



SZEGEDI TUDOMÁNYEGYETEM
UNIVERSITAS SCIENTIARUM SZEGEDIENSIS
MÉRNÖKI KAR

Antioxidáns hatású gyümölcszelé termékek fejlesztése

TDK-DOLGOZAT

Szatmári Patrik

IV. évfolyamos élelmiszermérnök

Hallgató

Élelmiszermérnöki Intézet

Konzulensek:

Dr. Gyimes Ernő

Egyetemi docens

Csercsics Dóra

Intézeti Mérnök

SZEGED

2022.

TARTALOMJEGYZÉK:

BEVEZETÉS	4
CÉLKITŰZÉS	5
I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS	6
1.1 Funkcionális élelmiszerek fogalma	6
1.2 A funkcionális élelmiszerek élettani hatásai	6
1.3 A magyarországi táplálkozás jellemzői	8
1.4 Oxidációs folyamatok és az antioxidánsok működése	9
1.5 Az antioxidánsok csoportosítása és a főbb antioxidánsok	9
1.5.1 C-vitamin (L-aszkorbinsav)	10
1.5.2 Az E-vitamin	11
1.5.3 Karotinoidok	11
1.5.4 Polifenolok	12
1.6 Analitika alapjai	12
1.6.1 Minta előkészítés	13
1.6.2 UV-VIS vizsgálatok	14
1.7 Néhány antioxidáns kapacitás meghatározási módszer	16
1.7.1 β -karotinoid elszíntelenedésén alapuló módszer	16
1.7.2 Kemilumineszcencián alapuló módszer	17
1.7.3 FRAP-módszer: összes antioxidáns kapacitás meghatározása	17
1.7.4 TEAC-módszer: összes antioxidáns kapacitás meghatározása	17
1.7.5 E-vitamin (α -tokoferol) kimutatása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás eljárással	18
1.7.6 Összes polifenol tartalom meghatározása	18
1.7.7 C-vitamin tartalom meghatározása 2,6-diklór-fenol-indofenolos titrimetriával	18
1.7.8 C-vitamin tartalom meghatározása spektrofotometria segítségével	19
1.7.9 C-vitamin tartalom minőségi meghatározása stabil izotópok segítségével	22
1.8 Az édesipari termékek jellemzői	22
1.9 Édesipari zselékről általánosan	23
II. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK	26
Célkitűzés	26
2.1. Felhasznált anyagok	26
2.2. Vizsgálati módszerek	26
2.2.1. Kísérleti minták készítése	26
2.2.2. Antioxidáns hatás mérése	29
III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	33
3.1. Kísérleti minták bemutatása	33
3.1.1. Pektinzselé szamóca ízesítésű	33

3.1.2.	Agarzselé piros ribizli ízesítésű.....	35
3.1.3.	Agarzselé málna ízesítésű	36
3.1.4.	Pektinzselé áfonya ízesítésű.....	34
3.1.5.	Agarzselé szamóca ízesítésű	37
3.1.6.	Pektinzselé piros ribizli ízesítésű	34
3.1.7.	Pektinzselé málna ízesítésű.....	35
3.1.8.	Agarzselé áfonya ízesítésű	38
3.2.	Érzékszervi vizsgálatok eredményei.....	38
3.3.	Antioxidáns kapacitás	41
3.3.1.	FRAP MÉRÉS	41
3.3.2.	DPPH MÉRÉS	42
ÖSSZEFOGLALÁS		43
IRODALOMJEGYZÉK.....		44
IV. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....		47

BEVEZETÉS

Témaválasztás kapujában két dolgot tudtam. Az egyik, hogy mindenképp olyan TDK-dolgozatot szeretnék csinálni, amiben analitika áll a középpontban. A jövőmet laborban képzelem el és az analitika volt az egyik kedvenc tantárgyam, így a választás ezen része könnyű volt. A másik dolog, amit tudtam, hogy az édesiparban szeretnék dolgozni. Ez a két pont volt biztos, ezt mondtam a témavezetőmnek is, aki a kettőt ötvözve találta ki ezt a témát számomra.

Fogyasztói magatartásom az elmúlt években sokat változott és egyre inkább törekszek az egészségesebb élelmiszerek fogyasztására. Egészségesebbnek mondhatóak az általam vizsgált gyümölcszelék is antioxidáns tartalmuk révén.

OTDK-dolgozatom témája a különböző gyártási technológiákkal készített gyümölcszelék. A gyümölcszelék alapjául szolgáló recepteket én kísérleteztem ki, kapott kiindulási receptből. Az elkészült gyümölcszeléknek vizsgáltam a dolgozatom fő szempontját jelentő antioxidáns tartalmat, illetve érzékszervi bírálatot is készítettem. Az antioxidáns tartalmaz két féle módszerrel vizsgáltam. Ezek a FRAP és a DPPH módszerek voltak. Antioxidáns vizsgálat során vizsgáltam 2022 júniusában és 2022 szeptemberében készült mintákat is, hogy megnézzem, hogyan változik az antioxidáns kapacitás az idő múlásával. Megállapítottam, hogy a legtöbb esetben a vizsgált időszak alatt szignifikáns eltérés nem jelentkezett az antioxidáns kapacitás tartalmat tekintve és hogy az alkalmazott gyümölcsök követik az irodalmi adatok tendenciáit.

