



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet**

TDK dolgozat

**KERESKEDELMI FORGALOMBAN KAPHATÓ
CÉKLAFAJTÁK ÉS CÉKLALEVEK ÖSSZEHASONLÍTÓ
VIZSGÁLATA**

Csoszor Vivien

Témavezetők: Stefanovitsné Dr. Bányai Éva,
Dr. Mednyánszky Zsuzsanna

**Budapest
2022.**

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	1
2.	Célkitűzés.....	2
3.	Irodalmi feldolgozás.....	3
3.1	A cékla rendszertani besorolása, jellemzése.....	3
3.2	A cékla tápanyagtartalma	4
3.3	A cékla értékes beltartalmi komponensei	8
3.3.1	A cékla aminosav tartalma	9
3.3.2	Fenolos komponensek flavonoidok.....	10
3.3.3	Színanyagok	13
3.4	A cékla értékes bioaktív komponensei és azok egészségre gyakorolt hatásai.....	14
4.	Anyagok és módszerek.....	18
4.1	Kísérletek helyszínei.....	18
4.2	Felhasznált anyagok	18
4.3	Mintaelőkészítés	19
4.3.1	Céklarépák mintaelőkészítése	19
4.3.2	A céklalevek mintaelőkészítése	20
4.4	Vizsgálati módszerek.....	20
4.4.1	Szárazanyagtartalom meghatározás	20
4.4.2	Aminosav tartalom meghatározása	20
4.4.3	Összes polifenol tartalom meghatározása – TPC (Total Phenolic Content)	21
4.4.4	Antioxidáns kapacitás mérése – FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Capacity)	21
4.4.5	Színanyagok vizsgálata	22
4.4.6	Statisztikai módszerek.....	22
5.	Kísérleti eredmények és értékelésük	23
5.1	Szárazanyagtartalom.....	23

5.2	Szabad aminosav tartalom	24
5.3	Összes polifenol tartalom meghatározása – TPC (Total Phenolic Content)	26
5.4	Antioxidáns kapacitás mérése – FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Capacity).....	27
5.5	Színanyagok meghatározása.....	29
6.	Összefoglalás.....	32
7.	Irodalomjegyzék.....	35
8.	Köszönetnyilvánítás	40

1. Bevezetés

Az egészséges táplálkozás, mint fogalom, egyre nagyobb jelentőséggel bír napjainkban. A tudomány fejlődésével hatalmas fejlődésen ment keresztül a táplálkozás tudománya is, rengeteg új kutatás jelent meg, melynek köszönhetően a társadalom egy része sokkal nagyobb figyelmet fordít táplálkozására.

Míg évtizedekkel ezelőtt a háztartások többsége magának termelte meg a zöldségeket és gyümölcsöket, addig napjainkban az iparosodásnak és a felgyorsult életmódunknak köszönhetően egyre nagyobb figyelmet kell fordítanunk a fogyasztásukra, ugyanis előtérbe került a feldolgozott termékek előállítása, melyek kényelmi cikkeként hamar átvették a tápanyagdús zöldségek és gyümölcsök helyét.

Azonban az egészséges életmód előtérbe kerülésével egyre nagyobb a kereslet az egészséges élelmiszerek, így a zöldségek és gyümölcsök iránt is, hiszen a gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrendet széles körben ajánlják egészségjavító tulajdonságaik miatt. Vitathatatlan, hogy a zöldségek és gyümölcsök fontos szerepet töltenek be az egészség megőrzésében, hiszen olyan jótékony vegyületeket tartalmaznak, melyek rendszeres fogyasztása megakadályozná, vagy legalábbis lelassítaná a táplálkozással összefüggő betegségek kialakulását. Erre különösen nagy szükség lenne Magyarországon, hiszen hazánkban a vezető halálokok között szerepelnek a daganatos, valamint a keringési betegségek, melyek egy része a megfelelő táplálkozással elkerülhető lenne.

Hazánkban a cékla, többek között földes ízének köszönhetően, nem tartozik az általánosan kedvelt zöldségek közé, ezért leginkább savanyúságként terjedt el a fogyasztása. Azonban számos olyan pozitív tulajdonsággal rendelkezik, mely indokolná gyakoribb, változatosabb fogyasztását, ide tartozik például, hogy rendkívül magas a magnézium- és folsavtartalma, illetve fitokémiai vegyületek forrása, melyek hozzájárulnak a szív- és érrendszer egészségének megőrzéséhez. Gyulladáscsökkentő tulajdonsága mellett képes semlegesíteni a szervezetben található szabadgyököket antioxidáns vegyületeinek köszönhetően.

2. Célkitűzés

Az elmúlt évtizedekben a zöldségfogyasztási szokások megváltozásával előtérbe került a cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *rubra*) fogyasztása is, és egyre nagyobb szerepet tölt be étrendünkben. Magas tápértékének és értékes endogén komponenseinek köszönhetően nagy jelentőséggel bír a népbetegségek megelőzésében is. Az elmondottak alapján sokkal nagyobb figyelmet kellene fordítanunk a zöldségfogyasztásunkra, melyben egy olyan sokoldalú növénynek is helyet kellene adni, mint a cékla.

A mérések elvégzéséhez a céklákat piacról, a különböző bio céklaleveket kereskedelmi forgalomból szereztem be.

A céklafogyasztás pozitív élettani hatásait szerettem volna bebizonyítani, ezért dolgozatomban céljaim a következőket tűztem ki:

- A piacon, kereskedelmi forgalomban beszerezhető és leggyakrabban fellelhető gömb és hosszúkas morfológiájú céklák piaci szempontból is értékes beltartalmi tulajdonságainak meghatározása.
- Ezen belül szerettem volna meghatározni a konyhatechnológia által okozott esetleges értékcsökkenéseket.
- Ugyancsak a kereskedelmi forgalomban kapható bio céklalevek vizsgálatával, valamint azok összehasonlításával szerettem volna a köztük lévő különbségeket kimutatni.
- Mindezen vizsgálatok során mindkét eltérő minta szárazanyagtartalmát (csak a répatestnél), aminosav- és polifenoltartalmát, antioxidáns kapacitását, illetve színanyagtartalmát kívántam vizsgálni.
- Az alkalmazott vizsgálatokhoz az aminosavtartalom meghatározáson kívül a lehető legegyszerűbb vizsgálati módszereket szerettem volna kiválasztani, ezért a spektrofotometriás vizsgálatokat választottam.
- Az analitikai vizsgálatok során kapott eredményekből összefüggéseket próbálok kimutatni a választott termékeken belüli különbségek alapján.
- Végezetül javaslatokat szeretnék tenni a céklafogyasztás elősegítésére, valamint a vizsgált termékek közül a legmegfelelőbb termék kiválasztására.

3. Irodalmi feldolgozás

Magyarországon a kedvező földrajzi fekvés lehetővé teszi a zöldségek és gyümölcsök széles választékának termesztését. Évente több ezer tonna zöldség terem meg az országban, ugyanakkor ennek csak kis részét teszi ki a cékla termesztése. Átlagosan 1370 ezer tonna szabadföldi zöldséget termesztünk, ennek jelentős hányadát a szabadföldi paradicsom, a görögdinnye, a zöldborsó és a csemegekukorica adja.

2011 és 2019 között átlagosan 13,6 ezer tonna céklát termesztettünk, amely a szabadföldi zöldségek össz termésmennyiségének az 1 %-át adta évente. Sárgarépa esetén ez az adat 61,1 ezer tonna volt, mely mintegy 4 %-ot tett ki. Megállapítható tehát, hogy négyszer többet termelünk évente sárgarépából, mint céklából, köszönhetően többek között nagyobb népszerűségének a fogyasztók körében (FruitVeb, 2019).

Ha a cékla és a sárgarépa termőterületeinek alakulását vizsgáljuk 2011 és 2019 között, mindkét esetben megfigyelhető a növekedés. Azonban míg a cékla esetében 230 ezer hektárról 290 ezer hektárra nőtt, mely 26%-os növekedést jelentett, addig a sárgarépa esetén 29%-os termőterület növekedésről beszélhetünk, hiszen 1232 ezer hektárról 1600 ezer hektárra nőtt a bevetett terület nagysága. Ez az adat is szintén alátámasztja népszerűségét (FruitVeb, 2019).

3.1 A cékla rendszertani besorolása, jellemzése

A cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *rubra*), a Libatopfélék (*Chenopodiaceae*) családjába tartozik, mely nagyjából 1400 fajt foglal magába (Chhikara és mtsai., 2019). Termesztett növényeink közül rokon a cukor-, illetve takarmányrépával, valamint a mángolddal is. Az említett alfajok könnyen keresztezhetőek egymás között, hiszen szélporozta és idegentermékenyülő növények, így a vetőmagtermesztésnél is fokozott figyelmet kell fordítani erre. Eredetének helyét a Földközi-tenger környékére teszik, hiszen vélhetőleg onnan származik ősalakja, a *Beta vulgaris* L. var. *maritima* (Balázs, 1994; Kovács, 2011).

Kétéves növény lévén az első évben csak répatestet és tölevélrózsát fejleszt, majd ezután, a második évben alakítja ki a magszárat és a virágzatot, majd végül megjelenik a termése, a gomolyban álló csalmatok (Somos, 1975).

Megjelenését tekintve rendkívül sokféle lehet, találkozhatunk lapos, hengeres, illetve gömbölyű répatestekkel is. A különböző fajták színválasztéka is igen eltérő, a fehértől és sárgástól egészen a sötét vörösig mindenféle színű előfordul, legelterjedtebbek azonban a gömbölyű típusú, vörös színű fajták. Nem véletlen a gömbölyű fajta népszerűsége, hiszen

ezeket a talajhoz csak egy vékony karógyökér rögzíti, ezáltal a betakarítás sokkal kevesebb talajszennyeződéssel jár és sérülésmentesen oldható meg (Kovács, 2011; Hájos és mtsai., 2015).

3.2 A cékla tápanyagtartalma

A cékla kedvező élettani hatása (később) szoros összefüggést mutat a céklában előforduló értékes endogén komponensekkel. A cékla tápanyagösszetételének vizsgálata jelentősen felgyorsult, mióta előtérbe került bizonyított egészségvédő, pl. antitumor hatása, (Hájos és mtsai., 2015) melyet a kutatók többek között a vörös betacianinoknak, a C- és E vitaminok pozitív hatásainak, valamint az erjesztett termékek tejsavtartalmának tulajdonítanak (Kovács, 2011). Több tanulmány is kimutatta már, hogy a friss cékla beltartalmi értékeit egyaránt befolyásolják a különböző fajták genetikai tulajdonságai, valamint az ökológiai- és a termesztéstechnológiai körülmények is (Chhikara és mtsai., 2019). A cékla egyes beltartalmi összetevőinek bemutatásánál célszerű ezeket az értékes anyagokat a mindenki által használt répában előfordulókhöz hasonlítani, hiszen ebből a zöldségnövényből minden háztartás jelentős mennyiséget fogyaszt. Az egyes táblázatokon belül minden esetben igyekeztem a nagyobb értékkel rendelkező fajt megjelölni. Az 1. táblázat alapján megállapítható, hogy rendkívül kedvező a cékla tápanyagtartalma, akár diétázók is fogyaszthatják, hiszen 100 grammja csupán 31 kalóriát tartalmaz, ez köszönhető többek között alacsony zsírtartalmának is.

1. táblázat: A cékla és a répa energia összetevői 100 g nyers termékre vonatkoztatva (Bíró és Lindner, 1999)

Energia összetevők	Cékla	Répa
Energia (kJ/kcal)	130/31	168/40
Fehérje (g)	1,3	1,2
Zsír (g)	0,1	0,2
Szénhidrát (g)	5,9	8,1
Víz (g)	90,9	88,5
Hamu (g)	0,9	1
Nyersrost (g)	0,9	1

Fehérje tartalma nem számottevő, viszonylag nagyobb szénhidrát tartalmát pedig Bíró és Lindner (1999) szerint, csak a szacharóztartalma adja, így a répával ellentétben nem tartalmaz sem glükózt, sem pedig fruktózt (2. táblázat). Azonban Souci és mtsai. (1986) azt állapították meg, hogy a cékla a jelentősebb szacharóz tartalom mellett, ugyan kisebb

mértékben, mint a répa, de tartalmaz glükózt, illetve szacharózt is. Véleményem szerint az általuk alkalmazott vizsgálati módszerekben voltak különbségek, és ez vezethetett ahhoz, hogy eltérő eredmények születtek.

2. táblázat: A cékla és a répa szénhidráttartalma 100 g nyers termékre vonatkoztatva (Souci és mtsai., 1986; Bíró és Lindner, 1999)

Szénhidráttartalom (g/100g)	Cékla	Répa	Cékla
Szacharóz	7,78	3,65	7,75
Glükóz	0	0,9	0,38
Fruktóz	0	0,65	0,35
Forrás	Bíró és Lindner (1999)		(Souci és mtsai., 1986)

Ahogy a 3. táblázat mutatja, élelmirost tartalma is nagyon kedvező, 100 grammja több mint 4 grammot tartalmaz, melynek nagy része vízben nem oldódó formában van jelen. Jelentősebb rosttartalmának köszönhetően elősegíti a bélperisztaltikát, mely segít a székrekedés megelőzésében (Babarykin és mtsai., 2019; Chhikara és mtsai., 2019).

3. táblázat: A cékla és a répa élelmirost-tartalma (Bíró és Lindner, 1999)

Élelmirost-tartalom (g/100g)	Cékla	Répa
Vízben nem oldódó	2,71	1,44
Vízben oldódó	1,53	1,83
Össz. Élelmirost	4,24	3,27

A cékla ásványianyagokban is rendkívül gazdag, számos makro- és mikroelem található meg benne (4. táblázat). A szervezet ionháztartásában szerepet játszó elemek (Na, K, Ca, Mg) összehasonlító vizsgálatakor megállapítható, hogy a Na, Ca, és a Mg nagyobb mennyiségben fordul elő a céklában, mint a répában. A kisebb mennyiségű kálium tartalma a vesebetegek céklafogyasztásánál lehet jelentős. A közel azonos vastartalma mellett a szervezetben előforduló számos enzim működéséhez szükséges elemek, mint a Cu, Zn, Mn, Co, Cr és Ni nagyobb mennyiségben fordul elő a céklában, biztosítva ezzel a zavartalanabb enzimműködést, kedvező élettani hatást. Ugyanakkor ne feledkezzünk meg ezen elemeknek az energiaháztartásban (ATP), az elektrontranszportban betöltött szerepéről sem.

