: A feasibility quality control study using chemometrics. In: *Food Control*, 73 796-805. p. DOI: [10.1016/j.foodcont.2016.09.043](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.043)
45. FINE, D.H., ROSS, R., ROUNBEHLER, D.P., SILVERGLEID, A., SONG, L. (1977): Formation in vivo of volatile N-nitrosamines in man after ingestion of cooked bacon and spinach. In: *Nature*, 265, 753-755. p. DOI: [10.1038/265753a0](https://doi.org/10.1038/265753a0)
 46. FRANCISCO, D. V., PAREDES-LOPEZ, O. (2003): Natural colorants for food and nutraceutical uses. Boca Raton: CRC Press (8. fejezet) 166-220. p.
 47. FRANK, T., STINTZING, F. C., CARLE, R., BITSCH, I., QUAAS, D., STRASS, G., BITSCH, R., NETZEL, M. (2005): Urinary pharmacokinetics of betalains following consumption of red beet juice in healthy humans. In: *Pharmacological Research*, 52 (4) 290–297 p. DOI: [10.1016/j.phrs.2005.04.005](https://doi.org/10.1016/j.phrs.2005.04.005)
 48. GAMAL, A.A.E, ALSAID, M.S., RAISH, M., AL-SOHAIBANI, M., AL-MASSARANI, S.M., AHMAD, A. (2014): Beetroot (*Beta vulgaris* L.) extract ameliorates gentamicin-induced nephrotoxicity associated oxidative stress, inflammation, and apoptosis in a rodent model. In: *Mediators of Inflammation*. Article ID 983952. DOI:[10.1155/2014/983952](https://doi.org/10.1155/2014/983952)
 49. GASZTONYI, K. (1979): Az élelmiszerkémia alapja. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 21-26. p.
 50. GASZTONYI, M.N., DAOOD, H., HÁJOS, M.T., BIACS, P. (2001): Comparison of red beet (*Beta vulgaris* var *conditiva*) varieties on the basis of their pigment components. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81 (9) 932-933. p.
 51. GEORGIEV, V.G., WEBER, J., KNESCHKE, E.M., DENEV, P.N., BLEY, T., PAVLOV, A.I. (2010): Antioxidant activity and phenolic content of betalain extracts from intact plants and hairy root cultures of the red beetroot *Beta vulgaris* cv. Detroit dark red. In: *Plant Foods and Human Nutrition*, 65 105-111. p. DOI:[10.1007/s11130-010-0156-6](https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6).
 52. GINZBURG, A.S. (1976). Élelmiszerek szárítás elméletének és technikájának alapja. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 233-240. p.
 53. GIRI, S., PARSAD, S. (2007): Drying kinetics and rehydration characteristics of microwave-vacuum and convective hot-air dried mushrooms. In: *Journal of Food Engineering*, 78 512-521. p. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2005.10.021](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.10.021)
 54. GOKHALE, S.V., LELE, S.S. (2011): Dehydration of red beetroot (*Beta vulgaris*) by hot air drying: Process optimization and mathematical modeling. In: *Food Sciences and Biotechnology*, 20 955-964. p. DOI:[10.1007/s10068-011-0132-4](https://doi.org/10.1007/s10068-011-0132-4)

55. GULDIKEN, B., TOYDEMIR, G., NUR MEMIS, K., OKUR, S., BOYACIOGLU, D., CAPANOGLU, E. (2016): Home-processed red beetroot (*Beta vulgaris* L.) Products: Changes in antioxidant properties and bioaccessibility. In: *International Journal of Molecular Sciences*, 17 858. p. DOI:10.3390/ijms17060858
56. GYARAKY Z., KOVÁCS J., (1996): Az élelmiszer-előállítás és forgalmazás gyakorlati kézikönyve. Novorg, Budapest, 49-53. p.
57. HABERMEYER, M., ROTH, A., GUTH, S., DIEL, P., ENGEL, K.H., EPE, B., FURST, P., HEINZ, V., HUMPF, H.U., JOOST, H.G., KNORR, D., DE KOK, T., KULLING, S., LAMPEN, A., MARKO, D., RECHKEMMER, G., RIETJENS, I., STADLER, R.H., VIETHS, S., VOGEL, R., STEINBERG, P., EISENBRAND, G. (2015): Nitrate and nitrite in the diet: how to assess their benefit and risk for human health. In: *Molecular Nutrition & Food Research*, 59 (1) 106-128. p. DOI:10.1002/mnfr.201400286
58. HÁJAS, M. (1976). Gyökérzöldségek Termesztése. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 157-167. p.
59. HEGEDŰS, A., STEFANOVITSNÉ B.,É. (2012): Természetes antioxidáns forrásunk: a gyümölcs. Debreceni Egyetem, AGTC, Kertészettudományi Intézet, 48, 69, 87. p. ISBN: 978-615-5183-26-3
60. HERBACH, K.M., STINTZING, F.C., CARLE, R. (2006): Betalain stability and degradation structural and chromatic aspects. In: *Journal of Food Science*, 71 (4) R41-R50. p. DOI:10.1111/j.1750-3841.2006.000222.x
61. HOBBS, D.A., GEORGE, T.W., LOVEGROVE, J.A. (2013). The effects of dietary nitrate on blood pressure and endothelial function: A review of human intervention studies. In: *Nutrition Research reviews*, 26 210-222. p. DOI:10.1017/S0954422-413000188
62. HODOSSI S., KOVÁCS A., TERBE I. (2010): Zöldségtermesztés szabadföldön, Mezőgazda Kiadó, Budapest 128-135. p.
63. IGLESIAS, R., CITORES, L., DI MARO, A., FERRERAS, J. M. (2015): Biological activities of the antiviral protein BE27 from sugar beet (*Beta vulgaris* L.). In: *Planta*, 241 421-433. p. DOI: 10.1007/s00425-014-2191-2.
64. JASTREBOVA, J., WITTHOFT, C., GRAHN, A., SVENSSON, U., JAGERSTAD, M. (2003). HPLC determination of folates in raw and processed beetroots. In: *Food Chemistry*, 80 (4) 579-588. p. DOI: 10.1016/S0308-8146(02)00506-X

65. JAYARAMAN, K., DAS GUPTA, D., MUJUMDAR, A. (1995): Handbook of Industrial Drying. New York: Marcel Dekker, Inc., 643-649 p. [ISBN: 9781420017618](#)
66. JING, Y., JIN-FENG, C., YU-YING Z., LIN-CHUN M. (2010): Effect of drying processes on the Antioxidant Properties in Sweet Potatoes. In: *Agricultural Sciences in China*, 9 (10) 1522-1529. p. [DOI: 10.1016/S1671-2927\(09\)60246-7](#)
67. KÄHKÖNEN, M.P., HOPIA, A.I., VUORELA, H.J., RAUHA, J.P., PIHLAJA, K., KUJALA, T.S., HEINONEN, M. (1999): Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. In: *J. Agric. Food Chem.*, 47 3954-3962. p. [DOI: 10.1021/jf990146l](#)
68. KALETA, A., GÓRNICKI, K. (2010): Some remarks on evaluation of drying models of red beet particles. In: *Energy Conversion and Management*, 51 (12) 2967-2978. p. [DOI: 10.1016/j.enconman.2010.06.040](#)
69. KAPADIA, G.J., RAO, G. (2013): Anticancer Effects of Red Beet Pigments. New York: Springer Science+Business Media, 125-154. p.
70. KAPÁS, S. (1996): Zöldségfajtáink. Mezőgazdasági Kiadó, 156. p.
71. KATHIRAVAN, T., NADANASABAPATHI, S., KUMAR, R. (2014). Standardization of process condition in batch thermal pasteurization and its effect on antioxidant, pigment and microbial inactivation of Ready to Drink (RTD) beetroot (*Beta vulgaris* L.) juice. In: *International Food Research Journal*, 21 (4) 1305. p. [ISSN : 1985-4668](#)
72. KAUR, K., SINGH, A. (2014): Drying kinetics and quality characteristics of beetroot slices under hot air followed by microwave finish drying. In: *African Journal of Agricultural Research*, 9 (12) 1036-1044. p. [DOI: 10.5897/AJAR2013.7759](#)
73. KAZIMIERCZAK, R., HALLMANN, E., LIPOWSKI, J., DRELA, N., KOWALIK, A., PÜSSA, T., MATT, D., LUIK, A., GOZDOWSKI, D. REMBIAŁKOWSKA, E. (2014): Beetroot (*Beta vulgaris* L.) and naturally fermented beetroot juices from organic and conventional production: metabolomics, antioxidant levels and anticancer activity. In: *Journal of the science of food and agriculture*, 94 (13) 2618-2629. p. [DOI:10.1002/jsfa.6722](#)
74. KEARSLEY, M.W., KATSABOXAKIS, K.Z. (1980): Stability and use of natural colours in foods Red beet powder, copper chlorophyll powder and cochineal. In: *International Journal of Food Science & Technology*, 15 501-514. p. [DOI:10.1111/j.1365-2621.1980.tb00969.x](#)
75. KEZI, J., SUMATHY J.H. (2014): Betalain - a boon to the food industry. In: *Discovery*, 20 51-58. p.