Dolgozatom során tárgyaljuk a funkcionális élelmiszereket, hazánk élelmiszerfogyasztásainak néhány jellemzőjét. Szó lesz az antioxidánsok hatásáról, konkrét antioxidánsokról és ezek kimutatási módszereiről.

Az érzékszervi bírálat alapján meghatároztuk a legjobban és legrosszabbul sikerült mintákat. Összehasonlítást végeztünk a vizsgált tulajdonságok, illetve a felhasznált gélek közötti értékek alapján.

A dolgozat középpontjában az elkészült gyümölcszelék antioxidáns kapacitásának mérése állt. A kapacitást kétféle módszerrel mértük, majd a kapott eredményeket összehasonlítottuk.

CÉLKITŰZÉS

Célkitűzés volt dolgozatunk során, hogy néhány valódi gyümölcs felhasználásával édesipari zselétermékeket készítsünk, majd azok antioxidáns tartalmát vizsgáljuk frissen, és tárolás utáni állapotában.

Célunk volt TDK-dolgozásunk során a legjobb érzékszervi tulajdonságokkal rendelkező gyümölcszselék elkészítése, hogy az érzékszervi bírálatra a legjobbakat tudjuk vinni. A recepteken rengeteg mindent változtattunk kutatásunk során, tekintve, hogy a megfelelő zselé szerkezet kialakulását több paraméter is befolyásolja.

I. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A FUNKCIONÁLIS ÉLELMISZEREKRŐL ÁLTALÁBAN

1.1 Funkcionális élelmiszerek fogalma

A funkcionális élelmiszerek előállítása és felhasználása, már a középkorban is elterjedt volt, noha akkor még nem erre a névre hallgattak, a valamilyen különleges kiegészítéssel ellátott élelmiszerek. A középkori Európában a vashiány kezelése ellen almába vasszeget szúrtak, majd adott idő eltelte után kihúzták és ezt fogyasztották a vashiányosok, főként a gyerekek. A 20. század elején Svájcban a golyva megelőzésének céljából alkalmazták először a jódozott sót, amely már egy funkcionális élelmiszernek tekinthető. (Csapó-Albert, 2018)

Funkcionális élelmiszernek olyan élelmiszereket nevezünk, amelyek hiánybetegségek kialakulásának esélyét csökkenteni képesek, vagy amelyek a már kialakult hiánybetegség tüneteire hatással lehetnek, akár meg is szüntethetik azokat. A funkcionális élelmiszerek olyan termékek, amelyek az adott komponenseket, magasabb mennyiségben tartalmazzák, mint a viszonyítási alap 100 grammja, viszonyítási alap a hagyományos élelmiszer. Más értelemben funkcionális élelmiszernek hívjuk azokat a termékeket is, amelyek az adott komponens az átlagosnál alacsonyabb mennyiségben tartalmazzák, ilyenek például a szénhidrátcsökkentett termékek, amelyeket hívhatnánk fehérjével és/vagy rosttal dúsított termékeknek is, ugyanis, ha az egyik komponens mennyiségét csökkentjük, egy másik komponens mennyiségének növekednie kell, amely sütőipari termékek esetében fehérjével vagy rosttal történő dúsítást jelent. (Csapó-Albert, 2018)

1.2 A funkcionális élelmiszerek élettani hatásai

Az adott alkotóelemek megfelelő mennyiségben pozitívan hatnak az emberi szervezetre a hagyományos élelmiszerekkel ellentétben nem csak megfelelő energia- és tápértékkel rendelkeznek, hanem egészségvédő szerepet is betöltenek. A funkcionális élelmiszerek a különböző hiánybetegségek okozta elváltozások kezelésére is alkalmasak. (Csapó-Albert, 2018)

Hiánybetegségek kialakulásának oka főként a nem megfelelően változatos táplálkozás, de egészségügyi oka is lehet, például a vashiányt okozhatja felszívódási probléma, illetve nők esetében menstruáció során a vérveszteség is.

Azt a folyamatot, amely során egy adott élelmiszer komponens mennyiségét megnöveljük mesterségesen, dúsításnak nevezzük. (Csapó-Albert, 2018)

Korábban a margarin gyártás során nem alkalmaztak hozzáadott vitaminokat és ezek hozzáadása a mai napon sem kötelező, de általánosan elterjedt a vitaminnal történő dúsítás.

Amennyiben a gyártó vitaminnal dúsítja a termékét, akkor az uniós rendelet (1169/2011/EU rendelet) alapján meghatározott minimális értéket el kell, érje a termékben lévő vitamin mennyisége. (Anon 2020)

Funkcionális élelmiszerek közé tartoznak a gluténmentes termékek is, mint pl.: az *1. ábrán* látható gluténmentes liszt is. Ezen termékek esetében az ellenreakciót kiváltó gliadint kukorica vagy rizs liszttel helyettesítik. (Csapó-Albert, 2018)



1. ábra Gluténmentes liszt

Az újonnan kifejlesztett funkcionális termékek esetében általában azt vizsgálják a piacra kerülésük előtt, hogy a túladagolás milyen kockázatokkal járhat, illetve, hogy kifejti-e a kívánt hatását. (Anon 2020)

Funkcionális termékek gyártásának több lehetősége is van. Első, amikor az adott élelmiszert dúsítjuk valamilyen jótékony komponenssel például vitaminnal. Második lehetőség, hogy az élelmiszert olyan nyersanyagból állítjuk elő, amely alapból rendelkezik jótékony hatással, vagyis valamilyen értelemben funkcionálisnak tekinthető. Ilyen lehet például a brokkoli, a lazac, a chia mag. Lehet a káros alkotó eltávolításával, majd az adott fogyasztói csoport számára is ártalmatlan anyaggal történő helyettesítéssel. (Csapó-Albert, 2018)