4. táblázat: A cékla és a répa ásványianyag-tartalma mg-ban kifejezve, 100 g nyers termékre vonatkoztatva (Bíró és Lindner, 1999)

Ásványianyag-tartalom (mg/100g)	Cékla	Répa
Nátrium	98	70
Kálium	260	360
Kalcium	35	28
Magnézium	87	35
Vas	0,6	0,7
Foszfor	30	43
Réz	0,087	0,044
Cink	0,337	0,32
Mangán	0,54	0,102
Kobalt	0,009	0,005
Króm	0,005	0,004
Nikkel	0,052	0,017

Számos tanulmány megállapította már, hogy a zöldséglevelek tápanyagban gazdagabbak, mint a répatest (Hodossi és mtsai., 2010; Kovács, 2011). Magnézium esetén elmondható, hogy míg a levél átlagosan 170 mg-ot, addig a héj rész 44-, a hús rész már csak 22 mg-ot tartalmaz 100 grammban (Kovács, 2011). Mindezek mellett megállapítható az is, hogy a cékla egy jó és értékes magnézium forrás, különös tekintettel a téli hónapokban. Kiemelten fontos odafigyelnünk a megfelelő magnéziumbevitelre, hiszen nagy mennyiségben előforduló elem a szervezetben, hiánya komoly egészségi problémákkal járhat. Mindemellett több mint 400 enzimreakció kofaktora, különösen fontos szerepet tölt be az ATP szintézisnél. Továbbá elengedhetetlen az RNS-, illetve DNS szintézishez, a fehérjeszintézishez, szaporodáshoz, nélkülözhetetlen az izomösszehúzódáshoz, a vérnyomás, inzulin anyagcsere, szívingerlékenység, valamint az idegátvitel szabályozásához is. Az emberi szervezetben betöltött számos szerepe miatt fontos szerepet játszik jó néhány betegség megelőzésében, összefüggéseket találtak ugyanis az alacsony magnéziumszint, valamint az Alzheimer-kór, inzulinrezisztencia, 2-es típusú cukorbetegség, magas vérnyomás, migrénes fejfájás, illetve a szív-és érrendszeri betegségek előfordulása között (Gröber és mtsai., 2015; Swaminathan, 2003).

Vitamintartalma sem elhanyagolható, az 5. táblázat jól szemlélteti, hogy jelentős mennyiségű folsavat, C-, valamint B1- és B2 vitamint tartalmaz. Számos zöldség, illetve

gyümölcs bővelkedik C-vitaminban, így a cékla is, azonban több kutatás is arról számol be, hogy jelentős C-vitamin tartalma leginkább a héjában koncentrálódik (Székely és mtsai., 2019). A C-vitamin azonkívül, hogy természetes antioxidánsként részt vesz a szervezetben felhalmozódott szabadgyökök semlegesítésében, rendkívül sok pozitív élettani hatással rendelkezik, melyeket az elmúlt évtizedekben fedeztek fel (Camarena és Wang, 2016). Ide tartozik az immunrendszerre gyakorolt serkentő hatása, a vér glutationszintjének emelése, továbbá csökkenti az ateroszklerózis (érelmeszesedés) kialakulását azáltal, hogy gátolja az LDL oxidatív károsodását. Képes növelni a vérbeli HDL szintet, fontos szerepet tölt be a neurotranszmitterek szintézisében, befolyással van az idegrendszerre, valamint jótékony tulajdonságai közé sorolják még, hogy rákkeltő nitrozaminok keletkezését is gátolja (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

5. táblázat: A cékla és a répa vitamintartalma 100 g nyers termékre vonatkoztatva (Bíró és Lindner, 1999)

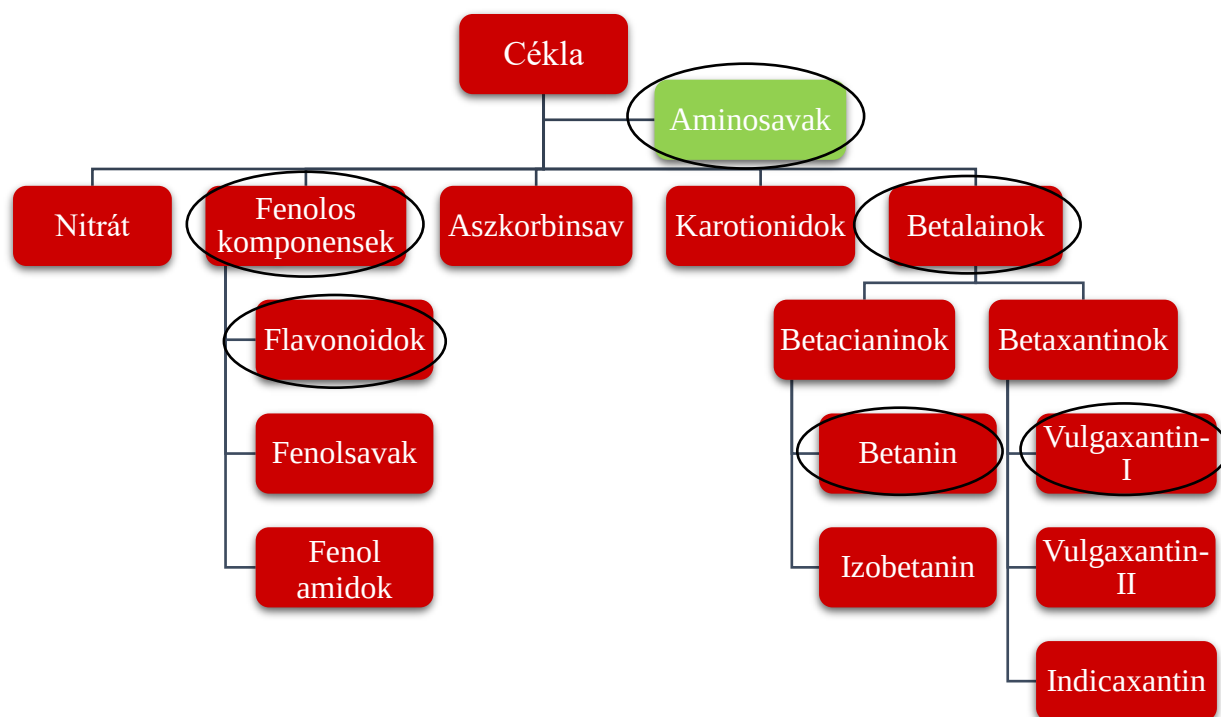
Vitamintartalom	Cékla	Répa
Retinol - A (µg)	0	0
Karotin (mg)	0	12
Kalciferol - D (µg)	0	0
Tokoferol - E (mg)	-	0,7
Tiamin - B1(µg)	25	50
Riboflavin - B2 (µg)	35	50
Niacin PP faktor (mg)	0	1,5
Pantoténsav (mg)	-	0,3
Piridoxin - B6 (mg)	0,07	0,2
Biotin (µg)	5	3,6
Folsav (µg)	73	6,4
Cianokobalamin (µg)	0	0
Aszkorbinsav - C (mg)	13	3

A legújabb tanulmányok rámutattak a céklalevél fontosságára, ugyanis a leveles zöldségek, mint a cékla, a spenót vagy a sóska nagy mennyiségben tartalmazzak folsavat (Chew és mtsai., 2012; Vargas-Rubóczki és Takács-Hájos, 2019). A folsav jelentősége abban rejlik, hogy képes megelőzni az idegcső rendellenességeket (Ashfield-Watt és mtsai., 2002), a szív-és érrendszeri-, valamint a neurodegeneratív betegségeket (Stuart és mtsai., 2004), a vastagbélrákot (Jennings és Willis, 2015), illetve az Alzheimer-kórt is (Yoo és mtsai., 2000).

Az elmúlt években jelentős előrelépések történtek a biotin biokémiai, fiziológiai, illetve táplálkozásélettani hatásainak a megismerésével kapcsolatban is. Jól tudjuk, hogy számos kritikus anyagcsere reakcióban (lipidanyagcsere, anaplerotikus reakciók) vesz részt a sejtekben, így elengedhetetlenül fontos a normál emberi egészséghez, fejlődéshez és növekedéshez. Mi sem bizonyítja ezt jobban, mint a biotinhoányos állapotban fellépő súlyos klinikai rendellenességek, mint például a növekedési retardáció, vagy a neurológiai- és bőrgyógyászati rendellenességek (Said, 2012).

3.3 A cékla értékes beltartalmi komponensei

Miután a munkám során számos endogén komponens meghatározása történt, ezért a következőkben azokra az endogén komponensekre térnek ki egy kicsit részletesebben, amelyekkel kapcsolatban konkrét vizsgálatok történtek. Mindezek előtt egy összefoglaló ábrán (1. ábra) kívánom bemutatni mindazokat az összetevőket, amelyek a céklára jellemzőek. Az eredeti ábrát kiegészítettem az általam is vizsgált, és véleményem szerint igen fontos alkotóval, az aminosavakkal. Bekarikáztam azokat a komponenseket, amelyek vizsgálatára sor került.



1. ábra: A céklában található bioaktív komponensek (Clifford és mtsai., 2015)

Ahogy az 1. ábra is mutatja, a cékla fitokémiai vegyületek gazdag forrása, nitrátokon kívül tartalmaz még aszkorbinsavat, karotinoidokat, fenolos komponenseket, valamint bioaktív vegyületeket, betalainokat is.

Először az eredeti ábrában nem szereplő, de az általam vizsgált aminosavak bemutatásával kezdeném a sort.

3.3.1 A cékla aminosav tartalma

A fehérjét felépítő aminosavakról elmondható, hogy olyan szerves vegyületek, melyek szerkezeti felépítésére jellemző, hogy egy szabad amino- valamint karboxilcsoport, illetve egy R oldallánc is megtalálható a molekulán (Sarkadi, 2007).

A cékla számottevő mennyiségű esszenciális és nem esszenciális aminosavat tartalmaz szabad és fehérjéhez kötött formában (6.táblázat). Dolgozatom témája szempontjából ezek közül a legfontosabbak a szabad formában jelen levő metionin, a cisztein és cisztationin (cisztationin köztitermék a cisztein bioszintézisében), valamint a glicin és a glutaminsav, ezeket színes háttérrel jelöltem.

6. táblázat: A céklában előforduló aminosavak 100 g nyers termékre vonatkoztatva (Nemzer és mtsai., 2011)

Aminosav	Mennyiség (mg/100g)	Aminosav	Mennyiség (mg/100g)
Triptofán	0,019	Cisztein	0,019
Izoleucin	0,048	Arginin	0,042
Leucin	0,068	Hisztidin	0,021
Lizin	0,058	Alanin	0,06
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

A kényes aminosavak, a cisztein és a metionin, nélkülözhetetlenek az emberi szervezet számára, ugyanis kiemelkedően fontos szerepet töltenek be elsődleges, illetve a másodlagos anyagcsere folyamatokban (Wirtz és Droux, 2005). A szerin családba tartozó cisztein (Sarkadi, 2007) rendkívül reakcióképes tiolcsoportjának köszönhetően prekursorként részt vesz a biomolekulák, mint például az antioxidánsok, vitaminok és a kofaktorok szintézisében (Wirtz és Droux, 2005). A szintén kényes, az aszparaginsav családba tartozó metionin egy esszenciális aminosav, tehát nélkülözhetetlen a szervezet számára. A ciszteinhez

hasonlóan a metionin is fontos szerepet tölt be a növényekben, elengedhetetlenül fontos a mRNS transláció beindításában, valamint az S-adenozil-metioninon keresztül biomolekulák prekursora (Leustek és mtsai., 2000; Lu, 2000). A növényekkel, gombákkal, baktériumokkal ellentétben az emberi és állati szervezet nem képes lebontani a szulfátot, ezért táplálékkal szükséges fedezni a megfelelő kénbevitelt, így a növények a legfontosabb esszenciális kéntartalmú aminosavforrásaink (Wirtz és Droux, 2005). Továbbá az is elmondható, hogy a metionin, valamint a cisztein tioltartalmú vegyületek, így természetes antioxidánsokként részt vesznek a szervezetben a kismolekulás védelemben (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

A glutaminsav és a glicin jelentősége abban rejlik, hogy mindkét aminosav a glutation antioxidáns prekursora. A glutaminsav családba tartozó glutaminsav központi szerepet tölt be a növények aminosav anyagcseréjében, hiszen jó néhány aminosav prekursora (Forde és Lea, 2007). A glutamát α -aminocsoportja különböző multispecifikus aminosztransferázok segítségével könnyen átkerülhet más aminosavakra. Ezenkívül szénváza, valamint α -aminocsoportja is az arginin, a prolin és a γ -amino-vajsav szintézisének kiindulási alapjául szolgál (Forde és Lea, 2007). A glicinről, mely szintén a szerin családba tartozik; megállapították, hogy az emberi szervezetben szerepe van a szövetek védelmében az iszkémia (vérrellátás csökkenése), hypoxia (oxigénhiányos állapot) és a reperfüzió (vérrellátás csökkenése) ellen (Hall, 1998). Fontos élettani szerepe van a kollagén és az elasztin szintézisében, mely során a durva felszínű endoplazmatikus retikulumon (fehérjésintézis helyszíne) kialakulnak a kollagén- és elasztinrostok, prokollagénből, valamint proelasztinból. Ezenkívül szerepe van az antioxidáns rendszer modulálásában is, hiszen a glutation tripeptid egyik fontos alkotóeleme, mely antioxidáns molekula révén véd a szabadgyökök káros hatásai ellen. Továbbá a glicin elősegítheti az ammónia méregtelenítését, mivel szubsztrátot biztosít a glutamát szintéziséhez (Hoseini és mtsai., 2022). Rendkívül sokrétű aminosav tehát, annak ellenére, hogy nem esszenciális.