76. KIMLER, L.M. (1975): Betanin, the red beet pigment, as an antifungal agent. *Botanical Society of America, Abstracts of papers*, 36. p. DOI:[10.1080/02652030600986032](https://doi.org/10.1080/02652030600986032)
77. KÓKAI, Z., HENZE, E., HESZBERGER, J., KÁPOLNA, B. SZABÓ, R. (2003): IT support for exploring sensory quality of sustainably grown apple varieties. *Proceedings of 4th EFITA Conference, Debrecen*, 632–640. p.
78. KOVÁCS A. (Szerk) (2011): Gyökérzöldségek termesztése. Mezőgazda Kiadó és Kereskedő Kft., Budapest, 87-91. p.
79. KUJALA, T.S., VIENOLA, M.S., KLIKA K.D., LOPONEN, J.M., PIIHLAJA, K. (2002): Betalain and phenolic compositions of four beetroot (*Beta Vulgaris*) cultivars. *European Food Research and Technology*, 214 (4) 505-510. p. DOI:[10.1007/s00217-001-0478-6](https://doi.org/10.1007/s00217-001-0478-6)
80. KUJALA, T., LOPONEN, J., KIIKA, K., PIIHLAJA, K. (2000). Phenolics and betacyanins in red beetroot (*Beta vulgaris*) root:distribution and effect of cold storage on the content of total phenolics and three individual compounds. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48 5338-5342. p. DOI:[10.1021/jf000523q](https://doi.org/10.1021/jf000523q)
81. KUSZNIEREWICZ, B., SMIECHOWSKA, A., BARTOSZEK, A., NAMIEŚNIK, J. (2008): The effect of heating and fermenting on antioxidant properties of white cabbage. In: *Food Chemistry*, 108 3 853-861. p. DOI: [10.1016/j.foodchem.2007.11.049](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.11.049)
82. LARSEN, F.J., EKBLUM, B., SAHLIN, K., LUNDBERG, J.O., WEITZBERG, E. (2006): Effects of Dietary Nitrate on Blood Pressure in Healthy Volunteers. *The New England Journal of Medicine*, 355 (26) 2792-2793. p. DOI: [10.1056/NEJMc062800](https://doi.org/10.1056/NEJMc062800)
83. LARSON, R.A., MARINA M., KAREN M., GERALD K.S. (2001): Nitrate Uptake by Terrestrial and Aquatic Plants. In: *Proceedings of the Illinois Groundwater Consortium* 1-10. p.
84. LATORRE, M. E., NARVAIZ, P., ROJAS, A. M., GERSCHENSON, L.N. (2010): Effects of gamma irradiation on bio-chemical and physico-chemical parameters of fresh-cut red beet (*Beta vulgaris* L. var. conditiva) root. In: *Journal of Food Engineering*, 98 178-191. p. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2009.12.024](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2009.12.024)
85. LAWRENCE, W., PRICE, J., ROBINSON, G., ROBINSON, R. (1939): The distribution of anthocyanins in flowers, fruits and leaves. In: *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 230, 149-178 p. DOI: [10.1098/rstb.1939.0006](https://doi.org/10.1098/rstb.1939.0006)
86. LIDDER, S., WEBB, A.J. (2013): Vascular effects of dietary nitrate (as found in green leafy vegetables and beetroot) via the nitrate-nitrite-nitric oxide pathway. In: *British*

- Journal of Clinical Pharmacology*, 75 (3) 677-696. p. [DOI:10.1111/j.1365-2125.2012.04420.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2125.2012.04420.x).
87. LIM, T.K. (2016): Beta vulgaris. In *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*, 26-68. p.
 88. LIU, X., GAO, Y., XU, H., WANG, Q., YANG, B. (2008): Impact of high-pressure carbon dioxide combined with thermal treatment on degradation of red beet (*Beta vulgaris* L.) pigments. In: *J. Agric. Food Chem.*, 56 6480–6487. p. [DOI:10.1021/jf800727q](https://doi.org/10.1021/jf800727q)
 89. MAERE, R. (1988): HPLC in Food Analysis. Academic Press, 172-179. p.
 90. MANCHALI, S., MURTHY, K.N.C., NAGARAJU, S., NEELWARNE, B. (2013): Stability of betalain pigments of red beet. In: *Red Beet Biotechnology*, 55-74. p. [DOI: 10.1007/978-1-4614-3458-0_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3458-0_3)
 91. MARAIE, N.K., ABDUL-JALIL, T.Z., ALHAMDANY, A.T., JANABI H.A. (2014): Phytochemical study of the Iraqi Beta vulgaris leaves and its clinical application for the treatment of different dermatological diseases. In: *World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Science*, 3 05-19. p. [ISSN 2278 - 4357](https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3458-0_3)
 92. MARFIL, P.H.M., SANTOS, E.M., TELIS, V.R.N. (2008): Ascorbic acid degradation kinetics in tomatoes at different drying conditions. In: *LWT-Food Science and Technology*, 41 1642-1647. p. [DOI:10.1016/j.lwt.2007.11.003](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.11.003)
 93. MAROUŠEK, J., KOLAR, L., VOCHOZKA, M., STEHEL, V., MAROUSKOVA, A. (2017): Novel method for cultivating beetroot reduces nitrate content. In: *Journal of Cleaner Production*, 168 60-62 p. [DOI: 10.1016/j.jclepro.2017.08.233](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.08.233)
 94. MARSCHER, A.P. (1999): The compact jets of TeV blazars. *Astroparticle Physics*, 11 19-25. p. [DOI:10.1016/S0927-6505\(99\)00019-5](https://doi.org/10.1016/S0927-6505(99)00019-5)
 95. MIKOLAJCZYK-BATOR, K., BLASZCZYK, A., CZYŻNIEJEWSKI, M., KACHLICKI, P. (2016): Identification of saponins from sugar beet (*Beta vulgaris*) by low and high-resolution HPLC–MS/MS. In: *Journal of Chromatography B*, 1029 36-47. p. [DOI:10.1016/j.jchromb.2016.06.038](https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.06.038)
 96. MIRAJ, S. (2016): Chemistry and pharmacological effect of beta vulgaris: A systematic review. In: *Der Pharmacia Lettre*, 8 404-409. p. [ISSN 0975-5071](https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2016.06.038)
 97. MITRA, P., MEDA, V. (2009): Optimization of microwave-vacuum drying parameters of saskatoon berries using response surface methodology. In: *Drying Technology*, 27 1089-1096. p. [DOI:10.1080/07373930903221101](https://doi.org/10.1080/07373930903221101)

98. MONTEIRO, R., AZEVEDO, I. (2010): Chronic inflammation in obesity and the metabolic syndrome. In: *Mediator of Inflammation*. DOI:10.1155/2010/289645
99. MROCZEK, A., KAPUSTA, I., JANDA, B., JANISZOWSKA, W. (2012): Triterpene saponin content in the roots of red beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60 (50) 12397-12402. p. DOI:10.1021/jf303952x
100. MURRAY, R., PAUL, G.L., SEIFERT, J.G., EDDY, D.E., HALABY, G.A. (1989): The effects of glucose, fructose, and sucrose ingestion during exercise. In: *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 21 (3) 275-282. p.
101. MUSIELAK, G., AND KIERCA, A. (2004): Influence of varying microwave power during microwave-vacuum drying on the drying time and quality of beetroot and carrot slices. In: *Drying Technology*, 32 1326-1333. p. DOI:10.1080/07373937.2014.924135
102. NEELWARNE, B., (2013): Red Beet Biotechnology: Food and Pharmaceutical Applications. Springer Science and Business, New York, 199-243. p.
103. NEMZER, B.Z., PIETRZKOWSKI, A., SPÓMA, P.S., THRESHER, T., MICHALOWSKI, S., WYBRANIE, C. (2011): Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. In: *Food Chemistry Volume*, 127 (1) 42-53. p. DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.12.081
104. NINFALI, P., ANGELINO, D. (2013): Nutritional and functional potential of *Beta vulgaris* cicla and rubra. In: *Fitoterapia*, 89 188-199. DOI:10.1016/j.fitote.2013.06.004
105. NISTOR, O.V., SEREMET, L., ANDRONOIU, D.G., RUDI, L., BOTEZ, E. (2017): Influence of different drying methods on the physicochemical properties of red beetroot (*Beta vulgaris* L. var *Cylindra*)”, In: *Food Chemistry*, 236 59-67. DOI:10.1016/j.foodchem.2017.04.129
106. NOTTINGHAM, S. (2004). Beetroot. ebook:
<http://www.stephennottingham.co.uk/beetroot.htm>. London: Times.
107. NYIRÁDI P., SÁRDI É., BEKŐ G., SZŰCS M., HORVÁTH A., SZÉKELY E., SZENTMIHÁLYI K., ROMICS I., BLÁZOVICS A. (2010): A *Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* var. *rubra* bioaktív vegyületeinek hatása metasztatikus prosztatákban. In: *Orvosi Hetilap*, 151, 37,1495-1503. p. ISSN 0030-6002
108. PACIULLI, M., MEDINA-MEZA, I.G., CHIAVARO, E., BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. (2016): Impact of thermal and high pressure processing on quality parameters of beetroot (*Beta vulgaris* L.). In: *LWT-Food Science and Technology*, 68 98-104. p. DOI:10.1016/j.lwt.2015.12.029