Egyes vitaminokat, például az aszkorbinsavat túl tudjuk adagolni könnyen, révén annak, hogy egy vízoldható vitaminról beszélünk. A túladagolás ebben az esetben nem azt jelenti, hogy hányinger, látászavar, görcsök alakulnak ki, hanem hogy hosszútávon a szervezetben valamilyen féle elváltozás fog bekövetkezni. Jelen esetben ez úgy néz ki, hogy a C-vitaminból oxálsav, keletkezik, amely kristályokat eredményez, amelyek a vesén megtapadnak, ezt nevezzük vesekőnek. (Csapó-Albert, 2018)

Fiziológiás hatásai a funkcionális élelmiszereknek:

Lehet keringési rendszerre jótékony hatással, csökkentheti a vérnyomást és a koleszterinszintet is. Ilyen tulajdonsággal bírnak az omega-3, omega-6 zsírsavak, amelyeket

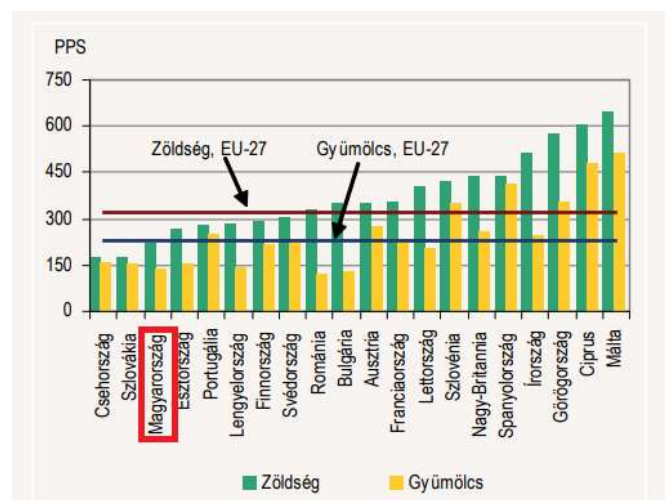
előszeretettel alkalmaznak a korábban említett margarinok dúsításánál is. Jelen van a chiamagban és a lazacban is, amely élelmiszerek önmagukban is funkcionális élelmiszernek és funkcionális élelmiszer nyersanyagának számítanak. (Csapó-Albert, 2018)

Funkcionális élelmiszerek a csökkentett cukor -és zsírtartalmú termékek is, amelyek a gluténmentes liszthez hasonlóan egy adott társadalmi csoport számára kerültek kifejlesztésre, vagyis vannak olyan funkcionális élelmiszerek, amelyek az elhízás megelőzése érdekében készülnek vagy az elhízás kezelésére. (Csapó-Albert, 2018)

Az antioxidánsok szerepe a táplálkozásban és kimutatásuk módszerei

1.3 A magyarországi táplálkozás jellemzői

Magyarország a Balkán-félsziget országaihoz közel található ország, a Trianoni békeszerződés előtt Balkáni ország volt részben, e tényezők hatása a mai napokban is érezhető a társadalmi, valamint táplálkozási szokásokat tekintve. A társadalom nagy részét érinti valamilyen civilizációs betegség/alapbetegség, mint például a szív- és érrendszeri megbetegedések, magasvérnyomás, illetve a különböző daganatos megbetegedések. (Balogh, 2010)



2. ábra Az Európai Unió tagállamain belül a magánháztartások zöldségre -és gyümölcsre vonatkozó kiadásai (2005) (Forrás: KSH, 2007)

Ezen betegségek a dohányzáson és alkoholizmuson, valamint a mozgásszegény életmódon túl visszavezethetőek az egészségtelen és nem változatos táplálkozásra, a kevés zöldség- és gyümölcs fogyasztásra is, ahogy az a 2. ábrán is látható.

A magyarországi emberek táplálkozására jellemző továbbá a túlzott só bevitel és a sok zsír -és olaj fogyasztás, felhasználás. A megfelelő táplálkozás szerepet játszik az egészség megőrzésében és a megfelelő fejlődésben. Magyarország lakosságának 60%-a túlsúlyos a

legfrissebb Európai Uniói felmérés szerint, ezzel 7%-kal meghaladva az EU-s átlagot. (ec.europa.eu, 2021)

1.4 Oxidációs folyamatok és az antioxidánsok működése

Az emberi, állati és növényi szervezetekben a sejtek élete során oxidációs folyamatok játszódnak le, amelyek a szabad gyökök számának növekedésével járnak. A szabadgyökök párosítatlan elektronnal rendelkeznek, ezért rövid az élettartamuk, hamar reakcióba lépnek elektronszerzés céljából. A szabad gyökök rendelkeznek pozitív hatásokkal is, de ezek felelősek a zsírok avasodásáért, vagyis az élelmiszerek romlását katalizálják. A szabad gyökök hatására aldehidek, ketonok keletkeznek, illetve a vitaminok és egyéb biológiailag érzékeny komponensek is károsodhatnak. Szabadgyökök külső és belső stresszhatások eredményeként képződnek. Ilyen lehet például a külső tényezők közül a radioaktív sugárzás és a dohányfüst. Belsőkhöz tartozik a rendszeres alkoholfogyasztás. A keletkező szabadgyökök a szervezetet és az élelmiszereket felépítő fehérjéket, szénhidrátokat lipideket károsítják gyökös mechanizmusú láncreakcióval. (Balogh, 2010)