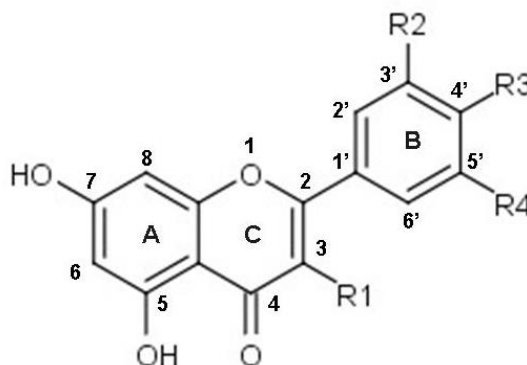
3.3.2 Fenolos komponensek flavonoidok

A **fenolos vegyületek** növényi metabolitok egy csoportját alkotják, rendkívül jelentősek a növényi alapú élelmiszerek minősége szempontjából. A cékla nagy mennyiségű fenolos vegyületet és flavonoidokat tartalmaz, a benne lévő összes fenolsav tartalmat 50-60 $\mu\text{mol/g}$ szárazanyagra becsülték. Továbbá, azt is megállapították, hogy a cékla héj része rendelkezik a második legmagasabb értékkel az összes fenol koncentrációt tekintve (Tamilselvan és mtsai., 2014).

Jelentős az érdeklődés manapság a másodlagos növényi metabolitok, mint táplálkozási védőanyagként betöltött szerepük iránt, különösen a flavonoidok, illetve rokon vegyületeik váltak a humán táplálkozáskutatás egyik fő kutatási területévé. A hagyományos vitaminokkal ellentétben nem nélkülözhetetlenek az általános jó közérzethez, azonban egyre több bizonyíték és kutatás utal arra, hogy a megfelelő zöldség és gyümölcs fogyasztás mellett hosszú távon képesek csökkenteni az előfordulását számos nyugati, krónikus betegségnek (Rodriguez-Mateos és mtsai., 2014).

A polifenolok olyan másodlagos növényi metabolitok, melyek antioxidáns tulajdonságokkal és számos specifikus biológiai tulajdonsággal rendelkeznek. Már több ezret azonosítottak magasabb rendű növényekben, illetve több százat pedig ehető növényekben. Kémiai szerkezetük alapján több csoportba sorolhatjuk őket, megkülönböztetünk fenolsavakat, flavonoidokat, sztilbéneket és lignánokat (Scalbert és mtsai., 2005).

A flavonoidok kémiai szerkezetét tekintve C₆-C₃-C₆ alapvázból (2. ábra) állnak.

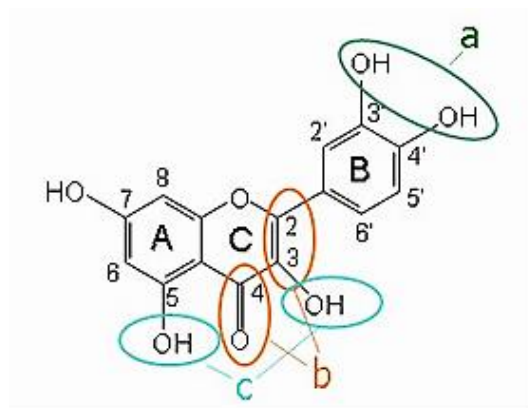


2. ábra: A flavonoidok alapszerkezete (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012)

A polifenolok nagy antioxidáns/redukáló kapacitása azt jelenti, hogy fontos részét képezik a növények védekező mechanizmusának, köszönhetően többek között annak is, hogy stressz hatására szintetizálódnak.

A növényekben előforduló polifenoloknak a mennyisége és minősége nagyban függ az adott növény genetikájától, a fenológiai fázisától, a termesztési feltételektől és nem utolsósorban a növényt ért biotikus, vagy abiotikus stresszhatástól. Ami a termesztési körülményeket illeti, kutatások azt bizonyítják, hogy szintetikus növényvédő szerek és műtrágyák használata nélkül a biogazdálkodással nagyobb polifenoltartalmú növények állíthatók elő, hiszen növényvédő szerek hiányában a növények maguk termelik természetes védekező anyagaikat, köztük a fenolos vegyületek is (Carillo és mtsai., 2019).

Azt, hogy a növényben előforduló polifenolos vegyületek rendelkeznek-e kedvező élettani hatással, ami szoros összefüggést mutat az antioxidáns kapacitással, az adott vegyület szerkezete határozza meg. A szerkezeti képletéhez kapcsolódóan meg kell jegyezni, hogy az antioxidáns tulajdonságát csak abban az esetben tudja kifejteni, ha a következő szempontoknak megfelelnek az egyes képviselőik (3. ábra):



3. ábra: Flavonoidok gyökfogyó képességének szerkezeti feltételei (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012)

- A két szomszédos szénatomon hidroxil csoportok jelenléte többnyire a B gyűrűn (a)
- Kettős kötés a 2. és 3. szénatom között
- Oxo csoport jelenléte (b)
- Hidroxilcsoportok megléte a 3. és az 5. szénatomon (c)

Miután a dolgozatomban használt analitikai módszerek között a polifenoltartalom és az antioxidáns kapacitás meghatározása is szerepel, ezért néhány szót ejtenék az ehhez kapcsolódó mérési módszerekről.

Az antioxidáns/redukáló kapacitás mérésére számtalan módszert fejlesztettek ki, melyeket két nagyobb csoportba tudunk sorolni:

- Hidrogénatom átmenettel (HAT-hidrogen atom transfer) és
- Elektronátmenettel (ET-electron transfer) kapcsolatos módszerek

A HAT tesztek azt mérik, hogy egy adott szabadgyökkel szemben a minta mennyire hatásos, milyen a szabadgyökbefogyó képessége, ide tartozik többek között az ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) és a TRAP (Total peroxil Radical Trapping Parameter) módszer, kemilumineszcencián alapuló módszerek, a krocin-, valamint a béta-karotin elszíntelenedésén alapuló módszerek és a fotokemilumineszcencia is (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

Ezek a mérési módszerek általában nehezebben kivitelezhetők, számos esetben drága műszer beszerzését teszik szükségessé, így a rutinmeghatározásoknál ritkábban alkalmazzák.

Ezzel szemben az elektronátmenettel kapcsolatos mérések könnyebben kivitelezhetők, nem igényelnek drága műszereket, a mérések spektrofotométer segítségével elvégezhetők, és a vegyszerigényük is kedvezőbb. Ezek az ET reakciók általában *színváltozással* járnak, és ennek mértékéből lehet az antioxidáns kapacitásra következtetni. Ide soroljuk a TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) és DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) módszereket, valamint az általam is alkalmazott FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) és TPC (Total Polyphenol Content) módszereket is, melyeket részletesebben az Anyagok és módszerek című fejezetben ismertetek (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

A két módszernek (HAT és ET) nem kell szükségszerűen egymással korrelálni, hiszen egy minta redukálóképessége nem feltétlen függ össze a gyökbefogó képességével.

3.3.3 Színanyagok

A cékla jellegzetes, élénk színét nitrogéntartalmú pigmentek, a **betalainok** adják, melyek vízben oldódnak, illetve tirozin aminosavból szintetizálódnak. A betaint először céklagyökérből vonták ki, kivonatából nagy tisztaságú por állítható elő, közel 99%-os (Hájos és mtsai., 2015). Megtalálható különböző növényi szövetekben, a sejtvakuólumokban halmozódnak fel, főleg az epidermális és szubepidermális szövetekben (Liliana és Oana-Viorela, 2020). Átlagosan egy céklában 1000 mg/100 g betalain található meg szárazanyagra, illetve 120 mg/100 g friss tömegre vonatkoztatva (Nemzer és mtsai., 2011). A betalainokat két csoportra tudjuk osztani, a vörös színű betacianoinokra, illetve a sárga színű betaxantinokra (Clifford és mtsai., 2015), melyek mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya teszi sokszínűvé külsejét, változatossá megjelenését. A betacianin legnagyobb részét a betanin képezi, átlagosan 75-95%-át, mely fajtától függően akár 30-100 mg/kg mennyiség is lehet. Továbbá azt is fontos megemlíteni, hogy a cékla rendkívül magas betain tartalommal rendelkezik, kb. 300-600 mg/kg-ot tartalmaz (Hájos és mtsai., 2015).

A **karotionidok** is a fitokemikáliák egyik csoportját alkotják, ők felelősek a zöltségek és gyümölcsök színeiért, valamint létfontosságú a szerepük a halálos betegségek megelőzésében is. A céklában megtalálható karotinoidok erős antioxidánsként, antikarcinogénként, valamint immunerősítőként hatnak. A cékla levelei β -karotint és xantofilként ismert oxigéntartalmú származékokat, például luteint tartalmaznak, nagyjából 1,9 mg/100 g mennyiségben (Chhikara és mtsai., 2019; Rebecca és mtsai., 2014)

3.4 A cékla értékes bioaktív komponensei és azok egészségre gyakorolt hatásai

A gyümölcsök és a zöldségek kétségkívül fontos részét képezik az egészséges életmódnak, a gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrend egészségügyi előnyei valószínűleg kimeríthetetlenek. A zöldség-gyümölcs fogyasztás a korszerű táplálkozásban nagymértékben hozzájárul a betegségek megelőzéséhez, ide tartozik például a szív- és érrendszer egészségének megőrzése, a szabadgyökök elleni védelem, a prosztata-, tüdő-, száj- és torokrák, valamint a székrekedés, divertikulózis, cukorbetegség és elhízás. Sok tanulmány igazolja, hogy a gyümölcsök és zöldségek fogyasztása segít a védekezésben számos, az öregedéssel járó krónikus betegséggel szemben, mint a rák, a szív- és érrendszeri, valamint májbetegségek, illetve agyi- és immunműködési zavarok megelőzésében, kielégítve ezzel a funkcionális élelmiszerek szerepét (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012; Slavin és Lloyd, 2012). Ezeket a természetes védőhatásokat különféle összetevőknek tulajdonítják, mint például a rostok, ásványi anyagok, vitaminok, karotionidok, antocianinok, polifenolok és egyéb fitokemikáliák. Az utóbbi években egyre nagyobb érdeklődés övezi a cékla biológiai aktivitását, illetve a potenciális hasznosságát az egészségmegőrzés és a betegségek megelőzésének terén, ezáltal funkcionális élelmiszernek tekinthető (Liliana és Oana-Viorela, 2020).

Napjainkban a funkcionális élelmiszerek egyre nagyobb teret nyernek a piacon, a fogyasztók nagy része preferálja őket és illeszti be az étrendjébe egészsége megőrzése érdekében. Az elmúlt években a cékla egy népszerű funkcionális élelmiszerré nőtte ki magát. Annak ellenére, hogy a céklát régóta használják az európai országok konyhájában, sokan nincsenek tisztában azzal, hogy milyen értékekkel is rendelkezik valójában. Mindamelllett, hogy friss zöldségként ismerik, illetve használják italokban, cukorkákban, tejtermékekben, kutatások bizonyítják, hogy számos pozitív tulajdonsággal rendelkezik, melyek elősegítik a betegségek kezelését, valamint megelőzését (Chen és mtsai., 2021; Shashirekha és mtsai., 2015).

A céklát antioxidáns aranybányaként is ismerik, hiszen sok más színes zöldséghez, pl. padlizsánhoz, piros paprikához, görögdinnyéhez hasonlóan, nagyon nagy az antioxidáns/redukáló kapacitása (Singh és Hathan, 2014; Guldiken és mtsai., 2016), a benne levő polifenol-, flavonoid- és pigment tartalomnak köszönhetően (Clifford és mtsai., 2015; Fidelis és mtsai., 2017).

A cékla fő betalainja a **betanin**, amely fenolos és ciklikus amincsoportokat tartalmaz, így antioxidánsként funkcionál (Babarykin és mtsai., 2019), ezenkívül gyulladáscsökkentő tulajdonsága is van (Monteiro és Azevedo, 2010), ugyanis a belőle készült kivonatok védik az erek vékony bélését (Miraj, 2016), így csökkentve a gyulladást.

A betanin antioxidáns hatása révén képes a káros oxidációs folyamatokat gátolni a szervezetben, immunerősítő tulajdonságokkal rendelkezik, továbbá hozzájárul a szív- és érrendszeri betegségek, a neurodegeneratív rendellenességek, valamint a rák megelőzéséhez, ugyanakkor jelentős antimikrobiális és vírusellenes hatásokat is tulajdonítanak neki (Liliana és Oana-Viorela, 2020).

Egy tanulmány szerint a betanin és aglikonbetanidinje is rendkívül nagy antioxidáns aktivitással rendelkezik (Wootton-Beard és Ryan, 2011), ugyanis hatékonyan találták a lipidperoxidáció prevenciójában (Chhikara és mtsai., 2019; Tamilselvan és mtsai., 2014).

A betanin, a kolin oxidatív származékaként az emberi szervezetbe bekerülhet közvetlenül táplálékkal, vagy akár kolin formájában is (Lever és Slow, 2010; Rivoira és mtsai., 2017). A kolinnak számos fontos funkciója van, többek között metil csoportok forrása, melyek az elsődleges metil-donor, az S-adenozil-metionin előállításához szükségesek. A foszfatidilkolin, mint kolinszármazék, szükséges a zsír májból történő exportálásához. A kolinból képződő betain fontos ozmolit a vese glomerulusában (szűrőrendszer), illetve a víz visszaszívódását is segíti a vesetubulusból (Zeisel & Caudill, 2010). A betanin legfontosabb pozitív tulajdonságai közé tartozik, hogy véd az alkohol által előidézett májkárosodás ellen, szerves ozmolitként funkcionál, metil-donor a homocisztein remetilezésében, valamint biológiailag fontos a rák kialakulásában (Craig, 2004). Képes csökkenteni a homociszteinszint emelkedését étkezés után, ezért a betainban és kolinban gazdag étrend jótékony hatással lehet a szív-és érrendszerre. Ugyanakkor egyes tanulmányok azt mutatják, hogy a magas betainbevitel növelheti a szérum lipidkoncentrációt, amely viszont növeli a szív-és érrendszeri betegségek kockázatát (Rivoira és mtsai., 2017).