109. PAIS, I. (2000): A mikroelemek jelentősége az életben. Budapest: Mezőgazda Kiadó, 40-42. p.
110. PANGHAL, A., JANGHU, S., VIRKAR, K., GAT, Y., KUMAR, V., CHHIKARA, N. (2018): Potential non-dairy probiotic products - A healthy approach. In: *Food Bioscience*, 21 80-89. p. DOI: [10.1016/j.fbio.2017.12.003](https://doi.org/10.1016/j.fbio.2017.12.003)
111. PAPPAS, C., TSAMI, E., MARINOS-KOURIS, D. (1999): The effect of process conditions on the drying kinetics and rehydration characteristics of some microwave vacuum dehydrated fruits. In: *Drying Technology*, 17 158-174. p. DOI: [10.1080/07373939908917523](https://doi.org/10.1080/07373939908917523)
112. PETEK, M., HERAK, Č.H.M., TOTH, N., SLUNJSKI, S., ČOGA, L., PAVLOVIĆ, I., KARAŽIJA, T., LAZAREVIĆ, B., CVETKOVIĆ, S. (2012): Nitrogen and Crude Proteins in Beetroot (*Beta vulgaris* var. *conditiva*) under Different Fertilization Treatments. In: *Not Bot Horti Agrobo*, 40 (2) 215-219. p. DOI: [10.15835/nbha4027457](https://doi.org/10.15835/nbha4027457)
113. PIETRZKOWSKI, Z., THRESHER, W. (2008): Solid betalain compositions and methods. Patent Application Publication, Pub.No: US 2010/0076050A1
114. POZAR, D.M. (2005). Microwave Engineering („Mikrohullámú mérnöki tudomány”) (3th ed.) John Wiley & Sons, Inc.
115. PU, Y.Y., SUN D.W. (2015) Vis-Nir hyperspectral imaging in visualizing moisture distribution of mango slices during microwave-vacuum drying. In: *Food Chemistry*, 188 271-278. p. DOI: [10.1016/j.foodchem.2015.04.120](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.120)
116. RATTI, C. (2001). Hot air and freeze-drying of high-value foods: a review. *Journal of Food Engineering*, 311-319. p. DOI: [10.1016/S0260-8774\(00\)00228-4](https://doi.org/10.1016/S0260-8774(00)00228-4)
117. RAVICHANDRAN, K., PALANIRAJ, R., SAW, N.M. M.T., GABR, A.M., AHMED, A.R., KNORR, D., SMETANSKA, I. (2014): Effects of different encapsulation agents and drying process on stability of betalains extract. In: *Journal of Food Science and Technology*, 51 2216-2221. p. DOI: [10.1007/s13197-012-0728-6](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0728-6)
118. REBECCA, J., SHARMILA, S., DAS, M.P., SESHIAH, C. (2014): Extraction and purification of carotenoids from vegetables. In: *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 6 (4) 594-598. p. ISSN : 0975-7384
119. RODLER, I. (Szerk.) (2005). Új tápanyagtáblázat. Budapest: Medicina Kiadó. 277-278 p.
120. SAGUY, I., KOPELMAN, I., MIZRAHI, S. (1978): Thermal kinetic degradation of betanin and betalamic acid. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 26 (2) 360-362. p. DOI: [10.1021/jf60216a052](https://doi.org/10.1021/jf60216a052)

121. SALISBURY, F.B., ROSS, C.W. (1991): *Plant Physiology* (4th ed.) Wadsworth Publising, 325-326.
122. SAMOTICHA, J., WOJDYŁO, A., LECH, K. (2016): The influence of different the drying methods on chemical composition and antioxidant activity in chokeberries. In: *LWT-Food Science and Technology*, 66 484-489. p. [DOI:10.1016/j.lwt.2015.10.073](https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.073)
123. SARDANA, R. K., CHHIKARA, N., TANWAR, B., PANGHAL, A. (2018). Dietary impact on esophageal cancer in humans: A review. In: *Food & Function*, 4 1967-1977. p. [DOI: 10.1039/c7fo01908d](https://doi.org/10.1039/c7fo01908d).
124. SATYANAND, V., VALI, S. M., KRISHNA, B.P. (2014): A study of beet root derived dietary nitrate efficacy on performance of runners. In: *Indian Journal of Basic and Applied Medical Research*, 3 2 690-695. p. [ISSN: 2250-284X](https://doi.org/10.2250/284X)
125. SAWICKI, T., BACZEK, N., WICZKOWSKI, W. (2016): Betalain profile, content and antioxidant capacity of red beetroot dependent on the genotype and root part. In: *Journal of Functional Foods*, 27, 249-261. p. [DOI:10.1016/j.jff.2016.09.004](https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.004)
126. SCAMAN, C.H., DURANCE, T.D. (2005): *Combined Microwave Vacuum-drying. Emerging Technologies for Food Processing* (Da-Wen Sun ed.). Elsevier, San Diego, London, 507-533. p.
127. SEREMET, L., BOTEZ, E., NISTOR, O.V., ANDRONOIU, D.G., MOCANU G.D. (2016): Effect of different drying methods on moisture ratio and rehydration of pumpkin slices. In: *Food Chemistry*, 195 104-109. p. [DOI:10.1016/j.foodchem.2015.03.125](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.125)
128. SERRIS, G.S., BILIADERIS, C.G. (2001). Degradation kinetics of beetroot pigment encapsulated in polymeric matrices. In: *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81 691-700. [DOI:10.1002/jsfa.864](https://doi.org/10.1002/jsfa.864)
129. SHAM, P.W.Y., SCAMAN, C.H. DURANCE, T.D. (2001): Texture of Vacuum Microwave Dehydrated Apple Chips as Affected by Calcium Pretreatment, Vacuum Level, and Apple Variety. *Journal of Food Science*, 66 (9) 1341-1347. [DOI:10.1111/j.1365-2621.2001.tb15212.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2001.tb15212.x)
130. SINGH, B., HATHAN, B.S. (2014): Chemical composition, functional properties, and processing of beetroot-a review. In: *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5 (1) 679-684. p. [ISSN 2229-5518](https://doi.org/10.2229/5518)
131. SINGLETON, V.L., ROSSI, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. In: *American Journal of Enology and Viticulture*, 16 144-158. p.

132. SIPOS L. (2011): Sensory evaluation of mineral waters by profile analysis, *Acta Alimentaria*, 40 (1) 19-26. DOI:10.1556/AAlim.2010.0014
133. SLATNAR, A., STAMPAR, F., VEBARIC, R., JACOBIC, J. (2015): HPLC-MS(n) identification of betalains profile of different beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *vulgaris*) parts and cultivars. In: *Journal of Food Science*, 80 (9) 1952-1958. DOI:10.1111/1750-3841.12977.
134. SLAVOV, A., KARAGYOZOV, V., DENEV, P., KRATCHANOVA, M., KRATCHANOV, C. (2013): Antioxidant activity of red beet juices obtained after microwave and thermal pretreatments. In: *Czech Journal of Food Sciences*, 31 (2) 139-147. p. DOI: 10.17221/61/2012-CJFS
135. SONG, X., ZHANG, M., MUJUMDAR, A.S., FAN, L. (2009): Drying Characteristics and kinetics of vacuum microwave-dried potato slices. *Drying technology*, 27 (9) 969-974. DOI:10.1080/07373930902902099
136. SORENSEN, J.N. (1999): Nitrogen effects on vegetable crop production and chemical composition. *Proc of the International Workshop on Ecological Aspects of Vegetable Fertilisation in Integrated Crop Production in the Field*, 506 41-49. p.
137. SOUCI S.W., FACHMANN W., KRAUT H. (2008): Food Composition and nutrition tables. MedPharm Scientific Publishers, 7th edition, 788. p.
138. SRUTHI, P.D., ANOOHYA, P.N., VASU, A.T., LATHA, B.S., CHAVALI, M. (2014): Portrayal of red pigments extracted from red beet (*Beta Vulgaris*, L.) and its potential uses as antioxidant and natural food colourants. In: *VFSTR Journal of STEM*, 2 (1) 24-32. p.
139. STAFFORD H.A. (1994): Anthocyanins and betalains: evolution of the mutually exclusive pathways. In: *Plant Science*, 101 (2) 91-98. p. DOI:10.1016/0168-9452(94)90244-5
140. STÉGERNÉ M.M., BARTA J., HORVÁTH, D., IVANICS, J. (2007): Zöldségfélék nitrit-, nitrát tartalma és azok feldolgozás alatti változásai. A táplálkozástudomány iskolája. Interdiszciplináris Konferencia a Magyar Tudomány Ünnepe alkalmából. 2007. november 23. Budapest, Európa Kongresszusi Központ.
141. STINCO, C., FERNÁNDEZ-VÁZQUEZ, R., ESCUDERO-GILETE, M., HEREDIA, F., MELÉNDEZ-MARTÍNEZ, A., VICARIO, I. (2012): Effect of orange juice's processing on the color, particle size, and bioaccessibility of carotenoids. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 6 (60) 1447-1455. p. DOI:10.1021/jf2043949

142. STINTZING, F.C., HERBACH, K.M., MOSSHAMMER, M.R., CARLE R., YI, W., SELLAPPAN, S., AKOH, C.C., BUNCH, R., FELKER P. (2005): Color, betalain pattern, and antioxidant properties of cactus pear (*Opuntia* spp.) clones. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (2) 442-451. p. DOI:10.1021/jf048751y
143. STRACK, D., VOGT, T., SCHLIEMANN, W. (2003): Recent advances in betalain research. In: *Phytochemistry*, 62 (3) 247-269. p. DOI: 10.1016/S0031-9422(02)00564-2
144. SUTAR, P.P., PRASAD, S., SUTAR, N., THORAT B.N. (2008): Effect microwave power density and pressure on selected quality parameters of dehydrated carrots. 16th International Drying Symposium, Hyderabad, India, 9-12 November, 835-842.
145. SUZUKI, E., YAGI, G., NAKAKI, T., KANBA, S., ASAI, M. (2001): Elevated plasma nitrate levels in depressive states. In: *Journal of Affective Disorders*, 63 (1-3) 221-224. p. DOI: 10.1016/S0165-0327(00)00164-6
146. SZABÓ-NÓTIN B. (2016): Almatörköly, mint természetes állománykialakító alkalmazási lehetőségei gyümölcsstermékekben. Doktori értekezés, 156. p.
147. SZÉKELY, D., SZALÓKI-DORKÓ, L., STÉGER-MATÉ M., SZABÓ-NÓTIN B., IVANICS J., MONSPART-SÉNYI, J. (2014): Distribution of antioxidant components in roots of different red beets (*BETA VULGARIS* L.) cultivars. In: *Acta Alimentaria*, 43 (Suppl.) 164-171. p. DOI:10.1556/AAlim.43.2014.Suppl.23
148. SZENES E., OLÁH M. (1991): Konzervipari kézikönyv. Integra-Projekt Kft., Budapest, 110. p.
149. SZIGETI, T.J. (2010a): Az élelmiszerek nitrát- és nitrittartalmának élelmiszerbiztonsági megítélése. In: *Élelmiszer Tudomány Technológia*, 64 (4) 24-30. p.
150. SZIGETI, T.J. (2010b): Nitrát- és nitrit vegyületek jelentősége az élelmiszerekben. In: *Élelmiszervizsgáló Közlemények*, 56 (4) 231-246. p.
151. SZŰCS, V., SZABÓ, E., FERENCZI, S., CSERHALMI, ZS. (2015): Mikrohullámú vákuumszárítással készült alma termékek fogyasztói kedveltségének vizsgálata conjoint elemzés alapján. In: *Élelmiszertudomány Technológia*, 69 (1) 7-13. p.
152. TAKÁCSNÉ H.M. (1997): A cékla nitrát- és geozmin tartalmának változásai a betakarítástól a felhasználásig. Kertészeti és Élelmiszeripari Egyetem Közleményei. Budapest. 56 160-166. p.
153. TAKÁCSNÉ, H.M. (2011): Gyökérzöldségek termesztése. In A. Kovács. Budapest: Mezőgazdasági Kiadó, 87-96. p.
154. TARNAVÖLGYI, G. (2009): Az élelmiszer-színezékek technológiai és humánegészségügyi vonatkozásai 2. rész. In: *Élelmezési ipar*, 93 (5) 133-136. p.