Az antioxidánsok a szabad gyökök ellen hatnak, így gátolják azoknak káros kémiai reakcióit és a negatív hatású termékeinek keletkezését. Az antioxidánsok meghatározására konkrét definíció nincs, mivel többféleképpen is hatnak. Feldolgozás során az élelmiszerek, nyersanyagok antioxidáns kapacitása kimerül, így felborul az egyensúly, ami az oxidatív stressz állapotát eredményezi. Az oxidatív stressz az az állapot, amikor felborul az egyensúly az antioxidánsok és a szabadgyökök között. (Jórárt, 2020)

Az antioxidánsok működési elvüket tekintve gátolhatják a gyökök kialakulását, vagy a már létező gyököt képesek megkötni, e tulajdonságuk az antioxidáns és a megkötendő szabadgyök koncentrációtól függ. (Cornetti, 2009) A túl alacsony vagy túl magas koncentrációban alkalmazott antioxidáns tartalmú értrendkiegészítők alkalmazása mellett van esély a prooxidánsok kialakulására, amelyek felgyorsítják a lipidek oxidációját, elősegítik a szabad gyökök keletkezését. (Jórárt, 2020)

1.5 Az antioxidánsok csoportosítása és a főbb antioxidánsok

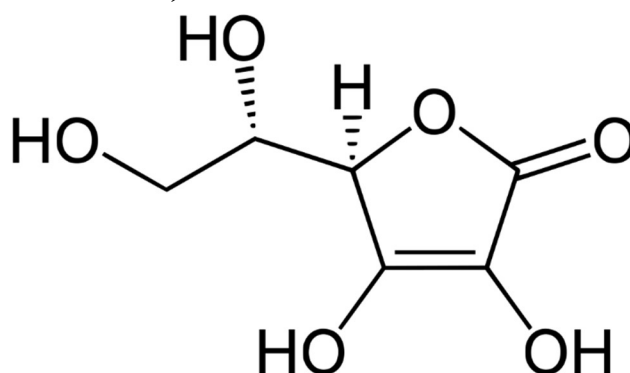
Az antioxidánsokat többféleképpen is csoportosíthatjuk. Vannak, amelyeket a szervezet önállóan képes előállítani ilyenek az enzimek és vannak, amelyeket nem, ezek a vitaminok és a különböző ásványi anyagok, amelyek lehetnek antioxidáns hatásúak, illetve erősíthetik az antioxidánsok hatását. (Anon 2021)

Az antioxidánsok lehetnek lipofilek, mint a β -karotin és az E-vitamin (α -, γ -, δ -tokoferol) hidrofilek, mint a C-vitamin (L-aszkorbinsav) és a polifenolok, valamint lehetnek szerkezeti antioxidánsok, mint a szelén. (Cornetti, 2009)

Az antioxidánsokat csoportosíthatjuk továbbá a láncreakcióval szembeni viselkedésük alapján. Lehetnek láncreakciót megszakító antioxidánsok, ezeket elsődleges antioxidánsoknak nevezzük és lehetnek másodlagosak vagy másnéven védő antioxidánsok. Elsődlegesek közé tartozik pl.: a C-vitamin, másodlagosak közé a polifenolok. (Apak et al., 2007)

Az emberi szervezet az aszkorbinsavat, a tokoferolokat, flavonoidokat és karotinoidokat nem tudja előállítani, így ezeket külső forrásból kell bevennünk táplálkozásunk során. Karotinoidok kizárólag növényi eredetű táplálékokban fordulnak elő pl.: sárgarépa (Brown-Jones, 1996)

1.5.1 C-vitamin (L-aszkorbinsav)



3. ábra L-aszkorbinsav

A C-vitamin egy olyan antioxidáns hatású vitamin, amelyet az élelmiszeripar régóta használ, technológiai segédanyagként például a sütőiparban, illetve funkcionális hatásai miatt elterjedten. Az emberi szervezet a legtöbb állathoz hasonlóan az előállítására nem képes, így mindenképp külső forrásból kell bevenni. Hiányában alakul ki a skorbut, amely az első népbetegséggént, hiánybetegséggént jelent meg nagy számban a 16. sz. során. (Brown-Jones, 1996)

Semlegesíteni tudja például a szuperoxid-, a hidroperoxid-, a hidroxil, az NO és az NO₂ gyököket, valamint a szinglet oxigént (Brown-Jones, 1996).

Szerepe van több hormon, kötő -és támasztószövet keletkezésében, fokozza a vas és réz felszívódását, javítja a felvett oxigén hasznosulását, elősegíti a sebek gyógyulását és a gyulladásos folyamatok lefutását. (Brown-Jones, 1996).