A betainnal ellentétben kevésbé szignifikáns összefüggést találtak az antioxidáns kapacitás és a sárga pigment tartalom között, tehát elmondható, hogy a **vulgaxantin** kevésbé jótékony hatású (Czapski és mtsai., 2009).

A céklában található **folsav** segít a rák megelőzésében, a B-vitaminnal együtt pedig hozzájárul az idegrendszer megfelelő működéséhez (Székely és mtsai., 2016). Rendszeres fogyasztása véd az oxidatív stressz okozta betegségektől és elősegít fenntartani a megfelelő emésztést (Chandran és mtsai., 2014). Láz kezelésére is kiválóan alkalmazható, valamint réztartalma hozzájárul a benne található vas felszívódásához (Chhikara és mtsai., 2019).

A céklalé mellett, hogy jótékonyan hat a bőrre, egy kevés ecettel összekeverve képes megakadályozni a korpásodást, valamint enyhíti a fekélyesedést, a fekélyes sebeket. Nagy mennyiségben tartalmaz bórt, mely elősegíti a nemi hormonok termelését. További előnyös tulajdonságai közé sorolható, hogy a céklalé fogyasztása pozitívan befolyásolja a testmozgásra adott biológiai reakciókat és javítja a szív-és érrendszer egészségét (Wylie és mtsai., 2013), köszönhetően a nitrogén monoxid gyors endogén szintézisének (Gilchrist és mtsai., 2013). Ezenkívül a céklalevet jó vértisztítóként is ismerik, valamint jó vérépítőként azonosítják, hiszen magas vas tartalommal rendelkezik, illetve regenerálja és újraéleszti a vörösvértesteket, elősegítve ezzel a friss oxigén szállítását a szervezetben (Coles és Clifton, 2012; Chhikara és mtsai., 2019).

A céklatermékek fogyasztása szinte minden emésztőrendszeri szervre pozitív hatással van, többek között a hasnyálmirigyre, a májra, valamint a vastagbélre is. „Belső tisztító”-ként is ismerik, azonban számos, embereken, illetve állatokon végzett tanulmány bizonyította, hogy tisztító hatása a benne található élelmi rostoknak köszönhető, melyek javítják a bél perisztaltikáját (Bobek és mtsai., 2000).

A céklalének koleszterincsökkentő hatása is van, ugyanis serkenti a koleszterin és a koleszterin metabolitok bélből történő kiválasztását (Fugh-Berman és mtsai., 2004). Valószínűleg ez a mechanizmus felelős a hipokoleszterinémias hatásáért. Továbbá, mind a nagyobb cellulóz-, mind pedig a magasabb étrendi rosttartalom csökkenti a rákmegelőző elváltozások előfordulását a vastagbélben, a cékla pedig kiváló forrása mindkét anyagnak (Babarykin és mtsai., 2019).

A legújabb tanulmányok meggyőző bizonyítékot szolgáltatott arra vonatkozóan, hogy a céklafogyasztás olyan jótékony élettani hatásokkal rendelkezik, melyek hozzájárulnak számos betegség esetén a betegek állapotának javulásához, például magas vérnyomás, 2-es típusú cukorbetegség, érelmeszesedés, vagy demencia esetén. Különösen a magas vérnyomásra gyakorolt hatását tanulmányozták, és az eredmények alapján megállapítható, hogy a céklalé és a céklás kenyér egyaránt csökkentették a szisztolés és a diasztolés vérnyomást is. A cékla érrendszerre gyakorolt hatása nagyrészt nagy szervesen **nitrát** tartalmának tulajdonítható, mely friss cékla esetén 250 mg is lehet 1 kg-ban. A nitrátnak önmagában nincs élettani funkciója, jótékony hatása annak tulajdonítható, hogy in vivo átalakul nitrogén-monoxiddá, amely egy sokrétű hírvivő molekula, fontos érrendszeri és anyagcsere funkciókkal (Clifford és mtsai., 2015).

Fontos kiemelni az antioxidánsok kedvező tulajdonságait is az élő szervezet számára. Mint ismeretes, a gyümölcsökben és zöldségekben található antioxidánsok meghatározó szerepet töltenek be az emberi egészség megőrzésében (Babarykin és mtsai., 2019).

Szervezetünk alapvető célja az aktív oxigénformák közömbösítése, melyhez az antioxidáns védekezőrendszerünk nyújt segítséget, ugyanis védi a sejteket azok káros hatásai ellen. Mivel az antioxidánsok redukáló tulajdonságokkal rendelkeznek, így képesek közömbösíteni a **szabadgyököket**, melyek az oxigén redukciója során keletkeznek a szervezetben. Az így keletkezett anyagok részlegesen redukáltak, ezért rendkívül reakcióképesek, ilyen például a szuperoxid- és hidroxilgyök, valamint a hidrogén-peroxid is. Ezek a szabadgyökök a szervezet normális anyagcserefolyamati révén is keletkezhetnek, terminális oxidáció révén, de különböző az élő szervezetet érő káros stresszhatásokra is indukálódhatnak, veszélyeztetve a szervezet normális működését (lipidperoxidáció). Ezek ellen a káros gyökök ellen a szervezetnek védelemre van szüksége.

A védelmi rendszerünkben többek között enzimatis útton, illetve spontán módon bekövetkező folyamatok is részt vesznek, ez alapján beszélhetünk kismolekulás és enzimatis antioxidáns védelmi rendszerről. Egyes elemeket a szervezetünk is képes előállítani, például a húgysavat, a glükózt, az enzimatis védelmi rendszer elemeit, azonban néhány vegyületet külső forrásból kell pótolnunk, ide tartoznak a flavonoidok, vagy a C- és az E-vitamin (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012). A cékla jelentős mértékben tartalmaz antioxidáns vegyületeket, mint például a betalainok, vagy a rendkívül bioaktív fenolos vegyületek közé tartozó rutint, kávéssavat és epikatechint, melyek szintén kiváló antioxidánsok (Georgiev és mtsai., 2010; Rahimi és mtsai., 2019).

4. Anyagok és módszerek

4.1 Kísérletek helyszínei

A céklalé, valamint cékla minták szabad aminosav tartalom meghatározása a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Élelmiszer tudományi- és Technológiai Intézet, Táplálkozástudományi Tanszéken történt, míg ugyanezen minták összes polifenol tartalmának, antioxidáns kapacitásának és színanyagának mérését az Élelmiszerkémia és- Analitika Tanszékén végeztem.

4.2 Felhasznált anyagok

A méréseim során felhasznált cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *rubra*) növényanyagokat minden esetben kereskedelmi forgalomból szereztem be, kétféle céklát vizsgáltam, egy gömbölyű, és egy hosszúkás morfológiájút (4-5. ábra).



4-5. ábra: Felhasznált nyers céklák

Négyféle bio céklalevet is vizsgáltam (6. ábra), melynek a címkéin levő leíratát a 8. táblázatban, a mérések során használt jelöléseket a 7. táblázatban foglalom össze.



6. ábra: Vizsgált bio céklalevek

7. táblázat: Mérések során használt jelölések

Jelölés	Jelentés
CHK	Hosszúkás cékla héj
CHB	Hosszúkás cékla répatest
CGK	Gömbölyű cékla héj
CGB	Gömbölyű cékla répatest
C1	dm Bio Rote bete saft
C2	Természet áldása Bio Céklalé
C3	Spar Natur Pur Bio Rote Rübe
C4	Biopont Organic beetroot juice

8. táblázat: Bio céklalevek összetevői, tápanyagtartalmai

Átlagos tápérték/100 ml	C1	C2	C3	C4
Energiatartalom	153 kJ/36 kcal	209 kJ/50 kcal	186 kJ/44 kcal	177 kJ/42 kcal
Fehérje	1,0 g	1,5 g	1,0 g	1,0 g
Szénhidrát	8,0 g	11 g	9,2 g	9,2 g
<i>amelyből cukrok</i>	8,0 g	9 g	9,2 g	9,2 g
Zsír	<0,5 g	0 g	<0,5 g	<0,5 g
<i>amelyből telített zsírsavak</i>	<0,1 g	0 g	<0,1 g	<0,1 g
Élelmi rost	<0,5 g	0 g	<0,5 g	-
Só	0,13 g	0,18 g	0,5 g	0,13 g
Összetevők	céklalé	99% céklalé, 1% citromlé	-	99% céklalé, 1% acerola cseresznyevelő

Méréseim során az analitikai vizsgálatokhoz felhasznált vegyszereket a Sigma-Aldrich-től szereztük be.

4.3 Mintaelőkészítés

4.3.1 Céklarépák mintaelőkészítése

Mintaelőkészítés során első lépésként a nyers céklákat, mintánként 2-2 darabot megmostam, szárazra töröltem, majd meghámoztam, különválasztva a húst és a héjat, miután mindkét részből történtek vizsgálatok. A répatestet feldaraboltam, majd egy turmixgép segítségével felaprítottam, homogenizáltam.

Az így kapott aprított homogenizált minták egy részét félreraktam falkon csövekbe és mélyhűtőben, -32°C-on tároltam az aminosav meghatározásig. A minták másik részét kiadagoltam petri-csészékbe a liofilizálásra. Végig minden lépésnél súlymérés történt. A cékla héját is petri csészékben előkészítettem liofilizálásra, hasonlóan a súlymérés mellett. A liofilizálásig ebben az esetben is -32°C-on tároltam a mintákat. Liofilizálás után a fagyasztva

szárított mintákat dörzsmozsárban összeporítottam, majd műanyag tasakokban légmentesen lezárva, fénytől elzárva tároltam, az analitikai mérések elvégzéséig. Ezekből a mintákból történt a szárazanyagtartalom meghatározása is.

A liofilizálás után a homogén porított mintákból 3 ismételtsben 200 mg/10 cm³ oldatot készítettem desztillált vízzel. Az oldatokat 1 órára, hűtött ultrahangos vízfürdőbe helyeztem, majd centrifugáltam 6000 fordulat/perc fordulatszám 20 percig 10°C-on. A tiszta felülúszókat -32 fokos hűtőben tároltam a mérésekig.

4.3.2 A céklalevek mintaelőkészítése

Az egyes céklalevekből közvetlenül történtek az analitikai mérések, illetve az aminosav tartalom meghatározása is 3 ismételtsben.

4.4 Vizsgálati módszerek

Az általam vizsgált endogén komponensek ismertetése után, azok vizsgálati módszeréről is szeretnék néhány szót ejteni.

4.4.1 Szárazanyagtartalom meghatározás

Az eredmények megadásánál azonos mértékegységre vonatkoztatva adtam meg az értékeket, ezért szükség volt a szárazanyagtartalom meghatározására. A cékla réptestének és héjának szárazanyagtartalmát a liofilizált mintákból számoltam ki, az eredményeket %-ban adtam meg.

4.4.2 Aminosav tartalom meghatározása

A céklában, illetve céklalében található szabad aminosavak mennyiségi és minőségi meghatározását az ioncserés oszlopkromatográfia elvén működő AAA 400 típusú Automatikus Aminosav Analizátorral végeztem. Az aminosavak elválasztása kationcserélő oszlopon történik aminosav-kationok formájában, melyhez 5 különböző puffert alkalmaztunk. A növekvő pH-jú eluensek hatására, lépcsős gradiens elúcióval váltak le az aminosavak az oszlopról. A leválasztott aminosavak ezután ninhidrin reagenssel színes vegyületekké alakultak, melyek így spektrofotometriásan 440 nm-en (szekunder aminosavak) és 570 nm-en (primer aminosavak) mérhetőek. A mérési eredményeim kiértékelését a CHROMULAN082 program segítségével végeztem, standard aminosav elegy alkalmazásával. Az eredményeket mg/kg-ban adtam meg.

A vizsgálni kívánt nyers cékla, valamint céklalé mintákból 3 g/10 ml-es oldatot készítettem 10%-os triklór-ecetsav oldat segítségével, majd 1 órára rázógéphez helyeztem a lombikokat. 1 óra elteltével szűrőpapíron kémcsövekbe szűrtem az így kapott extraktumot,

majd 0,2 μm pórusméretű fecskendőszűrő segítségével Eppendorf csövekbe szűrtem át az oldatot, amelyből aztán a mérések történtek.

4.4.3 Összes polifenol tartalom meghatározása – TPC (Total Phenolic Content)

A minták (répatest, lé) összes polifenol tartalmát a TPC (Total Phenolic Content) módszerrel határoztam meg (Singleton és Rossi, 1965). A módszer alapja a Folin-Ciocalteu reagenssel végbemenő színváltozás, amely 765 nm-en spektrofotometriásan mérhető. Természetesen ennek a módszernek is vannak előnyei, valamint hátrányai is. Az előnyök közé sorolható a könnyű reprodukálhatóság, az egyszerűség, olcsóság, továbbá, hogy nincs szükség drága laboratóriumi felszerelésre. Hátránya azonban, hogy a reakciók alacsony pH-n zajlanak, illetve a Cu(I) ionok és az aszkorbinsav is redukálja a használt reagenst (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

A galluszsavból készített kalibrációs görbe segítségével az eredményeket a cékla répatest esetében végül mMGS/100 g-ban adtam meg. A három párhuzamos mérés eredményét $\mu\text{MGS/L}$ -ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra, illetve 100 grammra történő átszámítás után $\mu\text{MGS/g}$ -ban és mMGS/100 g-ban adtam meg. A levek esetében mMGS/L-ben adtam meg az eredményeket.