155. TESORIERE L., ALLEGRA M., BUTERA D., LIVREA M.A. (2004): Absorption, excretion, and distribution of dietary antioxidant betalains in LDLs: potential health effects of betalains in humans. In: *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80 (4) 941-945. p. DOI:10.1093/ajcn/80.4.941
156. URIBE, E., MARÍN, D., VEGA-GLÁVEZ, A., QUISPE-FUENTES, I., RODRÍGUEZ, A. (2016): Assessment of vacuum-dried peppermint (*Mentha piperita* L.) as a source of natural antioxidant. In: *Food Chemistry*, 190 559-565. p. DOI:10.1016/j.foodchem.2015.05.108
157. VALI, L., STEFANOVITS-BÁNYAI, É., SZENTMIHÁLYI, K., FÉBEL H., SÁRDI É., LUGASI A., KOCSIS I., BLÁZOVICS A. (2007): Liver-protecting effects of table beet (*Beta vulgaris* var. *rubra*) during ischemia-reperfusion. In: *Nutrition*, 23 (2) 172-178. p. DOI:10.1016/j.nut.2006.11.004
158. VASCONCELLOS, J., CONTE-JUNIOR, C., SILVA, D., PIERUCCI, A.P., PASCHOALIN, V., ALVARES, T.S. (2016): Comparison of total antioxidant potential, and total phenolic, nitrate, sugar, and organic acid contents in beetroot juice, chips, powder, and cooked beetroot. In: *Food Science and Biotechnology*, 25 (1) 79-84. p. DOI: 10.1007/s10068-016-0011-0
159. VENKATESAN, S., JAYAGANESH, S. (2010): Characterisation of Magnesium Toxicity, its Influence on Amino Acid Synthesis Pathway and Biochemical Parameters of Tea. *Research Journal of Phytochemistry*, 4 (2) 67-77. DOI:10.3923/rjphytoo.2010.67.77
160. VERES, ZS. (2005): A zöldséglevelek világa. In: *Hajtatás, korai termesztés*, 36 (3) 16-18. p.
161. VULIC, J.J., CEBOVIC, T.N., CANADANOVIC-BRUNET, J.M., CETKOVIC, G.S., CANADANOVIC, V.M., DJILAS, S.M., ŠAPONJAC, V.T.T. (2014): In vivo and in vitro antioxidant effects of beetroot pomace extracts. In: *Journal of Functional Foods*, 6 168-175. DOI: 10.1016/j.jff.2013.10.003
162. WOJDYŁO, A., FIGIEL, A., NOWICKA, P., LECH, K., OSZMIAŃSKI, J. (2014): Effect of convective and vacuum-microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries. *Food & Bioprocess Technology*, 3 (7) 829-841. p. DOI: 10.1007/s11947-013-1130-8
163. WOOTTON-BEARD, P.C., MORAN, A., RYAN, L. (2011): Stability of the antioxidant capacity and total polyphenol content of commercially available vegetable juices before and after in vitro digestion as measured by FRAP, DPPH, ABTS and Folin

- Ciocalteu methods. In: *Food Research International*, 44 (1) 217-224. p. DOI:10.1016/j.foodres.2010.10.033
164. WOOTTON-BEARD, P.C., RYAN, L. (2011): A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. In: *Journal of Functional Foods*, 3 (4) 329-334. DOI:10.1016/j.jff.2011.05.007
165. WRUSS J., WALDENBERGER, G., HUEMER, S., UYGUN, P., LANZERSTORFER, P., MÜLLER, U., HÖGLINGER, O., WEGHUBER, J. (2015): Compositional characteristics of commercial beetroot products and beetroot juice prepared from seven beetroot varieties grown in Upper Austria. In: *Journal of Food Composition and Analysis*, 42 46-55. p. DOI:10.1016/j.jfca.2015.03.005
166. WYBRANIEC, S., MIZRAHI, Y. (2005): Generation of decarboxylated and dehydrogenated betacyanins in thermally treated purified fruit extract from purple pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) monitored by LC-MS/MS. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53 (17) 6704-6712. p. DOI:10.1021/jf050700t
167. XIAO, H.W., PANG, C.L., WANG, L.H., BAI, J.W., YANG, W.X., GAO, Z.J. (2010): Drying kinetics and quality of Monukka seedless grapes dried in an air-impingement jet dryer. In: *Biosystems Engineering*, 105 (2) 233-240. p. DOI:10.1016/j.inpa.2017.07.004
168. YADAV, D.N., SHARMA, M., CHIKARA, N., ANAND, T., BANSAL, S. (2014): Quality characteristics of vegetable-blended wheat-pearl millet composite pasta. In: *Agricultural Research*, 3 (3) 263-270. p. DOI: 10.1007/s40003-014-0117-7
169. YASHWANT, K. (2015): Beetroot: A super food. In: *International Journal of Engineering Studies and Technical Approach*, 1 (3) 20-26. p. ISSN 2395-0900
170. ZING-GANG, C., XIAO-YU, G., TAO, W. (2016): A novel dehydration technique for carrot slices implementing ultrasound and vacuum drying methods. In: *Ultrasonics Sonochemistry*, 30 28-34. p. DOI:10.1016/j.ultsonch.2015.11.026
171. ZWART, F.J., SLOW, S., PAYNE, R.J., LEVER, M., GEORGE, P.M., GERRARD, J.A., CHAMBERS, S.T. (2003). Glycine betaine and glycine betaine analogues in common foods. In: *Food Chemistry*, 83 (2) 197-204. p. DOI:10.1016/S0308-8146(03)00063-3

Adatforrások

1. BIZOTTSÁG 1881/2006/EGK rendelete az élelmiszerekben előforduló egyes szennyező anyagok felső határértékeinek meghatározásáról

2. BIZOTTSÁG 558/93/EGK rendelete a feldolgozott gyümölcs- és zöldségtermékekben található száraz oldható szermaradvány mérésének refraktometrikus módszeréről
3. EUMET (2014): Féléves grafikonok
4. EUMET (2015): Féléves grafikonok
5. FRUITVEB (2013): A zöldség és gyümölcs ágazat helyzetet Magyarországon.
6. FRUITVEB (2016): A zöldség és gyümölcs ágazat helyzetet Magyarországon.
7. JECFA (2002): Fifty-ninth report of the JECFA, nitrate and nitrite. 20-23 p.
8. MSZ 4220:1980 Tartósított élelmiszerek nedvességtartalmának meghatározása
9. NÉBIH KÖZLEMÉNY (2015): Magas nitrát tartalmú zöldségek fogyasztásának kockázata csecsemőknél, 2015. február 26.
10. 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

M2. BÍRÁLATI LAPOK**M2. 1. Érzékszervi vizsgálat bírálati lapja**

Minta kódszáma	Küllem	Szín	Íz	Állomány
	max. 5 pont	max. 5 pont	max. 5 pont	max. 5 pont
125				
239				
425				
987				
133				
586				
697				

M2.2. Profilanalízis bírálati lapja**SZIE ÁÉMT****Cékla chips profilanalízis**

Bíráló kódja

Minták kódja

Tulajdonságok

1. Színárnyalat	50	barna	<		>	Sötétlila
	50		<		>	
	50		<		>	
2. Darabok szín homogenitása	50	inhomogén	<		>	homogén
	50		<		>	
	50		<		>	
3. Globális illat intenzitás	50	nem érezhető	<		>	intenzív
	50		<		>	
	50		<		>	
4. Cékla illat	50	nem érezhető	<		>	intenzív
	50		<		>	
	50		<		>	
5. Földes illat	50	nem érezhető	<		>	intenzív
	50		<		>	
	50		<		>	
6. Édes illat	50	nem érezhető	<		>	intenzív
	50		<		>	
	50		<		>	

			érezhető	
		50		
		50		

7. egyéb megjegyzés illatokról		

8. Roppanósság		50	nem roppanós	<		>	nagyon roppanós
		50		<		>	
		50		<		>	

9. Puffadt jelleg		50	nem puffadt	<		>	nagyon puffadt
		50		<		>	
		50		<		>	

10. egyéb megjegyzés az állományról		

11. Globális íz intenzitás		50	nem érezhető	<		>	intenzív
		50		<		>	
		50		<		>	

12. Édes íz		50	nem érezhető	<		>	intenzív
		50		<		>	
		50		<		>	

13. Földes utóíz		50	nem érezhető	<		>	intenzív
		50		<		>	
		50		<		>	

14. Íztartósság		50	nem érezhető	<		>	intenzív
		50		<		>	
		50		<		>	

15. egyéb megjegyzés az ízekről		

Kész

M3. TÁBLÁZATOK

M3. 1. táblázat: Morfológia vizsgálatok statisztikai eredményei

		2014	2014 kezeletlen	2015 kezeletlen
Szárlévlél hossza	2015	0,0166	-	-
	2014 kezelt	-	0,5980	-
	2015 kezelt	-	-	0,1236
Répatest hossza	2015	0,3016	-	-
	2014 kezelt	-	0,5291	-
	2015 kezelt	-	-	0,6235
Répatest tömege	2015	0,4659	-	-
	2014 kezelt	-	0,2123	-
	2015 kezelt	-	-	0,2787