„Az aszkorbinsav olyan vitamin, melyet élelmiszerként kell fogyasztani, mert az emberiség a trópusi dzsungelokban nőtt fel, ahol az aszkorbinsav bőségesen állt rendelkezésre, és semmi szükség sem volt gyártására. Gyanítom, hogy a régi bibliai történet az elveszett paradicsomról tulajdonképpen a bőséges aszkorbinsav-ellátottságról, a trópusi dzsungelról szól.” (Szent-Györgyi)

Megtalálható a citrusfélékben, leveles zöldségekben, májban, csipkebogyóban, nagy mennyiségben. (Véha, 2020)

1.5.2 Az E-vitamin

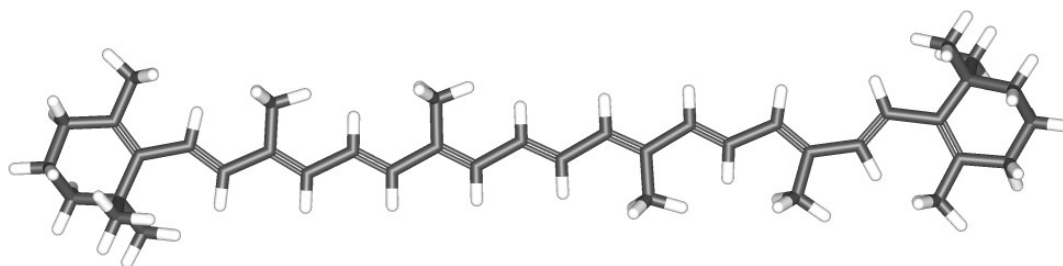
Az E-vitamin egy zsírban oldódó antioxidáns hatású vitamin. 8 tokoferol formájában fordul elő, ebből az alfa a legfontosabb az emberi szervezet működésének szempontjából. (Sigounas et al.,1997; Pryor, 2000).

Gátolja a peroxidációt, fokozza az állóképességet és csökkenti a fáradtságot. Az E-vitamint tokoferolnak is szokás nevezni, sejt szinten fejti ki hatását, gátolja az öregedési folyamatokat, hiányában izomsorvadás és vérszegénység alakul ki. Búzacsírában, vajban növényi olajokban fordul elő. (Véha, 2020)

A C-vitaminnal együtt működve bizonyos betegségek kialakulásának kockázatát csökkenti, csökken az érelmeszesedés kockázata (Lee et al. 2006; Cook et al. 2007), alkalmas a Parkinson-kór kezelésére és az Alzheimer-kór lefolyásának lassítására. (Klipstein-Grobusch et al., 1999)

1.5.3 Karotinoidok

A karotinoidok a növényekben előforduló pigmentanyagok. Legnépszerűbb a béta-karotin, ami az A-vitamin provitaminja, hiányában közvetve farkasvakság alakul ki. Fontos karotinoidok még a paradicsomban nagy mennyiségben előforduló likopin és a szem egészséges működéséhez hozzájáruló lutein. A likopin a férfiak esetében a prosztatatarák megelőzésében játszik fontos szerepet. (Csapó-Albert, 2018)



4. ábra Béta-karotin 3D-s szerkezeti képlete

Elsőrendű antioxidánsként hatástalanítani képes az UV-sugárzás hatására keletkezett szabadgyököket így elősegíti a bőrünk védelmét a nap sugaraival szemben. (Lee et al.,2006),

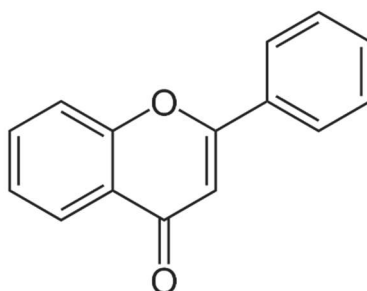
A legtöbb vitaminnal és antioxidánsal ellentétben a karotinoidok hatása, felszabadulása és hasznosulása hőkezelés pl.: főzés hatására nem romlik, sőt főzés esetében több a felszabaduló karotinoid mennyiség, bizonyított, hogy a feldolgozott paradicsom nagyobb mennyiségben tartalmaz likopint, mint ha nyersen fogyasztanánk azt. (Shi- Maguer, 2000).

1.5.4 Polifenolok

Az élelmiszeripar manapság szinte csak természetes antioxidánsokat alkalmaz, korábban előfordultak a szintetikus fenolok is, mint pl.: 2,6-di-terc-butil-4-metil-fenol.

A polifenolok növényektől származó másodlagos anyagcseretermékek. (Csapó-Albert, 2018)

A polifenolok csoportjába tartoznak a flavonoidok. A flavonoidok a növények színének és ízének kialakításában játszanak szerepet, előfordulnak a különböző gyökérművényekben és a citrusfélékben. (Lugasi, 2000; Manach et al., 2004)



5. ábra Flavon molekuláris szerkezeti képlete

Polifenolok legjobb forrásai a gyümölcsök, mint például az alma és az áfonya, előfordulnak a koffein tartalmú növényekben is, mint a kávé és a tea. Szív- és érrendszeri jótékony hatással rendelkeznek a polifenol vegyületcsoporttal rendelkező élelmiszerek. (Csapó et al. 2019)

Megtalálható a vörösborban, erősíti a C -és E-vitaminok hatását. Az alkoholmentes vörösbor nem káros az egészségre továbbá növeli a plazma teljes antioxidáns kapacitását. (Szabó, 2012)

1.6 Analitika alapjai

Antioxidáns kapacitás alatt az adott élelmiszer teljes antioxidáns tartalmát értjük. A gyümölcsök és a jelen esetben gyümölcszselék formájában felhasznált gyümölcsök antioxidáns tartalmát több tényező is befolyásolja. Ilyenek lehetnek a faj, genotípus, a gyümölcs fajtája pl.: csonthéjas vagy almatermésű, az évszak, az érettségi állapot, a talaj adottságai stb. (Hegedűs, 2013)