4.4.4 Antioxidáns kapacitás mérése – FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Capacity)

Méréseim során a cékla minták és a céklalevek antioxidáns kapacitását a FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Capacity) módszerrel határoztam meg (Benzie és Strain, 1996). A FRAP módszer azon alapszik, hogy a Fe(III) ionokat Fe(II) ionokká redukálják az antioxidánsok. Az így keletkezett Fe(II) ionok kék színű komplexet képeznek a tripiridil-triazin (TPTZ) komplexképzővel. A reakció során egy színváltozás megy végbe, mely 593 nm-en mérhető spektrofotometriásan. A módszernek természetesen vannak előnyei, illetve hátrányai is. Előnyei közé sorolható, hogy könnyen reprodukálható, nem költséges, rendkívül gyors, továbbá a mérések elvégzéséhez itt sincs szükség drága laboratóriumi felszerelésre. Azonban, ha a hátrányait vizsgáljuk, elmondható, hogy a módszer nem képes minden komponens mérésére, hiszen vannak olyan vegyületek, mint például a kávéssav, melynek az alkalmazottnál hosszabb a reakcióideje, a karotionidok, melyek nem rendelkeznek vasredukáló képességgel, valamint egyes antioxidánsokra nem érzékeny a módszer, ilyenek például a tiol típusúak. További hátránként sorolható fel, hogy a reakciók alacsony pH-n mennek végbe (Hegedűs és Stefanovitsné, 2012).

Az aszkorbinsavból készített kalibrációs görbe segítségével az eredményeket a cékla répatest esetében végül mMAS/100 g-ban adtam meg. A három párhuzamos mérés eredményét μ MAS/L-ben kaptam meg, melyet szárazanyagtartalomra, illetve 100 grammra történő átszámítás után μ MAS/g-ban és mMAS/100 g-ban adtam meg. A levek esetében mMAS/L-ben adtam meg az eredményeket.

4.4.5 Színanyagok vizsgálata

A minták színanyag-, betanin- és vulgaxantin tartalmát, spektrofotometriásan határoztam meg Nilsson, (1970) módosított módszere alapján Joachim (2001) szerint. Az oldatok abszorbanciáját 3 hullámhosszon, $\lambda = 476$ -, 538 -, illetve 600 nm-en mértem, melyből a betanin és vulgaxantin mennyiségét mg/g szárazanyagtartalomra, mg/1 kg nyers céklára, valamint mg/L-re vonatkoztatva adtam meg.

4.4.6 Statisztikai módszerek

Az adatok statisztikai elemzéséhez a Jamovi szoftvert használtam. Az értékelést normalitás és homogenitás vizsgálat előzte meg, melyek alapján kiválasztottam a megfelelő vizsgálatokat. A minták eloszlásának vizsgálatához Shapiro-Wilk próbát végeztem el, majd az adataim normális eloszlása miatt két csoport vizsgálatánál kétmintás t-próbát, kettőnél több csoport összehasonlítása esetén egyszempontos varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam. Szóráshomogenitás esetén a Tukey tesztet, a szórások különbözősége esetén a Games-Howell tesztet alkalmaztam utóvizsgálatként.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

A dolgozatom következő részében a cékla és bio céklalevek vizsgálata során mért értékeket, eredményeket és kiértékelésüket fogom ismertetni, az Anyagok és módszerek fejezetben tárgyalt sorrendet követve.

Az alábbi táblázat (9. táblázat) a cékla minták héj, illetve hús részének az egymáshoz viszonyított arányát szemlélteti %-os formában.

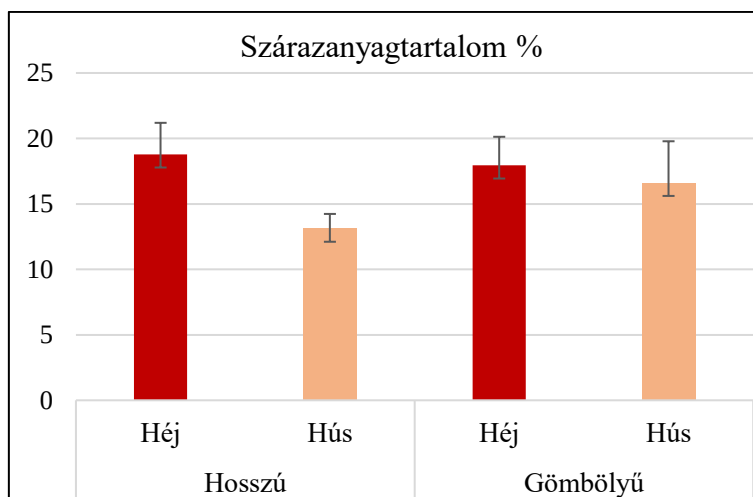
9. táblázat: Különböző céklafajták hús-héj aránya

	Hús %	Héj %
Hosszú	84,80 $\pm$ 1,89	14,88 $\pm$ 1,85
Gömbölyű	81,54 $\pm$ 4,22	18,11 $\pm$ 4,23

Megállapítható, hogy a gömbölyű minta esetén nagyobb a héj aránya a húshoz képest, míg a hosszú mintánál, kisebb héj arányhoz nagyobb hústartalom párosul. Ezenkívül a gömbölyű mintánál nagyobb szórás értékeket kaptam, mely véleményem szerint betudható a minta egyenetlenebb formájának, mely a hámozást nehezítette. A kapott értékek nem mutatnak szignifikáns eltérést ($p=0,2111$) 95%-os szignifikancia szint mellett.

5.1 Szárazanyagtartalom

Az általam vizsgált cékla minták szárazanyagtartalmának meghatározása a liofilizált mintákból történt, melynek eredményeit az 7. ábra tartalmazza.



7. ábra: Különböző céklafajták szárazanyagtartalma (%)

Ha megvizsgáljuk a kapott eredményeket, az tapasztalható, hogy a legnagyobb szárazanyagtartalommal a hosszú cékla héja rendelkezett, azonban a gömbölyű cékla héjának vizsgálata során is közel azonos értéket kaptam, kb. 1%-os differenciával.

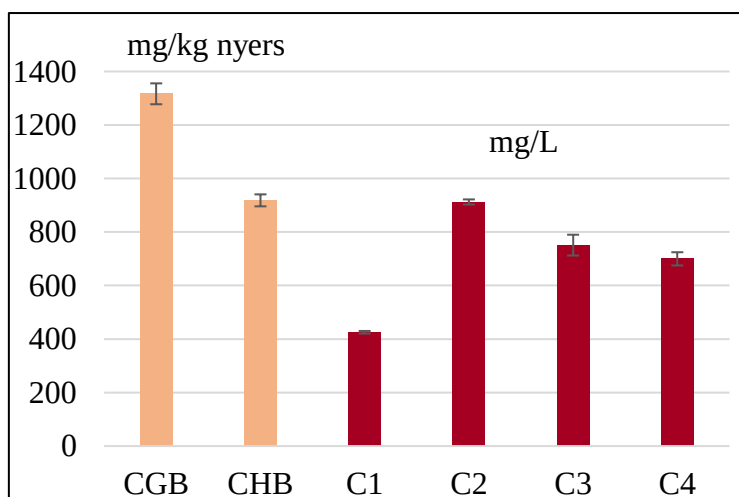
A hosszú cékla esetében nagyobb különbség mutatkozik a héj és a hús szárazanyagtartalma között, míg a gömbölyű minta esetében alig tapasztaltam eltérést. Továbbá az is megfigyelhető, hogy a héjakkal ellentétben a húsok esetén nagyobb eltérés tapasztalható a 2 cékla minta között. A mért értékek alapján nem tapasztaltam szignifikáns eltérést sem a vizsgált minták héjai ($p=0,950$), sem a húsok között ($p=0,128$).

Összességében a szárazanyagtartalomban a legnagyobb értéket a gömbölyű minta héj részében mértem (18,78%), a legkisebbet pedig ugyanezen minta répateste esetében (13,11%). A mérési eredményeket összevetve elmondható, hogy a kapott értékek nem mutatnak szignifikáns különbségeket.

5.2 Szabad aminosav tartalom

A szabad aminosavak a nevükből is adódóan, szabadon találhatóak meg az élelmiszerekben, tehát nincsenek fehérjébe beépülve, ezért fogyasztás után azonnal fel tudnak szívódni a szervezetben. A cékla, illetve a céklalé is jelentős mennyiséget tartalmaz belőlük, azonban dolgozatom témája szempontjából a legfontosabbak az antioxidáns hatással rendelkező metionin, a cisztein és cisztationin, valamint az antioxidáns prekursoraként viselkedő glicin és glutaminsav, ezért bővebben az említett aminosavak mérési eredményeit ismertetném.

A vizsgált cékla, valamint céklalevek mérésekor kapott eredmények alapján jelentős különbségek állapíthatók meg. A mintákban található összes szabad aminosavat vizsgálva megfigyelhető, hogy a nyers cékla répatestek esetén magasabb értékeket kaptam, mint a céklaleveknél, különösen a gömbölyű morfológiájú esetében (8. ábra).

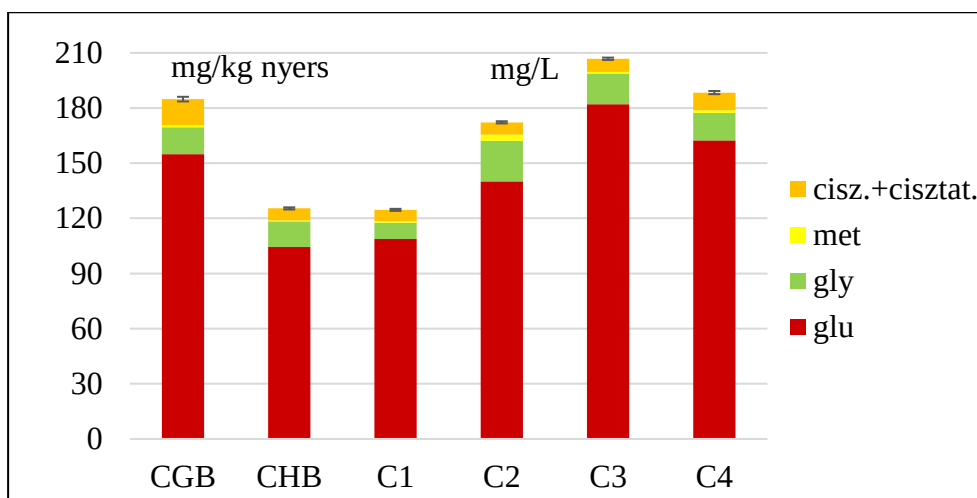


8. ábra: A cékla répatestek és céklalevek szabad össz aminosav tartalma

Mind a répatesteknél, mind a leveknél a kapott értékek között jelentős különbségek vannak, a répatesteknél ezek az értékek kb. 900-1200 mg/kg között mozognak, ami 1,33- szoros

különbséget jelent, mely statisztikailag is kimutatható erős szignifikanciát eredményez ($p < 0,001$). A leveknél az eredmények nagyobb differenciáltságot mutatnak, hiszen az értékek kb. 400 és 900 mg/Liter között mozogva 2,25-szörös különbséget mutatva. Ezáltal a céklalevek esetén szintén erősen szignifikánsak az értékeink ($p < 0,001$), kivéve, ha a C3-as és C4-es mintákat hasonlítjuk össze ($p = 0,109$), azonban véleményem szerint, még több ismételtes elvégzése esetén valószínűleg itt is szignifikáns eltérést kaptam volna.

Az egyes aminosavak vizsgálatakor a 9. ábrán látható eredmények alapján megállapítható, hogy minden minta a glutation antioxidáns prekursoraként viselkedő glutaminsavból tartalmazza a legnagyobb mennyiséget, átlagosan 129,65 mg/kg-ot és 148,38 mg/L-t. Ugyanakkor lényegesen kevesebb található meg (14,31mg/kg; 15,68 mg/L) a szintén antioxidáns prekursor glicinből. Legnagyobb mennyiséget a C2-es mintában mértem. Antioxidánsként és esszenciális aminosavként is nélkülözhetetlen a metionin az emberi szervezet számára, méréseim alapján a legtöbbet szintén a C2-es mintában mértem, 3,27 mg/L-t. A ciszteint, valamint előanyagát a cisztationint együttesen vizsgáltam, az eredmények alapján elmondható, hogy átlagosan 10,3 mg-ot tartalmaz 1 kg cékla, illetve 7,36 mg-ot 1 L céklalé.



9. ábra: Céklák és céklalevek fontosabb szabad aminosav tartalma (mg/kg nyers; mg/L)

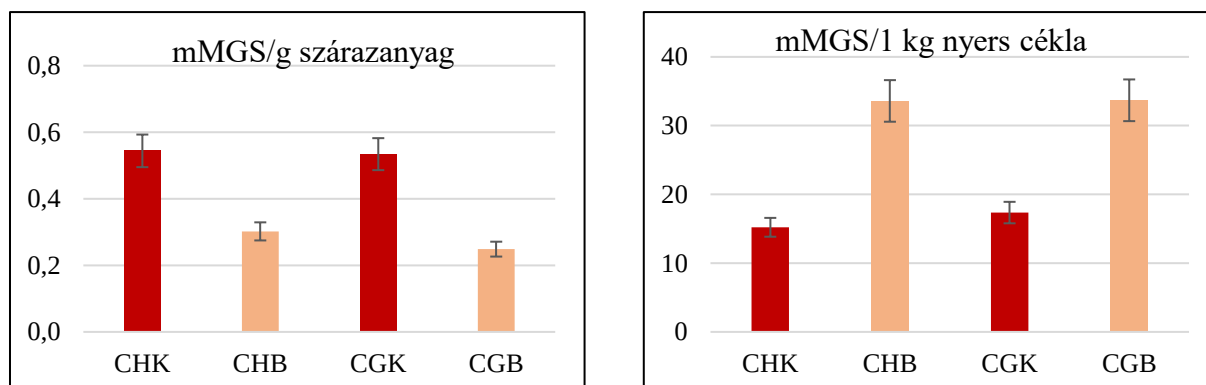
Az adatokat statisztikailag is megvizsgálva az tapasztalható, hogy a céklák vizsgálata során csak a minták glicin tartalma nem mutat szignifikáns eltérést ($p = 0,298$). A céklalevek esetén glutaminsav, glicin és metionin tartalomban a C3-as, valamint a C4-es minta tér el a legkevésbé ($p = 0,239$; $p = 0,185$; $p = 0,183$), míg cisztein tartalomban még kevésbé mutatnak szignifikáns eltérést a kapott értéket, ugyanis a C1-C2-es ($p = 0,723$), C1-C3-as ($p = 0,281$) és a C2-C3-as ($p = 0,809$) mintáknál sem tapasztaltam jelentős eltérést 95%-os szignifikancia szinten.