M3. 2. táblázat: A nyers céklaminták színkoordinátáinak statisztikai értékelése

Színkoordináták		2014	2014 kezeletlen	2015 kezeletlen
a*	2015	7,56E-18	-	-
	2014 kezelt	-	0,0625	-
	2015 kezelt	-	-	0,3954
b*	2015	1,75E-15	-	-
	2014 kezelt	-	0,6505	-
	2015 kezelt	-	-	0,7440
L*	2015	4,98E-33	-	-
	2014 kezelt	-	0,4824	-
	2015 kezelt	-	-	0,4987

M3. 3. táblázat: A céklaminták betacianin-, betaxantin tartalmának, antioxidáns kapacitásának és összes polifenol tartalmának statisztikai értékelése

Mért paraméterek		2014	2014 kezeletlen	2015 kezeletlen
Betacianin	2015	0,0073		
	2014 kezelt		0,2258	
	2015 kezelt			0,9474
Betaxantin	2015	0,0224		
	2014 kezelt		0,2227	
	2015 kezelt			0,9694
FRAP	2015	8,1E-06		
	2014 kezelt		0,2421	
	2015 kezelt			0,8696
Összes polifenol	2015	1,58E-06		
	2014 kezelt		0,5106	
	2015 kezelt			0,2029

M3. 4.b táblázat: A céklaminták nitrit-, nitrát tartalmának statisztikai értékelése

Céklafajták		Nitrit	Nitrát
'Alto F1'	Évek között	0,4457	0,0493
	2014-kezelés	0,2252	0,3325
	2015-kezelés	0,2350	0,4112
'Cylindra'	Évek között	0,0633	0,0093
	2014-kezelés	0,4183	0,0013
	2015-kezelés	0,3014	0,0087
'Detroit'	Évek között	0,3160	0,00523
	2014-kezelés	0,2188	0,3550
	2015-kezelés	0,4490	0,1686

M3. 5.a táblázat: A céklaminták C-vitamin tartalmának statisztikai értékelése

	C-vitamin
Évjáratok között	0,6002
2014-kezelések között	0,2860
2015-kezelések között	0,4754

M3. 5.b táblázat: A 2014-es termesztésű céklaminták C-vitamin tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups											
DKH	45,658	A											
DNH	45,029	A	B										
ANH	43,487	A	B	C									
DNK	38,199	A	B	C	D								
CKH	38,020	A	B	C	D								
DNF	37,349	A	B	C	D								
CNH	37,261	A	B	C	D								
CNF	35,618		B	C	D	E							
CNK	34,583			C	D	E	F						
CNA	31,596				D	E	F	G					
DKA	31,359				D	E	F	G	H				
ANA	30,978				D	E	F	G	H	I			
AKH	29,949				D	E	F	G	H	I			
ANF	26,788					E	F	G	H	I	J		
ANK	25,361						F	G	H	I	J	K	
AKA	22,442							G	H	I	J	K	L
DKF	21,491								H	I	J	K	L
CKA	21,047									I	J	K	L
DNA	19,780										J	K	L
AKK	18,439										J	K	L
CKK	16,563											K	L
DKK	15,616											K	L
AKF	13,342												L
CKF	13,176												L

M3. 5.c táblázat: A 2015-ös termesztésű céklaminták C-vitamin tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups										
CNH	75,730	A										
CKH	47,590		B									
DNH	44,533		B	C								
CNA	42,997		B	C								
AKH	39,007			C	D							
CKA	37,567			C	D	E						
ANH	37,340			C	D	E						
DKH	33,343				D	E	F					
CNK	29,863					E	F	G				
DKA	28,763						F	G	H			
CNF	28,273						F	G	H			
CKF	27,977						F	G	H			
DNA	26,227						F	G	H	I		
DNF	26,170						F	G	H	I		
DKK	25,597						F	G	H	I		
DNK	25,143							G	H	I		
DKF	23,073							G	H	I	J	
ANK	21,783								H	I	J	
AKK	18,623									I	J	K
ANA	15,710										J	K
AKF	15,303										J	K
ANF	13,400											K
CKK	12,910											K
AKA	12,800											K

Kalcium-2015

Minták	LS means	Groups															
DKH	42,016	A															
DNH	36,947		B														
ANH	31,977			C													
DKF	27,344				D												
CNH	27,117				D												
DNF	26,151					E											
AKH	24,355						F										
CKH	23,790						F	G									
DKK	23,413							G	H								
ANK	22,803								H								
DNK	22,045									I							
AKF	21,537									I							
DNA	20,350										J						
AKK	19,140											K					
ANF	19,038											K					
ANA	18,059												L				
DKA	17,542												L				
AKA	17,513												L				
CKF	15,365													M			
CKK	12,729														N		
CKA	10,550															O	
CNF	9,822																P
CNK	9,321																P
CNA	8,037																Q

Kálium-2014

Category	LS means	Groups													
DKK	521,110	A													
ANA	493,987		B												
CNK	490,467		B												
ANK	487,713		B												
DNF	483,514		B												
CKK	444,010			C											
DKF	443,833			C											
CNA	443,473			C											
CNF	430,558			C	D										
CNH	424,390				D										
AKK	415,591				D	E									
AKA	402,863					E	F								
ANH	402,337					E	F								
ANF	401,040					E	F	G							
DKA	398,087						F	G							
DNK	395,280						F	G							
DNA	385,963							G	H						
DKH	384,888							G	H						
CKA	373,875								H	I					
AKH	367,763									I	J				
AKF	354,964										J				
CKF	330,027											K			
CKH	268,702												L		
DNH	201,981														M

Kálium-2015

Category	LS means	Groups															
AKK	432,087	A															
DNK	375,437		B														
DNA	342,620			C													
DKF	337,027			C	D												
AKA	326,057				D	E											
ANA	322,777					E											
ANF	290,607						F										
DNF	285,030						F	G									
AKF	273,257							G									
DKA	250,890								H								
DKH	226,187									I							
AKH	211,867										J						
DKK	201,853										J						
ANH	186,800											K					
CNK	177,440											K	L				
CNA	169,420												L	M			
CKK	166,633												L	M	N		
ANK	165,667												L	M	N	O	
DNH	158,573													M	N	O	
CNF	156,813														N	O	
CKA	153,837															O	
CNH	140,950																P
CKH	125,937																Q
CKF	125,387																Q

Réz-2014

Minták	LS means	Groups									
CNH	0,194	A									
DKH	0,194	A									
CKH	0,162		B								
ANH	0,155		B								
DKK	0,132			C							
CNK	0,131			C							
CNF	0,122			C	D						
CKF	0,111				D	E					
DKF	0,106				D	E	F				
CKK	0,106				D	E	F				
AKF	0,105					E	F				
ANF	0,104					E	F				
DKA	0,102					E	F				
AKH	0,094						F	G			
DNF	0,093						F	G	H		
CNA	0,082							G	H	I	
DNA	0,082							G	H	I	
DNK	0,081							G	H	I	
ANA	0,080							G	H	I	
DNH	0,077								H	I	J
CKA	0,073									I	J
ANK	0,071									I	J
AKK	0,070									I	J
AKA	0,060										J

Réz-2015

Minták	LS means	Groups										
AKK	0,119	A										
DNK	0,103		B									
DKF	0,097		B	C								
AKF	0,095		B	C	D							
ANF	0,093			C	D							
DNF	0,092			C	D							
ANA	0,087				D	E						
ANH	0,085				D	E	F					
DKH	0,079					E	F					
AKA	0,077						F					
ANK	0,077						F					
DNA	0,067							G				
CKH	0,066							G				
DKA	0,066							G				
DKK	0,066							G	H			
CKF	0,065							G	H			
CKK	0,064							G	H	I		
CNH	0,064							G	H	I		
DNH	0,062							G	H	I		
CNF	0,056								H	I	J	
AKH	0,055									I	J	
CNA	0,050										J	K
CNK	0,048										J	K
CKA	0,045											K

Vas-2014

Minták	LS means	Groups																
CNH	3,254	A																
CKH	2,870		B															
DKH	2,364			C														
AKH	2,364			C														
DNH	2,232				D													
AKF	1,468					E												
ANH	1,237						F											
ANF	0,522							G										
CKF	0,406								H									
DKF	0,372								H	I								
DKK	0,361								H	I	J							
CNF	0,332									I	J	K						
DKA	0,310									I	J	K	L					
DNK	0,299										J	K	L	M				
CNK	0,292										J	K	L	M	N			
CNA	0,282											K	L	M	N	O		
CKK	0,259												L	M	N	O	P	
DNA	0,252												L	M	N	O	P	
AKK	0,240												L	M	N	O	P	
AKA	0,238												L	M	N	O	P	
ANA	0,232													M	N	O	P	
DNF	0,221														N	O	P	
ANK	0,212															O	P	
CKA	0,204																	P

Vas-2015

Minták	LS means	Groups															
AKH	0,959	A															
DKH	0,844		B														
CKH	0,798		B	C													
DNH	0,761			C													
CNH	0,739			C	D												
ANH	0,672				D												
CNF	0,374					E											
AKA	-0,518						F										
ANK	-0,554						F										
ANF	-0,632							G									
ANA	-0,767								H								
DNF	-0,974									I							
DKF	-0,976									I							
AKK	-1,013									I							
DNA	-1,102										J						
DKA	-1,113										J						
DKK	-1,237											K					
DNK	-1,246											K					
CKF	-1,479												L				
AKF	-1,558													M			
CNA	-1,866														N		
CKK	-1,983															O	
CNK	-2,082																P
CKA	-2,333																Q

M3. 7.b táblázat: A céklaminták Mg, Mn, Na, P, Zn tartalmának statisztikai értékelése