A különböző természetes módon lezajló biokémiai és enzimatisz folyamatok, valamint a mérések tökéletlensége miatt egyik antioxidáns tartalom meghatározási módszer sem képes 100%-ig pontosan meghatározni az antioxidáns tartalmat, így gyakorlatban általában több mérési módszer összehasonlítása alapján állapítják meg az összes antioxidáns tartalmat. (Frankel-Meyer, 2000)

Ha egy élelmiszer antioxidáns tartalmát vizsgáljuk, akkor egy komplex biológiai rendszert vizsgálunk, amelyben megtalálhatóak cukrok, ásványi anyagok, fehérjék, zsírok stb., amelyek befolyásolják a kapott eredményt, így még in vitro vizsgálatok esetében, standart oldatoknál is eltér a meghatározott antioxidáns mennyiség a különböző módszerek alkalmazása során. (Cao-Prior, 1998; Ou et al. 2002)

Az antioxidáns tartalom vizsgálata napjainkban egyre elterjedtebb, az egészségtudatos táplálkozás terjedésével egyre több embernek számít, hogy mit visz be a szervezetébe, így a cégek elkezdtek új antioxidáns tartalom meghatározási módszereket kifejleszteni és egyre több élelmiszeren jelenik meg a C -és E-vitamin tartalom pl.: egy gyümölcsleves esetében. (Cornetti, 2009)

A jelenleg analitika során használ antioxidáns tartalom meghatározási módszereket két csoportba sorolhatjuk (Frankel-Meyer,2000): Vannak a hidrogénatom átmenettel járó reakciók ez az úgynevezett HAT-módszer. Ez a módszer az antioxidáns szabadgyökfogó képességének mérésén alapszik, illetve vannak az elektronátmenettel járó reakciók, ezek az ET-reakciók. (Ghiselli et al., 2000). ET-reakció általában színváltozással jár és a színváltozás alapján lehet meghatározni az antioxidáns tartalmat. (Apak et al., 2007).

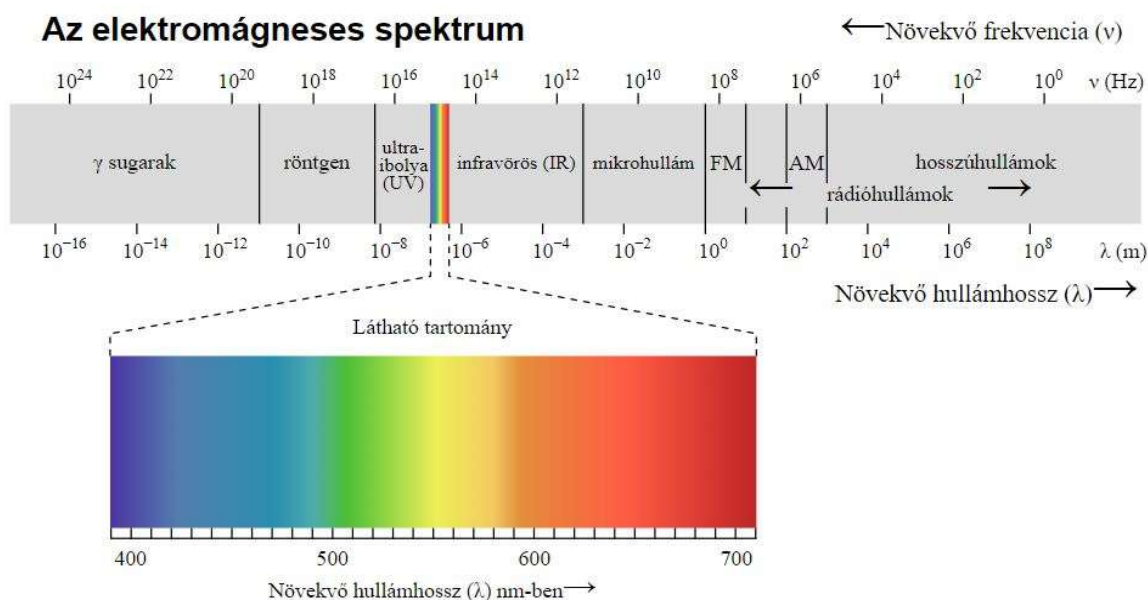
1.6.1 Minta előkészítés

Mielőtt egy adott terméket vizsgálni szeretnénk, azelőtt analitika szempontjából vizsgálhatóvá kell tenni azt. Élelmiszerek esetében, a vizsgálandó komponens egy bonyolult mátrix része, ebből kell kiválasztanunk és vizsgálhatóvá tennünk az adott komponenst. A minta előkészítésnek alapvetően 4 lépése van. Első a minta oldása, majd az oldhatatlan minták feltárása, szerves anyagok mineralizálása és az elválasztás, valamilyen elválasztó módszerrel. Élelmiszerek esetében jól alkalmazható oldószer a víz, a hidrophil anyagok kioldására. Hidrofóbok esetében kloroformot, petrolétert alkalmazunk a leggyakrabban. A minta oldásának első lépése a szobahőmérsékletű desztillált víz alkalmazása, ha ez nem elegendő, akkor ezt követi a forró desztillált víz alkalmazása, ha szükséges szűrés és centrifugálás követi. Ha vannak még zavaró komponensek, akkor következik a 10-20%-os HCl oldat alkalmazása szobahőmérsékleten majd forrón, ezután a 2-10%-os NaOH oldat, amennyiben ezek sem elegendőek a mátrixban lévő kísérők eltávolítására, akkor alkalmazzuk a feltárás módszerét. Feltárás során redox reakciókat, illetve a Lewis-féle savbázis elméleten alapuló reakciókat alkalmazzuk. Szerves anyagok mineralizálása történhet égetéssel módszerrel, illetve roncsolásos módszerrel pl.: Kjeldahl- féle fehérjevizsgálat. Az elválasztó módszerek alapja lehet az oldhatóság, illékonyság és a szorpciós képesség, valamint különböző mechanikai módszereket is alkalmazhatunk az elválasztásra. A legtöbb élelmiszeralkotó előkészítési