Legnagyobb összes szabad aminosav tartalmat a gömbölyű répatest esetén mértem. A céklalevek közül a C1 céklalé minta mutatta a legkisebb értéket. A fontosabb aminosavak vizsgálatakor megállapítható, hogy a cékla répatest minták esetében egyértelműen nagyobb értékek kaptam a gömbölyű minta esetében, míg a céklalé mintáknál a csekély metionin tartalomtól eltekintve összességében a C3-as minta a leggazdagabb értékes aminosavakban.

5.3 Összes polifenol tartalom meghatározása – TPC (Total Phenolic Content)

Az összes polifenol tartalom meghatározás során az eredményeimet mMGS/1 g szárazanyagra (10. ábra), illetve mMGS/1 kg nyers céklára (11. ábra), a levek esetében mMGS/L-re (12. ábra) vonatkoztatva adtam meg.

A könnyebb összehasonlítás kedvéért, a héj és a test esetében is 1 gramm szárazanyagra vonatkoztatva adtam meg az eredményeket (10. ábra), de ez félrevezető lehet, hiszen ahhoz, hogy valós képet kapjunk a héj hús arányokat is figyelembe kell vennünk és számolni kell azzal, hogy hogyan is viszonyulnak a lehámozott héjak a répatesthez (9. táblázat). Ez a második összegzés már a fogyasztó számára, a vásárlás esetére ad egy jobb információt, így a kapott eredményeket 1 kg nyers céklára vonatkoztatva is megadtam (11. ábra) és egymás mellé helyeztem az ábrákat.



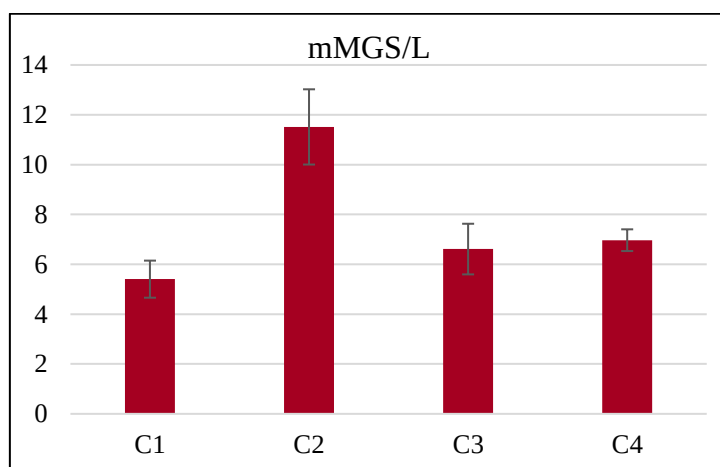
10-11. ábra: Összes polifenol tartalom meghatározása, 1 g szárazanyagra és 1 kg nyers mintára vonatkoztatva

A cékla minták összes polifenol tartalmának vizsgálata során az eredményeket vizsgálva megállapítható, hogy 1 gramm szárazanyagtartalom mintára, héjra és répatestre vonatkoztatva a céklatestek esetén jóval kisebb értékeket kaptam, szignifikáns a különbség a héjakhoz viszonyítva. A két mintát összehasonlítva, a héjak ($p=0,137$), valamint a répatestek ($p=0,140$) értékei között sem tapasztalható szignifikáns differencia. Ha az arányokat is figyelembe vesszük és 1 kg nyers mintára vonatkoztatjuk az eredményeket, az tapasztalható, hogy összességében mintegy kétszer több értékes komponenst juttatunk be a szervezetünkbe a

répatest fogyasztásával, de jelentős mennyiséget tartalmaz a héj is, amit a konyhai feldolgozáskor figyelembe kell venni.

Összességében elmondható, hogy a két minta megfelelő részei között nincs szignifikáns különbség a répatestekben mért, illetve a héjban mért polifenol tartalommal szemben.

A bio céklalevek vizsgálata esetén (12. ábra) elmondható, hogy a C2-es minta jelentős polifenol tartalommal rendelkezik a C1-es ($p=0,005$), a C3-as ($p=0,022$) és a C4-es ($p=0,028$) mintához képest is. Ez a kiugróan nagy érték véleményem szerint betudható az 1%-os citromlé tartalomnak.



12. ábra: Céklalevek összes polifenoltartalmának meghatározása (mMGS/L)

A C1-es, C3-as és C4-es minta esetében közel azonos értékeket kaptam, közöttük nem tapasztalható szignifikáns eltérés, ugyanakkor a 4-es mintánál a hozzáadott acerola cseresznyevelő miatt nagyobb értékre számítottam volna, miután ismertem jelentős az antioxidáns kapacitása, ami feltételezhetően a polifenolos vegyületeinek köszönhető.

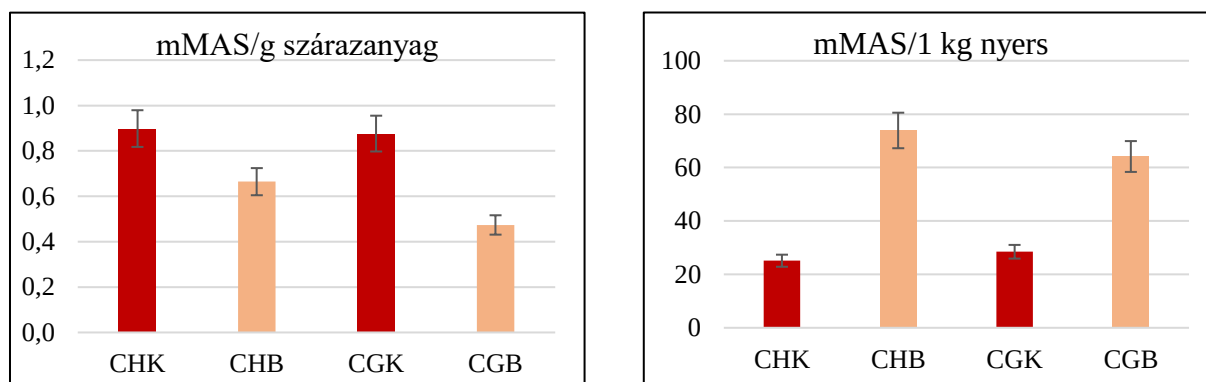
A polifenol tartalom vizsgálata során a különböző répatestek és héjak (gömbölyű, hosszú) egyes részei esetén nem tapasztaltam lényeges eltérést. Ugyan arányaiban jóval kevesebb polifenolt tartalmaz a céklák héja, azonban nem szabad figyelmen kívül hagyni a bennük lévő értékes anyagokat sem, ezért fogyasztásnál kár megszabadulni tőlük. A bio céklalevek vizsgálatánál csak a citromlével kiegészített minta szerepelt nagyobb értékkel.

5.4 Antioxidáns kapacitás mérése – FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Capacity)

Az antioxidáns kapacitás meghatározás során az eredményeimet mMAS/1 gramm szárazanyagtartalomra (13. ábra), illetve mMAS/1 kg nyers céklára (14. ábra), a levek esetében mMAS/L-re (15. ábra) vonatkoztatva adtam meg.

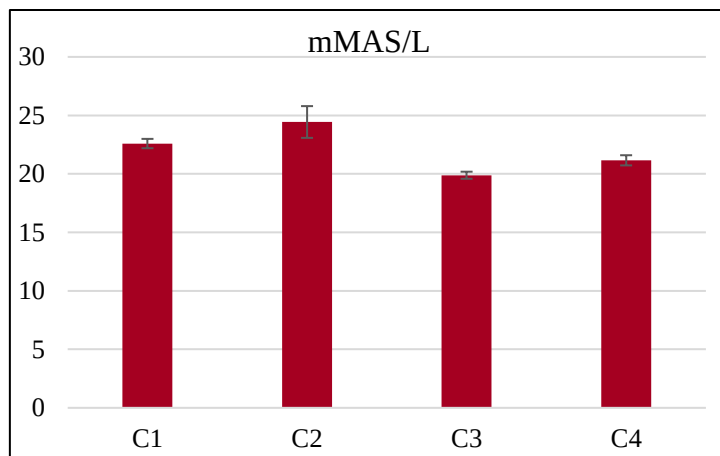
A hosszú, illetve gömbölyű morfológiájú céklák antioxidáns kapacitás meghatározásakor mindkét esetben a héjakban nagyobb mennyiséget mértem, mint a céklatestekben (13. ábra), ha 1 g szárazanyagtartalomra vonatkoztatjuk az eredményeket. A mintákat összevetve lényeges eltérés tapasztalható a két morfológiailag különböző cékla héjai között, szignifikánsan nagyobb antioxidáns kapacitással rendelkezik a hosszú cékla héja ($p=0,003$). Hasonlóan a héjakhoz, ha a répatestek eredményeit is megvizsgáljuk, azt tapasztaljuk, hogy ebben az esetben is szignifikáns eltérés ($p=0,002$) van a vizsgált minták között 95%-os szignifikancia szinten, szintén a hosszú cékla javára. Megállapítható, hogy egyértelműen a hosszú cékla esetén kaptam nagyobb értéket, mind a héj, mind a répatest vizsgálata esetén, így összességében a hosszú cékla rendelkezik nagyobb antioxidáns kapacitással.

Azonban itt is figyelembe kell venni a héj és a hús arányait (9. táblázat), így 1 kg nyersre vonatkoztatva (14. ábra) látható, hogy jelentős eltérések adódnak a kapott értékekben, ha a répatestben és a héjban levő antioxidáns kapacitást nézzük. Míg a héj esetében a gömbölyű mintánál kapunk nagyobb értéket, addig a húсок eredményeit összehasonlítva a hosszú mutatott jobb eredményt.



13-14. ábra: Antioxidáns kapacitás meghatározása, 1 g szárazanyagra és 1 kg nyers mintára vonatkoztatva

A 15-ös ábra tartalmazza a bio céklalevek mérési eredményeit. Vizsgálatukkor megállapítható, hogy több esetben is szignifikáns eltérés van a vizsgált minták között, a C2-es és a C3-as ($p<0,001$), a C2-es és a C4-es ($p=0,003$), valamint a C1-es és a C3-as ($p=0,01$) minták között is 95%-os szignifikancia szinten. Az összes polifenol tartalomhoz hasonlóan, ebben az esetben is a 2-es minta esetében tapasztalható a legnagyobb antioxidáns kapacitás, mely feltételezhetően az adagolt citromlének tudható be, azonban a 4-es mintánál ebben az esetben is nagyobb értéket vártam, szintén az eredeti mintához hozzáadott acerola cseresznyevelő miatt.

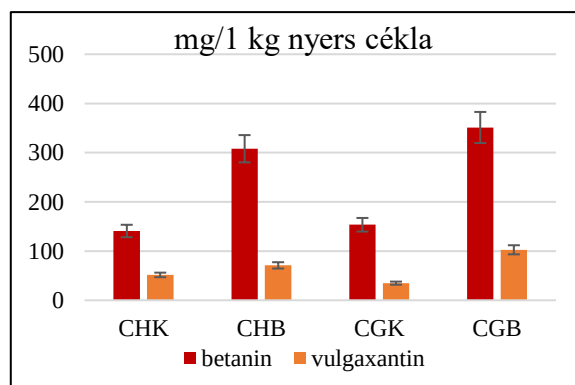
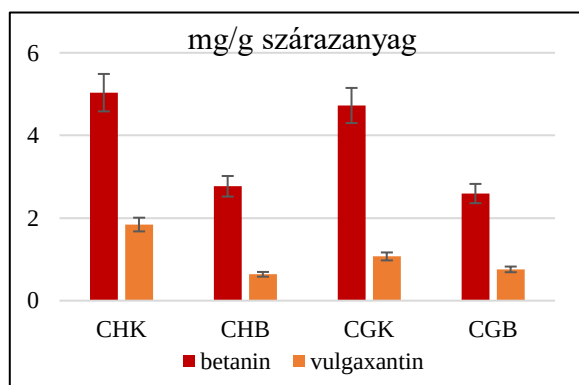


15. ábra: Céklalevek antioxidáns kapacitásának meghatározása (mMAS/L)

Összegezve a TPC, illetve a FRAP módszerekkel mért eredményeket elmondható, hogy a két módszernél mért értékek szoros összefüggést mutatnak, mely alapján közeli kapcsolatot állapítható meg az összes polifenol tartalom és az antioxidáns kapacitás között.

5.5 Színanyagok meghatározása

Színanyagmeghatározás során betanin és vulgaxantin tartalmat mértem, az eredményeket a céklák esetén mg/g szárazanyagtartalomra (16. ábra), valamint mg/1 kg nyers céklára (17. ábra), a bio céklalevek esetén mg/L-re (18. ábra) vonatkoztatva adtam meg.