		Mg	Mn	Na	P	Zn
'Alto F1'	Év között	0,0494	0,0383	0,2511	0,0000	0,2599
	2014-kezelés	0,0059	0,1468	0,0087	0,3254	0,0663
	2015-kezelés	0,1827	0,1689	0,0457	0,1955	0,0696
'Cylindra'	Év között	0,4798	0,1559	0,1141	0,1295	0,4044
	2014-kezelés	0,3819	0,3065	0,0590	0,0800	0,1019
	2015-kezelés	0,3736	0,4878	0,0382	0,0815	0,3963
'Detroit'	Év között	0,2356	0,0763	0,0004	0,0001	0,0517
	2014-kezelés	0,2967	0,0098	0,3971	0,0697	0,0335
	2015-kezelés	0,2024	0,2352	0,0965	0,4054	0,3867

Magnézium-2014

Minták	LS means	Groups															
DNH	45,406	A															
CNH	42,310	A	B														
ANH	38,855		B	C													
CNF	36,823			C	D												
CKF	36,340			C	D												
AKH	36,132			C	D												
CKH	33,200				D												
ANF	27,453					E											
DKF	25,060					E	F										
AKF	23,308					E	F	G									
CNK	21,007						F	G	H								
CNA	20,520							G	H								
DNF	19,190							G	H	I							
DKA	18,717								H	I	J						
DKH	17,614								H	I	J	K					
DNA	16,690								H	I	J	K	L				
CKK	15,850									I	J	K	L				
CKA	14,603										J	K	L	M			
DKK	14,310										J	K	L	M			
DNK	13,803											K	L	M			
ANA	12,691												L	M			
ANK	12,548												L	M			
AKK	10,748													M			
AKA	10,667													M			

Magnézium-2015

Category	LS means	Groups									
AKH	38,674	A									
DNH	35,252	A	B								
DKH	34,847	A	B								
CNH	33,521		B	C							
DKA	31,538		B	C							
ANH	29,742			C							
CKH	29,394			C							
CNF	21,524				D						
ANF	19,721				D	E					
DNF	16,641					E	F				
CKF	16,199					E	F	G			
DKK	15,500					E	F	G	H		
AKK	15,032						F	G	H		
AKF	14,711						F	G	H		
DKF	13,669						F	G	H	I	
DNK	13,263						F	G	H	I	
DNA	11,959							G	H	I	
CNK	11,847							G	H	I	
CNA	11,764							G	H	I	
ANK	11,571								H	I	
CKK	11,477								H	I	
CKA	11,287								H	I	
AKA	9,854									I	
ANA	4,557										J

Mangán-2014

Category	LS means	Groups										
DKH	0,662	A										
CNH	0,559		B									
CKH	0,456			C								
DNH	0,427			C	D							
AKH	0,427			C	D							
CNF	0,409				D							
ANF	0,407				D							
ANH	0,406				D							
DKF	0,360					E						
AKF	0,340					E	F					
CKF	0,323						F					
DKA	0,272							G				
ANA	0,245							G	H			
AKK	0,232								H	I		
ANK	0,231								H	I		
CNK	0,212								H	I		
DNF	0,207									I		
CNA	0,205									I		
DKK	0,202									I		
AKA	0,162										J	
CKK	0,160										J	
DNA	0,140										J	K
CKA	0,133										J	K
DNK	0,122											K

Mangán-2015

Minták	LS means	Groups											
DKH	0,484	A											
AKH	0,443		B										
DNH	0,414		B										
CKH	0,368			C									
ANH	0,348			C	D								
CNH	0,329				D								
CNF	0,251					E							
ANF	0,229					E	F						
AKK	0,227					E	F	G					
AKF	0,219						F	G					
DNF	0,214						F	G	H				
CKF	0,207						F	G	H	I			
ANA	0,197						F	G	H	I	J		
DKK	0,196							G	H	I	J		
ANK	0,186								H	I	J	K	
DNK	0,177									I	J	K	
AKA	0,175									I	J	K	
DKF	0,175									I	J	K	
DKA	0,166										J	K	
DNA	0,156											K	L
CKK	0,127												L
CNK	0,117												M
CKA	0,109												M
CNA	0,108												M

Nátrium-2014

Minták	LS means	Groups														
ANF	77,537	A														
CKF	72,347		B													
ANH	64,704			C												
ANA	61,545			C	D											
ANK	59,840				D	E										
AKF	58,722				D	E										
AKH	56,536					E	F									
DKF	53,287						F	G								
CKK	50,393							G	H							
CNF	48,253								H							
CKH	43,301									I						
DKK	41,763									I	J					
AKK	38,582										J	K				
CNK	38,383										J	K				
DNK	37,367											K	L			
DNF	37,333											K	L			
CNH	36,102											K	L	M		
DNA	35,550											K	L	M		
CKA	35,303											K	L	M		
AKA	34,073												L	M		
DKA	33,417													M	N	
DNH	32,428													M	N	
DKH	30,112														N	O
CNA	26,493															O

Nátrium-2015

Minták	LS means	Groups															
DNK	96,760	A															
AKK	89,120		B														
DNF	83,561		B	C													
DNA	80,466			C	D												
DKF	79,755			C	D	E											
AKF	76,690				D	E											
ANF	74,326					E											
AKH	63,592						F										
ANK	55,304							G									
DKA	54,717							G									
DKH	54,439							G									
DNH	52,213							G									
DKK	52,128							G									
AKA	51,681							G									
ANH	45,689								H								
ANA	40,338								H	I							
CNF	36,302									I	J						
CKF	33,040										J	K					
CKK	27,560											K	L				
CNK	25,539												L	M			
CNH	22,396												L	M	N		
CNA	20,969													M	N		
CKH	20,534													M	N		
CKA	17,834															N	

Foszfor-2014

Minták	LS means	Groups							
CNH	68,447	A							
DKF	61,473		B						
CNA	59,364		B	C					
CNF	59,023		B	C					
CNK	58,766		B	C					
DNF	58,657		B	C					
DKK	58,285		B	C					
DKH	56,441			C					
CKH	56,212			C					
DNH	50,302				D				
DKA	49,974				D				
DNA	48,634				D				
CKF	44,257					E			
ANH	43,374					E			
AKH	43,335					E			
DNK	42,638					E	F		
AKA	40,748					E	F	G	
CKK	39,365						F	G	H
ANA	39,213						F	G	H
ANF	38,865						F	G	H
CKA	38,835						F	G	H
ANK	37,961							G	H
AKF	37,182							G	H
AKK	36,773								H

Foszfor-2015

Minták	LS means	Groups									
DKH	37,960	A									
DNK	28,692		B								
DNH	27,728		B	C							
CNH	27,451		B	C	D						
ANH	27,150		B	C	D						
DNA	26,355		B	C	D	E					
AKH	25,240			C	D	E					
CKH	24,766			C	D	E					
ANA	24,684			C	D	E					
AKA	24,543			C	D	E					
CNF	24,507			C	D	E					
DKK	24,446				D	E					
DKA	23,530					E	F				
AKK	23,497					E	F				
ANK	23,464					E	F				
AKF	21,186						F	G			
ANF	21,150						F	G			
CKF	21,145						F	G			
CNA	20,005							G	H		
CKA	16,840								H	I	
CKK	16,538									I	
DKF	15,280									I	
DNF	14,947									I	
CNK	10,922										J

Zink-2014

Minták	LS means	Groups														
DKH	0,689	A														
DKF	0,481		B													
DKA	0,480		B													
CNH	0,454			C												
CKF	0,443			C	D											
CNF	0,430			C	D	E										
ANH	0,423				D	E	F									
DNA	0,413					E	F									
DNH	0,399						F									
AKH	0,369							G								
ANA	0,368							G								
DKK	0,360							G	H							
CKH	0,356							G	H							
ANF	0,342								H	I						
CNK	0,320									I	J					
AKF	0,314										J	K				
DNK	0,299										J	K				
DNF	0,291											K				
CKA	0,261														L	
CNA	0,260														L	
CKK	0,242														L	
ANK	0,212															M
AKA	0,212															M
AKK	0,191															M

Zink-2015

Minták	LS means	Groups											
DKH	0,572	A											
AKH	0,422		B										
DNF	0,406		B										
ANH	0,363			C									
DNH	0,345			C	D								
AKK	0,344			C	D								
DNA	0,343			C	D	E							
DKF	0,324				D	E	F						
DNK	0,318					E	F	G					
AKA	0,313						F	G					
DKA	0,312						F	G					
ANA	0,297							G	H				
ANF	0,294							G	H				
AKF	0,293							G	H				
DKK	0,292							G	H				
CKH	0,282								H	I			
CKF	0,261									I	J		
ANK	0,260									I	J		
CNF	0,255										J		
CNH	0,226											K	
CKK	0,213											K	
CKA	0,181												L
CNA	0,154												M
CNK	0,137												M

M3. 8. táblázat: Előszáritmányok szinkordinátái

		L*		a*		b*	
		X	±SD	X	±SD	X	±SD
'Alto FI'	Nyers	20,22	0,020	10,55	1,550	2,30	0,530
	40 °C	20,27	0,280	9,64	0,131	2,77	0,120
	60 °C	20,16	0,425	10,24	1,003	3,52	0,301
	80 °C	19,51	0,319	7,84	1,265	2,16	0,370
'Cylindra'	Nyers	18,66	0,210	7,62	0,862	1,30	0,131
	40 °C	20,56	0,235	9,78	0,664	1,91	0,208
	60 °C	20,76	0,683	9,51	0,383	2,20	0,087
	80 °C	20,06	0,015	9,88	0,117	2,09	0,070
'Detroit'	Nyers	21,01	0,503	13,44	0,784	3,89	0,176
	40 °C	19,66	0,428	3,68	0,368	1,64	0,382
	60 °C	20,00	0,038	7,93	0,632	4,00	0,295
	80 °C	19,86	0,436	7,77	0,710	2,62	0,275