folyamatait szabvány tartalmazza. Pl.: tejcukortartalom meghatározásnál a tejporból való kiindulástól a tejcukor vizsgálatának utolsó lépéséig követendő szabvány az: MSZ 3701/1-1988 szabvány. (Jó járt, 2021)

1.6.2 UV-VIS vizsgálatok

Az adott molekula vagy atomenergetikai szempontból mindig a legalacsonyabb energiaszinten tartózkodik. Ha a mintát elektromágneses sugárzással kölcsönhatásba hozzuk, akkor a minta energiaállapota megváltozik, vagyis az alapállapotból gerjesztett állapotba kerül. Az energiaminimumra való törekvés miatt gerjesztett állapotban az adott atom vagy molekula csak nagyon rövid ideig tartózkodik. Azt a folyamatot, amely során a gerjesztett állapotból visszakerül az alapállapotba, relaxációnak nevezzük, ilyenkor energiát bocsát ki. A kibocsátott energia alapján lehet az abszorbeált (elnyelt) és emittált (kibocsátott) sugárzás hullámhossza alapján jellemző mennyiségi és minőségi megállapításokat hozni a mintával kapcsolatban. (Jó járt, 2021)



6. ábra Az elektromágneses spektrum

A vizsgálatok során monokromatikus fényt használunk. A természetes fény, fehérfényt eltérő hullámhosszúságú fénysugarak keveréke, így ebből a fehérfényből egy adott hullámhosszú fényt kell kiválasztanunk. UV és VIS tartományban a látható fény kölcsönhatásba lép a mintával. A fény egy része elnyelődik, egy része visszaverődik és egy része a mintán keresztül halad, majd a mintából kilép. A különböző hullámhosszban alkalmazott fénysugarakkal végbemenő kölcsönhatások eltérnek, vagyis egy adott komplex mintának pl.: élelmiszernek más-más hullámhosszon kell az adott komponensének mennyiségét

és minőségét vizsgálunk az interferencia elkerülése és/vagy csökkentése végett. UV tartományban a vizsgálatokat 200-400 nm között végezzük, még VIS vagyis látható tartományban 400-800 nm-es tartományban. Interferencia alatt egy olyan jelenséget értünk mely során az adott vizsgált komponensekre jellemző hullámok erősítik vagy gyengítik egymást, ezért nem pontos eredményt ad a vizsgálatunk. (Jóárt, 2021)

A fényelnyelést vagy másnéven a fény abszorpcióját egy dimenzió nélküli mennyiséggel, az abszorbanciával lehet jellemezni. A vizsgált komponens mennyiségi meghatározását a Lambert-Beer törvény alapján határozhatjuk meg a komponens koncentrációja és abszorbanciája közötti összefüggés alapján. (Csapó et al., 2020)

$$A = \lg \frac{I_0}{I} \quad (1)$$

Ahol:

A: Abszorbancia []

I_0 : A besugárzó fény kezdeti intenzitása []

I: A besugárzó fény végső intenzitása []

$$A = \alpha * l * c \quad (2)$$

Ahol:

α : Abszorpciós koefficiens [$l/c * l$]

l: Optikai úthossz vagy kuvetta szélessége [l]

c: A vizsgált komponens koncentrációja [mol/l]

Ha egy adott komponenst tartalmazó oldatot sugározzunk be és annak a fényelnyelését ábrázoljuk a besugárzó fény hullámhosszának függvényében, akkor kapjuk az abszorpciós spektrumot. Az abszorpciós spektrum alapján meghatározhatjuk, hogy hol van az abszorpciós spektrum maximuma. Erre, azért van szükség, mert annál a hullámhossznál történő vizsgálattal kapunk legpontosabb eredményt, ugyanis a Lambert- Beer törvény használhatóságát nem csak az oldatok koncentrációja, és az oldott részecskék mérete, hanem a kiválasztott hullámhossz is befolyásolja. (Csapó et al., 2020)

Az abszorbancia egy additív tulajdonság, vagyis, ha a vizsgált oldatban több oldott anyag is előfordul, akkor adott hullámhosszon ezek abszorbanciája összeadódhat. A pontos eredmények érdekében, a több oldott anyagot is tartalmazó oldatok esetében vakpróbát végzünk a kísérő komponensekkel, ha azoknak a vizsgált hullámhosszon jelentős a fényelnyelése. Vakpróba során meghatározzuk a kísérő komponens abszorbanciáját, annak tiszta oldatában,

majd a vizsgálatunk során vizsgált tényleges komponens abszorbanciájának értékéből levonjuk a vakpróba során meghatározott abszorbancia értéket. (Csapó et. al 2020; Jójárt 2021)

UV-VIS vizsgálatok során spektrofotométert használunk. A spektrofotométer alapvetően 4 nagy egységből áll. Van egy fényforrás, egy monokromátor, egy mintatartó (küvetta) és egy detektor. (Jójárt 2021)