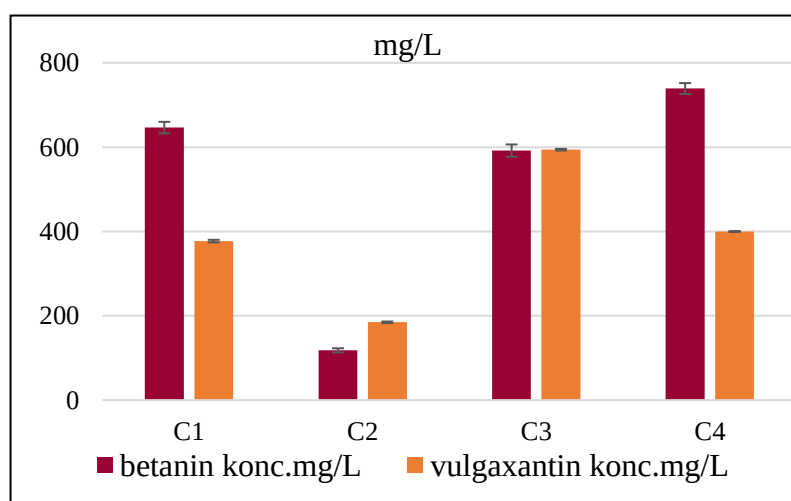


16-17. ábra: Különböző céklafajták betanin és vulgaxantin tartalma, mg/g szárazanyag és mg/1 kg nyers céklára vonatkoztatva

A színanyagok közül minden mintánál (répatest és bio céklalé) a betanin nagyobb mennyiségben fordul elő, ez egyes esetekben 4-szeres különbséget is jelenthet. A különböző céklafajták összehasonlításakor, hasonlóan a többi vizsgálathoz, a színanyagok meghatározásakor is a héjakban mértem jóval nagyobb, kb. kétszer akkora betanin tartalmat, mint a répatestekben (16. ábra). A vulgaxantin tartalomban már nem figyelhető meg ekkora differencia, egyedül a hosszú cékla minta héja esetében tapasztalható kiugró eredmény. Míg a

héjak esetében betanin ($p=0,017$), valamint vulgaxantin ($p<0,001$) tartalom esetén is szignifikáns eltérés figyelhető meg a mért értékek között, addig a répatetek esetében éppen ellenkezőleg, nem tapasztaltam szignifikáns eltérést ($p=0,079$; $p=0,228$). Ha azonban az előzőekhez hasonlóan figyelembe vesszük a héj hús arányt is, akkor az tapasztalható, hogy legnagyobb értékkel a gömbölyű minta répateste szerepel, mind betanin, mind vulgaxantin tartalom esetén. Ezt követi a hosszú cékla répateste, majd a héjak, kb, fele akkora értékekkel.

A bio céklalé minták vizsgálatakor (18. ábra) érdekes módon, az összes polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás vizsgálat során kapott eredményekkel ellentétben, a 2-es minta esetében mértem a legkisebb értéket, ami itt is feltételezhetően az adagolt citromlének köszönhető.



18. ábra: Céklalevek betanin és vulgaxantin tartalma (mg/L)

Ennek oka az lehet, hogy ismertén számos tényező befolyásolja a vörös pigmentek stabilitását, ilyen például a hőmérséklet, a **pH**, a fény, valamint az oxigén jelenléte vagy hiánya. Valószínűleg pH változás áll a kapott eredmények között, hiszen pH 4 és 5 között a legstabilabb a betanin, a mintához adagolt citromlé 2-es pH-ja pedig savasabbá tette a mintát (von Elbe és mtsai., 1974). A kiugró eredménynek köszönhetően, a C2-es minta betanin tartalma rendre szignifikánsan eltér a többi mintától ($p=0,002$; $p=0,003$), legnagyobb különbség a C4-es mintához hasonlítva adódik ($p<0,001$). Vulgaxantin tartalom esetén a C1-es és C4-es minták összehasonlításán kívül ($p=0,309$), minden esetben erősen szignifikáns eredményeket kaptam ($p<0,001$).

Majdnem minden esetben nagyobb volt a minták betanin tartalma, a 2-es mintánál látható szignifikáns eltérés a vulgaxantin javára, valamint a 3-as minta mutat közel azonos értékeket betanin és vulgaxantin tartalomra.

A színanyagtartalom meghatározás során mért betanin és vulgaxantin mennyiségét, a kapott értékek összegét a 10. táblázat tartalmazza.

10. táblázat: Céklák és céklalevek összes színanyag tartalma (mg/1 kg nyers; mg/L)

	Betanin + vulgaxantin (mg/1kg nyers)		Betanin + vulgaxantin (mg/L)
CHK	192,32	C1	1023,64
CHB	379,03	C2	302,71
CGK	188,34	C3	1185,88
CGB	453,79	C4	1139,03

A táblázat alapján megállapítható, hogy összességében a céklák esetén a gömbölyű minta répatesténél mértem a legnagyobb értéket, 453,79 mg-ot 1 kg nyers mintára vonatkoztatva, melyet a hosszú minta répateste követett. A vizsgált bio céklalevek között nem tapasztaltam szignifikáns különbségeket, a legnagyobb értéket ebben az esetben a C3-as minta adta 1185,88 mg/L össz színanyagtartalommal. Azonban kivételt képez a C2-es minta, melyben a többi mintához képest szignifikánsan kevesebb az össz színanyagtartalom.

A különböző céklafajták esetében a többi vizsgálathoz hasonlóan nem meglepő módon, a héjakban mértem magasabb színanyagtartalmat. A céklalevek színanyagainak vizsgálata alapján elmondható, hogy nem érdemes olyan egyéb anyagot hozzáadni a céklalevekhez, melyek befolyásolhatják a pH-t, hiszen ezek rontották a mérések során a betanin és vulgaxantin koncentrációt, melyek így kevésbé tudják kifejteni egészségvédő hatásaikat. Az összes vizsgált minta alapján elmondható, hogy a különböző céklafajták esetében a gömbölyű cékla répateste, míg a vizsgált bio céklalevek közül a C3-as minta adta a legnagyobb értéket összes színanyagtartalomra.

6. Összefoglalás

Világszerte az egészséges életmód előtérbe kerülésével, egyre nagyobb a kereslet az egészséges élelmiszerek, így a zöldségek és gyümölcsök iránt is, hiszen a gyümölcsökben és zöldségekben gazdag étrend számos pozitív táplálkozás-élettani hatással rendelkezik. Számos olyan vegyületet tartalmaznak, melyek rendszeres fogyasztása jótékonyan hat az emberi szervezetre, annak egészségére. Többek között ide tartozik a cékla is, mely olyan komponenseket tartalmaz, mint például a sokszínű megjelenését biztosító betalainok, melyek antioxidáns tulajdonságokkal is rendelkeznek, így semlegesítik a szervezetben megtalálható szabadgyököket. Nitrát tartalma is jelentős, valamint fenolos komponensei is hozzájárulnak értékéhez. Sajnos Magyarországon a cékla nem tartozik az általánosan kedvelt zöldségek közé, azonban rendkívül magas a magnézium- és folsavtartalma, illetve fitokémiai vegyületei is indokolnák gyakoribb fogyasztását, hiszen ezek hozzájárulnak a szív- és érrendszer egészségének megőrzéséhez, valamint gyulladáscsökkentő tulajdonságai is vannak.

Dolgozatomban a céklafogyasztás pozitív élettani hatását szerettem volna bebizonyítani, ezért célkitűzéseim között szerepelt a cékla (*Beta vulgaris* L. ssp. *esculenta* convar. *crassa* provar. *rubra*) értékes beltartalmi tulajdonságainak meghatározása, hogy alátámasszam a szakirodalmak által állítottakat, valamint elősegítsem a céklafogyasztás népszerűsítését.

A mérések során kereskedelmi forgalomban leggyakrabban fellelhető gömb és hosszúkas morfológiájú céklákat, valamint a szintén kereskedelmi forgalomban beszerezhető 4 különböző eredetű bio céklalevet vizsgáltam. A cékla répatesteinek vizsgálatakor, a különválasztott héjakat és a húst is vizsgáltam, annak eldöntésére, hogy milyen arányban találhatók meg az egyes értékes komponensek a két növényi részben. A szárazanyag tartalom vizsgálata mellett, kitértem az összes szabad aminosav tartalom meghatározására, ami kiterjedt számos, a céklára jellemző aminosav (glutaminsav, glicin, metionin, cisztein + cisztationin) megállapítására is. Ezen kívül a méréseim során az összes polifenol tartalom, az antioxidáns/redukáló kapacitás és a minták színanyagainak, a betanin és vulgaxantin tartalomnak meghatározására is sor került. A vizsgálatokhoz szükséges mérések kiválasztásánál az aminosavtartalom meghatározásán kívül törekedtem a minél egyszerűbb, olcsóbb és a lehető leggyorsabban kivitelezhető mérési módszert kiválasztani, ezért spektrofotometriásan határoztam meg a többi komponenst.

A szárazanyagtartalom vizsgálata során a héjban mértem nagyobb értékeket, azonban a kapott eredményeket összevetve nem tapasztalható szignifikáns eltérés az egyes minták

megfelelő részei között. Az összes szabad aminosav tartalom meghatározás során a különböző morfológiájú cékláknál a nagyobb értéket a gömbölyű cékla mutatta, a céklalevek vizsgálatakor a C1-es mintánál mértem a legkisebb értéket. A dolgozatom szempontjából fontosabb aminosavak (glutaminsav, glicin, metionin, cisztein + cisztationin) vizsgálata során szintén a gömbölyű céklaminta esetén kaptam nagyobb értékeket, szignifikánsan több értékes aminosav tartalommal rendelkezik. A céklaleveknél a C3-as minta bizonyult a leggazdagabbnak az értékes aminosavakban.

Az összes polifenol tartalom (TPC) vizsgálat során az 1g szárazanyagra vonatkoztatott polifenol tartalomban a héjak gazdagabbak volt. A héjak és a répatestek között polifenol tartalomban szignifikáns eltérést nem tapasztaltam. A vásárló és a fogyasztás szempontjából 1 kg nyers céklára vonatkoztatva az adataimat azt tapasztaltam, hogy arányaiban lényegesen kevesebb polifenolt tartalmaz a cékla héj része, azonban nem hagyhatjuk figyelmen kívül a bennük rejlő értékes komponenseket sem, ezért fogyasztásnál nem érdemes megszabadulni tőlük. A bio céklalevek esetén a citromlével kiegészített lé, a citrom jelentős polifenol tartalma miatt kiugróan nagy értéket mutatott. A másik, acerola cseresznyevelővel kiegészített céklalénél a várt, a növényre jellemző nagy polifenol tartalom nem jelent meg.

Antioxidáns/redukáló kapacitás (FRAP) vizsgálat során megállapítható, hogy az egyes céklarészek jelentős redukáló kapacitással rendelkeznek. Az 1 kg nyers cékláknál minden esetben a répatestek jobb eredményt adtak, de itt is elmondható, hogy a héjban levő redukáló hatással is számolni kell, az előzőekhez hasonlóan. A két céklafajta közül a hosszú cékla szerepelt jobb eredménnyel. A céklalevek vizsgálatakor a polifenol tartalomhoz hasonlóan ebben az esetben is a C2-es minta mutatta a legnagyobb antioxidáns kapacitást, vélhetően a mintához adott citromlének köszönhetően. A TPC, valamint a FRAP módszerekkel mért eredmények között szoros összefüggés állapítható meg, a répatestek és a céklalevek esetében is, mely feltételezi a közeli kapcsolatot az összes polifenol tartalom és az antioxidáns/redukáló kapacitás között.

A színanyagok vizsgálatánál mindkét céklafajta esetén a betanin fordul elő nagyobb mennyiségben, vulgaxantinhoz képest ez akár többszörös különbséget is mutatott. Ez vonatkozik a szárazanyagra vonatkoztatott, illetve az 1 kg nyers cékla beszerzésére megállapított értékekre is. A bio céklalevek mérésénél azt tapasztaltam, hogy a polifenol tartalom és antioxidáns kapacitás vizsgálat során mért értékekkel ellentétben, a citromlével dúsított minta mutatta a legkisebb koncentrációt betanin és vulgaxantin tartalomra is. E mögött valószínűleg pH változás áll, mely negatívan befolyásolta a vörös pigmentek stabilitását. Megállapítható, hogy nem érdemes/megfontolandó olyan egyéb anyagot hozzáadni a

céklalevekhez, melyek befolyásolják a pH-t, hiszen ezek hatással vannak azok színanyagaira is.

A céklafajták és bio céklalevek vizsgálata során bebizonyosodott, hogy a céklák héja rendkívül gazdag értékes komponensekben, amit fogyasztásánál is érdemes figyelembe venni. A bio céklalevek vizsgálatánál az összes polifenol tartalmat, valamint az antioxidáns kapacitást pozitívan, míg a színanyag tartalmat negatívan befolyásolta a mintához adott plusz citromlé.

Összeségében elmondható, hogy véleményem szerint sokkal nagyobb figyelmet kellene fordítani egy olyan sokoldalú és értékes anyagokat tartalmazó zöldség fogyasztására, mint a cékla, mely mind nyers, mind lé formájában kiváló tápanyagforrás.