M3. 9. táblázat: Szárítmányok színkoordinátái

		L*		a*		b*				
		X	±SD	X	±SD	X	±SD			
'Alto Fl'	Nyers	20,20	20,23	0,08	10,47	10,55	0,08	2,32	2,30	0,02
		20,32			10,58			2,28		
		20,17			10,61			2,31		
	A60°C	19,05	19,01	0,05	4,22	4,27	0,06	2,17	2,18	0,04
		19,02			4,34			2,22		
		18,95			4,26			2,15		
	V40°C	18,14	18,15	0,06	4,31	4,37	0,07	2,17	2,20	0,03
		18,21			4,44			2,20		
		18,09			4,36			2,23		
	V50°C	16,48	16,54	0,05	4,29	4,31	0,03	2,19	2,19	0,03
		16,57			4,35			2,17		
		16,56			4,30			2,22		
	V60°C	15,25	15,27	0,09	4,45	4,38	0,07	2,36	2,35	0,04
		15,37			4,38			2,38		
		15,19			4,31			2,31		
	MV40°C	18,76	18,75	0,07	3,24	3,20	0,04	0,91	0,91	0,02
		18,68			3,17			0,93		
		18,82			3,19			0,89		
	MV60°C	18,67	18,54	0,13	2,31	2,26	0,06	1,08	1,07	0,04
		18,41			2,28			1,11		
		18,53			2,20			1,02		
	MV80°C	18,77	18,67	0,13	2,54	2,62	0,07	0,55	0,56	0,04
		18,73			2,68			0,61		
		18,52			2,64			0,53		
'Cylindra'	Nyers	18,77	18,66	0,10	7,54	7,62	0,07	1,30	1,31	0,06
		18,62			7,68			1,25		
		18,59			7,65			1,37		
	A60°C	18,12	18,23	0,10	4,49	4,58	0,10	2,79	2,80	0,05
		18,32			4,68			2,76		
		18,26			4,56			2,86		
	V40°C	17,32	17,27	0,05	3,62	3,55	0,09	2,34	2,31	0,04
		17,22			3,57			2,33		
		17,28			3,45			2,27		
	V50°C	18,28	18,32	0,04	4,56	4,54	0,05	2,82	2,82	0,07
		18,33			4,49			2,88		
		18,36			4,58			2,75		
	V60°C	19,25	19,33	0,07	6,87	6,94	0,06	3,28	3,29	0,09
		19,38			6,95			3,38		
		19,35			6,99			3,21		
	MV40°C	18,79	18,71	0,08	2,59	2,58	0,03	0,85	0,82	0,03
		18,63			2,61			0,81		
		18,72			2,54			0,79		
	MV60°C	20,99	20,84	0,13	1,64	1,58	0,06	1,35	1,32	0,04
		20,75			1,58			1,32		
		20,78			1,51			1,28		
	MV80°C	20,54	20,48	0,07	2,08	2,08	0,06	0,56	0,55	0,05
		20,49			2,14			0,59		
		20,41			2,02			0,49		
'Detroit'	Nyers	20,93	21,01	0,08	13,44	13,42	0,16	3,87	3,89	0,06
		21,02			13,56			3,96		
		21,09			13,25			3,84		
	A60°C	19,53	19,52	0,04	5,25	5,31	0,06	2,32	2,28	0,05
		19,55			5,37			2,23		
		19,48			5,32			2,29		
	V40°C	20,86	20,78	0,08	6,87	6,81	0,05	2,41	2,39	0,08
		20,71			6,79			2,46		
		20,78			6,78			2,31		
	V50°C	19,48	19,55	0,07	4,26	4,28	0,04	2,35	2,30	0,04
		19,61			4,32			2,27		
		19,56			4,25			2,28		
	V60°C	19,23	19,14	0,09	3,65	3,74	0,08	2,43	2,34	0,11
		19,15			3,81			2,38		
		19,05			3,77			2,22		
	MV40°C	18,96	18,95	0,11	0,91	0,88	0,03	1,75	1,73	0,03
		19,05			0,86			1,69		
		18,84			0,87			1,74		
	MV60°C	19,47	19,57	0,10	2,59	2,63	0,04	0,89	0,84	0,08
		19,67			2,67			0,74		
		19,56			2,62			0,88		
	MV80°C	19,44	19,42	0,09	0,53	0,46	0,06	0,92	0,91	0,04
		19,49			0,45			0,95		
		19,32			0,41			0,87		

M3. 10. táblázat: A céklaszárítványok betacianin-, betaxantion-, összes polifenol tartalmának és antioxidáns kapacitásának a statisztikai kiértékelése

Mért paraméterek	'Alto F1' – 'Cylindra'	'Alto F1'- 'Detroit'	'Cylindra'-'Detroit'
Betacianin tartalom	0,1824	4,09898E ⁻⁰⁵	2,04949E ⁻⁰⁵
Betaxantin tartalom	6,714E ⁻⁰⁵	0,5525	0,7483
Antioxidáns kapacitás	6,714E ⁻⁰⁵	0,5525	0,7483
Összes polifenol tartalom	0,04852	0,0015	0,1700

M3. 11.a táblázat: A céklaminták klorogénsav tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups	
'Alto F1' 40°C	0,021	A	B
'Alto F1' 60°C	0,039	A	B
'Alto F1' 80°C	0,071	A	B
'Alto F1' nyers	0,101	A	
'Cylindra' 60°C	0,058	A	B
'Cylindra' 80°C	0,034	A	B
'Cylindra' 40°C	0,018		B
'Cylindra' nyers	0,059	A	B
'Detroit' 40°C	0,029	A	B
'Detroit' 60°C	0,051	A	B
'Detroit' 80°C	0,066	A	B
'Detroit' nyers	0,080	A	B

M3. 11.b táblázat: A céklaminták rutin tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups							
'Alto F1' 40°C	0,096								G
'Alto F1' 60°C	0,187		B						
'Alto F1' 80°C	0,137				D				
'Alto F1' nyers	0,121					E			
'Cylindra' 60°C	0,109						F		
'Cylindra' 80°C	0,092							G	
'Cylindra' 40°C	0,157			C					
'Cylindra' nyers	0,127					E			
'Detroit' 40°C	0,195	A							
'Detroit' 60°C	0,079								H
'Detroit' 80°C	0,077								H
'Detroit' nyers	0,106						F		

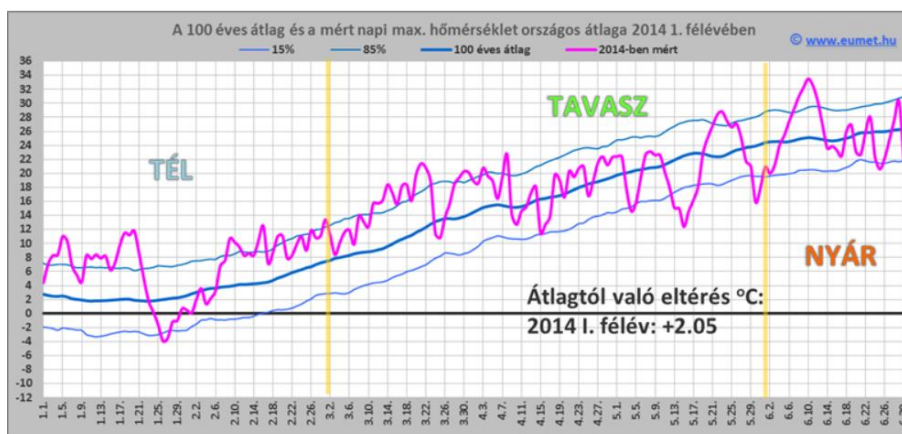
M3. 11.c táblázat: A céklaminták hidroxifahéjsav tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups						
'Alto F1' 40°C	0,008						F	G
'Alto F1' 60°C	0,032	A	B					
'Alto F1' 80°C	0,032	A	B					
'Alto F1' nyers	0,006							G
'Cylindra' 60°C	0,023				D			
'Cylindra' 80°C	0,030		B					
'Cylindra' 40°C	0,030		B	C				
'Cylindra' nyers	0,011					E	F	
'Detroit' 40°C	0,036	A						
'Detroit' 60°C	0,026			C	D			
'Detroit' 80°C	0,014					E		
'Detroit' nyers	0,011					E	F	

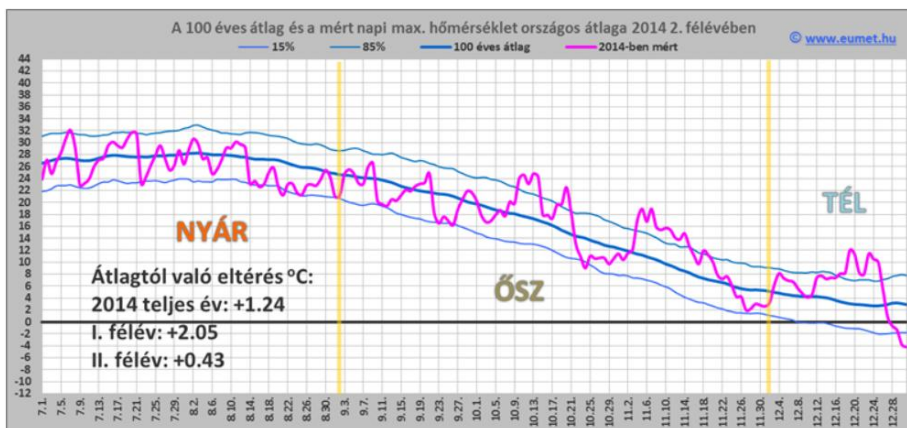
M3. 11.d táblázat: A céklaminták quercetin tartalmának statisztikai értékelése

Category	LS means	Groups
'Alto F1' 60°C	0,694	A
'Alto F1' 80°C	1,291	A
'Alto F1' nyers	1,499	A
'Cylindra' 60°C	4,894	A
'Cylindra' 80°C	0,938	A
'Cylindra' 40°C	1,085	A
'Cylindra' nyers	1,020	A
'Detroit' 40°C	4,123	A
'Detroit' 60°C	1,095	A
'Detroit' 80°C	2,225	A
'Detroit' nyers	0,849	A
'Alto F1' 60°C	3,769	A