7. Irodalomjegyzék

1. Ashfield-Watt, P.A., Pullin, C.H., Whiting, J.M., Clark, Z.E., Moat, S.J., Newcombe, R.G., Burr, M.L., Lewis, M.J., Powers, H.J., McDowell, I.F. (2002): Methylenetetrahydrofolate reductase 677C→T genotype modulates homocysteine responses to a folate-rich diet or a low-dose folic acid supplement: A randomized controlled trial. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 76(1), 180–186.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/76.1.180>
2. Babarykin, D., Smirnova, G., Pundinsh, I., Vasiljeva, S., Krumina, G., Agejchenko, V. (2019): Red Beet (*Beta vulgaris*) Impact on Human Health. *Journal of Biosciences and Medicines*, 7(3), 61–79.
DOI: <https://doi.org/10.4236/jbm.2019.73007>
3. Balázs S. (1994): Zöldségtermesztők kézikönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest
4. Benzie, I.F.F., Strain, J.J. (1996): The Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP) as a Measure of “Antioxidant Power”: The FRAP Assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1), 70–76.
DOI: <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
5. Bíró Gy., Lindner K. (1999): Tápanyagtáblázat. Medicina Kiadó, Budapest
6. Bobek, P., Galbavý, Š., Mariássyová, M. (2000): The effect of red beet (*Beta vulgaris* var. *Rubra*) fiber on alimentary hypercholesterolemia and chemically induced colon carcinogenesis in rats. *Food / Nahrung*, 44(3), 184–187.
DOI: [https://doi.org/10.1002/1521-3803\(20000501\)44:3<184::AID-FOOD184>3.0.CO;2-P](https://doi.org/10.1002/1521-3803(20000501)44:3<184::AID-FOOD184>3.0.CO;2-P)
7. Camarena, V., Wang, G. (2016): The epigenetic role of vitamin C in health and disease. *Cellular and Molecular Life Sciences*, 73(8), 1645–1658.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00018-016-2145-x>
8. Carrillo, C., Wilches-Pérez, D., Hallmann, E., Kazimierczak, R., és Rembiałkowska, E. (2019): Organic versus conventional beetroot. Bioactive compounds and antioxidant properties. *LWT*, 116, 108552.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108552>
9. Chandran, J., Nisha, P., Singhal, R.S., Pandit, A.B. (2014): Degradation of colour in beetroot (*Beta vulgaris* L.): A kinetics study. *Journal of Food Science and Technology*, 51(10), 2678–2684.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-012-0741-9>
10. Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., Jin, C. (2021): Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food Science & Nutrition*, 9(11), 6406–6420.
DOI: <https://doi.org/10.1002/fsn3.2577>
11. Chew, S.C., Loh, S., Khor, G.L. (2012): Determination of folate content in commonly consumed Malaysian foods. *International Food Research Journal*, 19, 189–197.
12. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., Panghal, A. (2019): Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food Chemistry*, 272, 192–200.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022>

13. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., Stevenson, E. J. (2015): The Potential Benefits of Red Beetroot Supplementation in Health and Disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7042801>
14. 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. *Nutrition Journal*, 11(1), 106. DOI: <https://doi.org/10.1186/1475-2891-11-106>
15. Craig, S.A. (2004): Betaine in human nutrition. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 80(3), 539–549. DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/80.3.539>
16. Czapski, J., Mikołajczyk-Bator, K., Kaczmarek, M. (2009): Relationship between antioxidant capacity of red beet juice and contents of its betalain pigments. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 59, 119–122.
17. Hodossi S., Kovács A., Terbe I., (2010): Zöldségtermesztés szabadföldön. Mezőgazda Kiadó, Budapest
18. 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. *Food Control*, 73, 796–805. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.09.043>
19. FruitVeb Bulletin (2019): Zöldség-gyümölcs termésmennyiségek alakulása 2011-2019
20. FruitVeb Bulletin (2019): Zöldség-gyümölcs termőterületek alakulása 2011-2019
21. Forde, B.G., Lea, P.J. (2007): Glutamate in plants: Metabolism, regulation, and signalling. *Journal of Experimental Botany*, 58(9), 2339–2358. DOI: <https://doi.org/10.1093/jxb/erm121>
22. Fugh-Berman, A., Balick, M.J., Kronenberg, F., Ososki, A.L., O'Connor, B., Reiff, M., Roble, M., Lohr, P., Brosi, B.J., Lee, R. (2004): Treatment of fibroids: The use of beets (*Beta vulgaris*) and molasses (*Saccharum officinarum*) as an herbal therapy by Dominican healers in New York City. *Journal of Ethnopharmacology*, 92(2), 337–339. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.03.009>
23. 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. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65(2), 105–111. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-010-0156-6>
24. Gilchrist, M., Winyard, P.G., Aizawa, K., Anning, C., Shore, A., Benjamin, N. (2013): Effect of dietary nitrate on blood pressure, endothelial function, and insulin sensitivity in type 2 diabetes. *Free Radical Biology and Medicine*, 60, 89–97. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2013.01.024>
25. Gröber, U., Schmidt, J., Kisters, K. (2015): Magnesium in Prevention and Therapy. *Nutrients*, 7(9), 8199–8226. DOI: <https://doi.org/10.3390/nu7095388>
26. 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. *International Journal of Molecular Sciences*, 17(6), 858.

DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms17060858>

27. Hájos, M.T., Raczkó, V., Rubóczki, T., Varga, M. B. (2015): The change of the inner content parameters of table beet (*Beta vulgaris* L. ssp. *Esculenta* Gurke var. *Rubra* L.) as a result of storage. *Acta Agraria Debreceniensis*, 63, 113–119.
DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/63/1845>
28. Hájos, M.T., Rubóczki, T., Raczkó, V. (2015): Evaluation of morphological parameters and bioactive compounds in different varieties of beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Esculenta* GURKE var. *Rubra* L.). *International Journal of Horticultural Science*, 21(3–4), 31–35.
DOI: <https://doi.org/10.31421/IJHS/21/3-4/1172>
29. Hall, J.C. (1998): Glycine. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 22(6), 393–398. DOI: <https://doi.org/10.1177/0148607198022006393>
30. Hegedűs, A. (2013). A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése. Budapest, Budapesti Corvinus Egyetem, Kertészettudományi Kar, Genetika és Növénynevelés Tanszék.
31. Hegedűs, A., Stefanovitsné B., É. (2012): Természetes antioxidáns forrásunk: A gyümölcs. Debreceni Egyetem, AGTC, Kertészettudományi Intézet.
32. Hoseini, S.M., Majidiyan, N., Mirghaed, A.T., Hoseinifar, S.H., Van Doan, H. (2022): Dietary glycine supplementation alleviates transportation-induced stress in common carp, *Cyprinus carpio*. *Aquaculture*, 551, 737959.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.737959>
33. Jennings, B.A., Willis, G. (2015): How folate metabolism affects colorectal cancer development and treatment; a story of heterogeneity and pleiotropy. *Cancer Letters*, 356(2, Part A), 224–230.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2014.02.024>
34. Joachim H. von E, (2001): Betalains. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, (1) F3.1.1-F3.1.7
DOI: <https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0301s00>
35. Kovács A. (szerk.) (2011): Gyökérzöldségek termesztése. Mezőgazda Kiadó, Budapest
36. Leustek, T., Martin, M., Bick, J., Davies, J. (2000): Pathways And Regulation Of Sulfur Metabolism Revealed Through Molecular And Genetic Studies. *Annual review of plant physiology and plant molecular biology*, 51, 141–165.
DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.51.1.141>
37. Lever, M., Slow, S. (2010): The clinical significance of betaine, an osmolyte with a key role in methyl group metabolism. *Clinical Biochemistry*, 43(9), 732–744.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiochem.2010.03.009>
38. Liliana, C., Oana-Viorela, N. (2020): Red Beetroot: Composition and Health Effects - A Review. *Journal of Nutritional Medicine and Diet Care*, 5(2).
DOI: <https://doi.org/10.23937/2572-3278.1510043>
39. Lu, S.C. (2000): S-Adenosylmethionine. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology*, 32(4), 391–395.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1357-2725\(99\)00139-9](https://doi.org/10.1016/S1357-2725(99)00139-9)
40. Miraj, S. (2016): Chemistry and pharmacological effect of *Beta vulgaris*: A systematic review. 6.

41. Monteiro, R., Azevedo, I. (2010): Chronic Inflammation in Obesity and the Metabolic Syndrome. *Mediators of Inflammation*, 2010, e289645.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2010/289645>
42. Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Spórna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michałowski, T., Wybraniec, S. (2011): Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *Food Chemistry*, 127(1), 42–53.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2010.12.081>
43. Nilsson, T. (1970): Studies into the pigments in beetroot (*Beta vulgaris* L. ssp. *Vulgaris* var. *Rubra* L.). *Lantbrukshogskolans Annaler*, 36, 179–219.
44. Rahimi, P., Abedimanesh, S., Mesbah-Namin, S.A., Ostadrahimi, A. (2019): Betalains, the nature-inspired pigments, in health and diseases. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 59(18), 2949–2978.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2018.1479830>
45. Rebecca, L.J., Sharmila, S., Das, M.P., Seshiah, C. (2014): Extraction and purification of carotenoids from vegetables. 6.
46. Rivoira, L., Studzińska, S., Szultka-Młyńska, M., Bruzzoniti, M.C., Buszewski, B. (2017): New approaches for extraction and determination of betaine from *Beta vulgaris* samples by hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 409(21), 5133–5141.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00216-017-0461-0>
47. Rodriguez-Mateos, A., Vauzour, D., Krueger, C.G., Shanmuganayagam, D., Reed, J., Calani, L., Mena, P., Del Rio, D., és Crozier, A. (2014): Bioavailability, bioactivity and impact on health of dietary flavonoids and related compounds: An update. *Archives of Toxicology*, 88(10), 1803–1853.
DOI: <https://doi.org/10.1007/s00204-014-1330-7>
48. Said, H.M. (2012): Biotin: Biochemical, Physiological and Clinical Aspects. *Water Soluble Vitamins: Clinical Research and Future Application* (o. 1–19). Springer Netherlands. DOI: https://doi.org/10.1007/978-94-007-2199-9_1
49. Sarkadi L. (2007). *Biokémia mérnök szemmel*. Typotex kiadó, Budapest
50. Scalbert, A., Johnson, I.T., Saltmarsh, M. (2005): Polyphenols: Antioxidants and beyond. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 81(1), 215S–217S.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ajcn/81.1.215S>
51. Shashirekha, M.N., Mallikarjuna, S.E., Rajarathnam, S. (2015): Status of Bioactive Compounds in Foods, with Focus on Fruits and Vegetables. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55(10), 1324–1339.
DOI: <https://doi.org/10.1080/10408398.2012.692736>
52. Singh, B., Hathan, B.S. (2014): Chemical composition, functional properties and processing of Beetroot—A review. 5(1), 6.
53. Singleton, V.L., Rossi, J.A. (1965): Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16, 144–158.
54. Slavin, J.L., Lloyd, B. (2012): Health Benefits of Fruits and Vegetables. *Advances in Nutrition*, 3(4), 506–516.
DOI: <https://doi.org/10.3945/an.112.002154>

55. Somos A. (1975): Zöldségtermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest
56. Souci, S.W., Fachmann, W., és Kraut, H. (1986): Food composition and nutrition tables. Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft, Stuttgart.
57. Stuart J.M., Derek L., Ian F.W.M., Zoe L.C., Anil K.M., Malcolm J.L., Jonathan G. (2004): Folate, homocysteine, endothelial function and cardiovascular disease. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnutbio.2003.08.010>
58. Swaminathan, R. (2003): Magnesium Metabolism and its Disorders. *The Clinical Biochemist Reviews*, 24(2), 47–66.
59. Székely, D., Furulyás, D., Stéger-Máté, M. (2019): Investigation of Mineral and Vitamin C Contents in Different Parts of Beetroots (*Beta vulgaris* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(3). DOI: <https://doi.org/10.15835/nbha47311394>
60. Székely, D., Illés, B., Stéger-Máté, M., Monspart-Sényi, J. (2016): Effect of drying methods for inner parameters of red beetroot (*Beta vulgaris* L.). *Acta Universitatis Sapientiae, Alimentaria*, 9(1), 60–68. DOI: <https://doi.org/10.1515/ausal-2016-0006>
61. Tamilselvan, K., 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. *International Food Research Journal*, 21, 1305–1312.
62. Vargas-Rubóczki, T., Takacs-Hajos, M. (2019): Folic acid content of beetroot leaf and root by different growing stages and genotypes. *Acta Agraria Debreceniensis*, 115–119. DOI: <https://doi.org/10.34101/actaagrar/2/3688>
63. von Elbe, J.H., Maing, I.-Y., & Amundson, C.H. (1974): Color Stability of Betanin. *Journal of Food Science*, 39(2), 334–337. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1974.tb02888.x>
64. Wirtz, M., Droux, M. (2005): Synthesis of the sulfur amino acids: Cysteine and methionine. *Photosynthesis Research*, 86(3), 345–362. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11120-005-8810-9>
65. Wootton-Beard, P.C., Ryan, L. (2011): A beetroot juice shot is a significant and convenient source of bioaccessible antioxidants. *Journal of Functional Foods*, 3(4), 329–334. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2011.05.007>
66. Wylie, L.J., Kelly, J., Bailey, S.J., Blackwell, J.R., Skiba, P.F., Winyard, P.G., Jeukendrup, A. E., Vanhatalo, A., Jones, A. M. (2013): Beetroot juice and exercise: Pharmacodynamic and dose-response relationships. *Journal of Applied Physiology*, 115(3), 325–336. DOI: <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00372.2013>
67. Yoo, J.H., Choi, G.D., Kang, S.S. (2000): Pathogenicity of Thermolabile Methylene-tetrahydrofolate Reductase for Vascular Dementia. *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology*, 20(8), 1921–1925. DOI: <https://doi.org/10.1161/01.ATV.20.8.1921>
68. Zeisel, S.H., Caudill, M.A. (2010): Choline. *Advances in Nutrition*, 1(1), 46–48. DOI: <https://doi.org/10.3945/an.110.1010>

8. Köszönetnyilvánítás

Dolgozatom végén szeretném kifejezni köszönetemet azoknak, akik hozzájárultak az elkészüléséhez.

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Stefanovitsné Dr. Bányai Évának és Dr. Mednyánszky Zsuzsannának, akik mindvégig segítettek, bíztattak és jó tanácsokkal láttak el a dolgozatom írása közben. Mindig számíthattam rájuk, bármilyen kérdéssel, problémával fordultam feléjük. Ötleteikkel és iránymutatásaikkal színesebbé tették dolgozatomat.

Szeretném megköszönni a családomnak is a sok támogatást, amit kaptam tőlük, hogy mindig türelemmel fordultak felém és bíztattak, nem csak a dolgozatom írása közben, hanem egyetemi tanulmányaim során mindvégig.