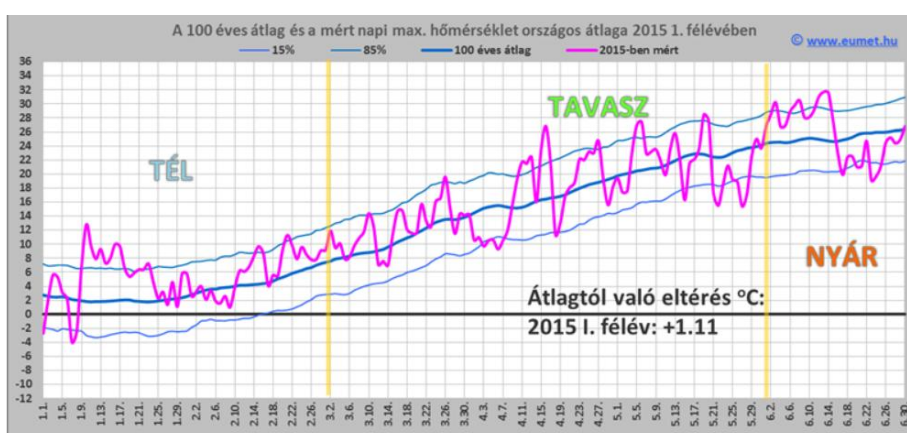
M4. ÁBRÁK



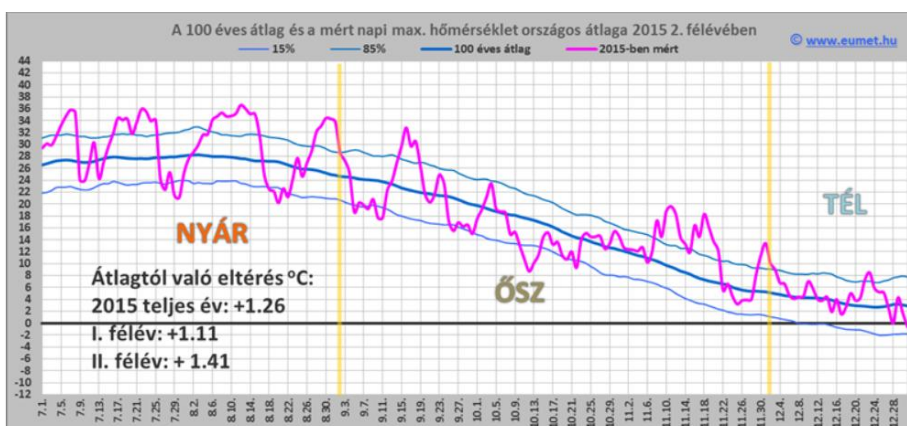
M4. 1. ábra: 2014 első félévében mért napi maximális hőmérséklet országos átlaga



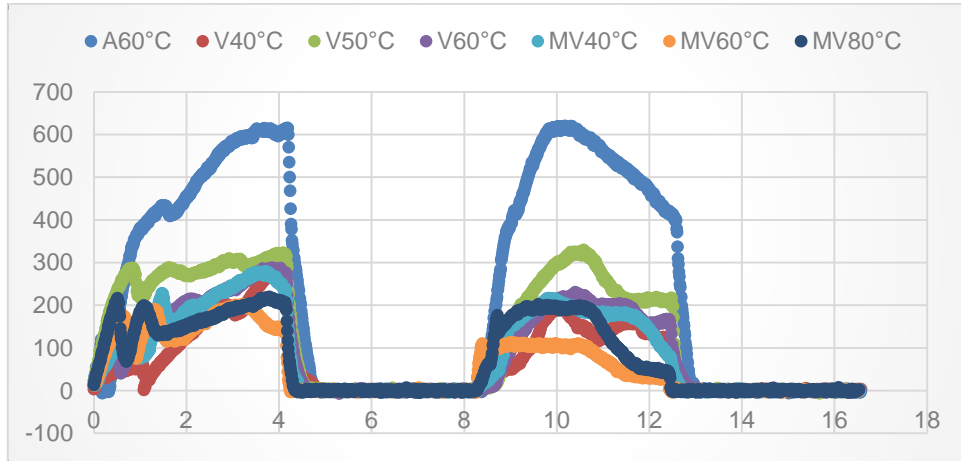
M4. 2. ábra: 2014 második félévében mért napi maximális hőmérséklet országos átlaga



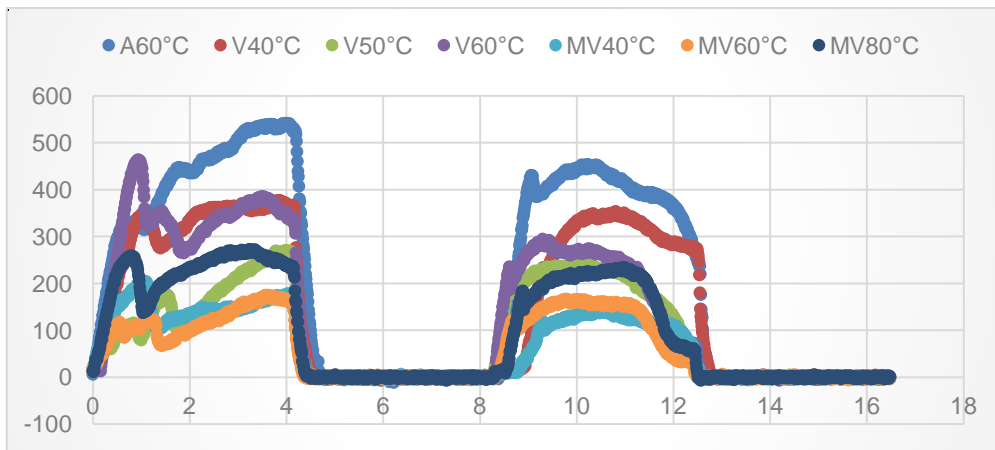
M4. 3. ábra: 2015 első félévében mért napi maximális hőmérséklet országos átlaga



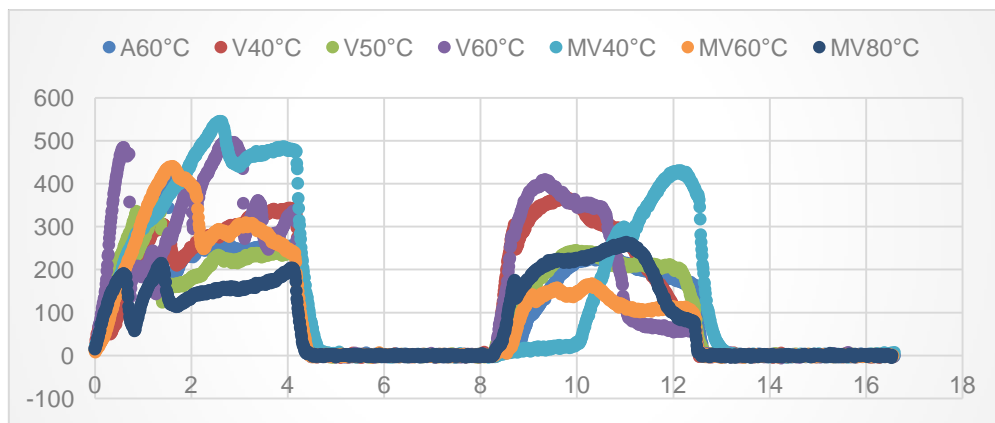
M4. 4. ábra: 2015 második félévében mért napi maximális hőmérséklet országos átlaga



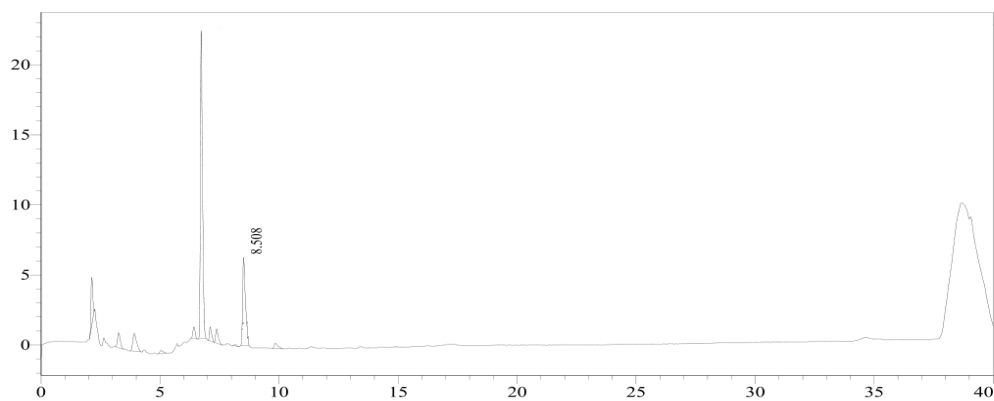
M4. 5. ábra: Az 'Alto F1' állománypofilja



M4. 6. ábra: 'Cylindra' állománypofilja



M4. 7. ábra: 'Detroit' állománypofilja



M4. 8. ábra: MV60°C szárítási módszerrel dehidratált 'Alto F1' céklafajta kromatogramja. A klorogénsav retenciós ideje: 8,508

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Mindenekelőtt kifejezném köszönetem az **Élelmiszertudományi Doktori Iskolának**, hogy lehetőséget kaptam kutatási tevékenységem elkezdésére és lefolytatására.

Szeretnék köszönetet mondani témavezetőmnek, **Stégerné dr. Máté Mónikának**, aki doktori tevékenységemet mindvégig segítette, kutatási munkámat javaslataival és útmutatásaival ellátta.

Köszönöm a Konzervtechnológiai Tanszék minden volt és jelenlegi dolgozójának, hogy segítették munkámat. Külön hálával tartozom **Komlós Gábornak**, akire mindig számíthattam a laboratóriumi méréseim során.

Köszönettel tartozom a termesztési kísérletek lefolytatásában és a helyszín biztosításában nyújtott segítségéért a Kísérleti Üzem és Tangazdaság vezetőjének, **Tóth Krisztiánnének** és munkatársainak.

Hálával tartozom **családomnak**, akik tanulmányaim során mindig támogattak, bíztattak és bátorítottak, a dolgozat írása alatt végtelen türelmesek és megértőek voltak.