A fényforrás szerepe a megfelelő fényintenzitás biztosítása a vizsgálat teljes időtartama alatt. Fényforrásnak ultraibolya- tartományban deutérium lámpát használunk, ez 160 és 375 nm hullámhosszúságú tartományban képes előállítani a fényt. Látható és infravörös-tartományban pedig volfrám szálás izzót, amely képes akár 2500 nm hullámhosszúságú fényt is előállítani. (Csapó et. al 2020; Jójárt 2021)

A monokromátor egy olyan optikai rendszer, amely feladata a kisugárzott fény felbontása, a kiválasztott hullámhossz kiválasztása a fény szétbontásával. A monokromatikus fény előállítása tehát a szerepe, lehet prizma, illetve optikai rács. Készülhet zselatinból, üvegből, folyadékból vagy műanyagból is. (Csapó et. al 2020; Jójárt 2021).

A mintatartó egység a küvetta, amelybe a vizsgálandó oldatot helyezünk. A küvetta általában egy 1cm szélességű négyzet alapú hasáb. Készülhet kvarcból, üvegből, de műanyag is lehet. Fontos, hogy UV tartományban a műanyag és üveg küvettaakat nem lehet használni, mert ezeknek van fényelnyelése 350 nm alatt. Műanyag és üveg küvettaakat, így csak látható tartományban használunk. (Csapó et. al 2020; Jójárt 2021).

A detektor feladata az abszorpció előtt és után a fény intenzitásának mérése. Az ideális detektor esetében a jel-zaj hányados nagy, állandó a válaszjel, függetlenül az alkalmazott hullámhossztól és a jel arányos a transzmittált fény intenzitásával. A különböző spektrofotométer gyártók más-más típusú detektorokat alkalmaznak a berendezéseikben. Legelterjedtebbek a fotoelektron- sokszorozók. Ezek a beeső fény hatására a fényintenzitással arányos elektromos jelet generálnak. A kezdeti 1 foton számát a dinódák exponenciálisan megnövelik, így kis intenzitás esetében is, nagy válaszjel generálható. (Csapó et. al 2020; Jójárt 2021)

1.7 Néhány antioxidáns kapacitás meghatározási módszer

Hydrogénatom átmenettel járó antioxidáns kapacitás meghatározás-HAT módszerek

1.7.1 β -karotinoid elszíntelenedésén alapuló módszer

A mérés alapjául szolgáló molekula β -karotin. Ez egy természetes antioxidáns, amely erős fénytöréssel rendelkezik, a látható fény tartományában narancssárga színű. (Bors et al.,1984)

A β -karotin peroxilgyökökkel reagálva elszíntelenedik, Antioxidáns jelenlétében, ez a folyamat gátolt, nem játszódik le. A reakciót 443 nm-en 10 percig 7-es pH-n kell vizsgálni. Gyökgenerálónak a linolénsav autooxidációját használják ki. (Prior-Cao, 1999)

A módszer gyors, olcsó és könnyen kivitelezhető, de 443 nm-en sok az interferenciát okozó egyéb komponens, sok növényi pigmentnek van elnyelése ezen a hullámhosszon, így korrekció szükséges. (Huang et al., 2005)

1.7.2 Kemilumineszcencián alapuló módszer

A módszer alapja a gyökgenerálás, ami azofestékekkel történik, pl.: ABAP vagy AAPH termolízisével. A luminol próba során a szabadgyökök reakcióba lépnek a luminolgyökkel és fényt bocsátanak ki, az antioxidánsok ezt a folyamatot gátolják, a kibocsátott fény intenzitása csökken vagy meg is szűnik. Ha elfogy az antioxidáns, akkor a jel erőssége visszaáll, vagyis minőségi és mennyiségi megállapításokat is tehetünk a módszer segítségével könnyen. (Diaz et al.1998).

Gyakorlatban a luminol mellé para-indofenolt is adnak, így az emittált fény stabilbb és hosszabb életű lesz. (Robinson et al.1997).

A mérést 420-nm-en végezzük. (Balogh, 2010)

Elektron átmenettel járó antioxidáns kapacitás meghatározás-ET módszerek

1.7.3 FRAP-módszer: összes antioxidáns kapacitás meghatározása

A módszer a vasredukálóképességen alapszik. A vas-2,4,6-tripiridil-S-triazin -t az antioxidánsok redukálják, ez a redukciós folyamat színváltozással jár, a keletkező színt spektrofotométer segítségével 593 nm-en vizsgálva határozhatjuk meg az antioxidánstartalmat. A reakció idő 5 perc körüli, így nem csak olcsó és egyszerű, de gyors is a folyamat. Hátránya, hogy a karotinoidoknak nincs vasredukáló képességük, így ezek nem számítanak bele a meghatározott összes antioxidáns tartalomba. Illetve vannak komponensek, amelyek 5 perc vizsgálati idő alatt nem fejtenek ki hatást, így ezek szintén nem számítanak a teljes antioxidáns kapacitásba. (Cao-Prior, 1998)

A módszer lényege, hogy ferri-(Fe^{3+}) - ionok az antioxidánsok hatására ferro-(Fe^{2+}) - ionokká redukálódnak, amelyek a 2,4,6-tripiridil-S-triazin-nal reakcióba lépve színes terméket eredményeznek, amelynek abszorbanciáját vizsgálni tudjuk.

Az eredmények megadása történhet aszkorbinsavval készített kalibrációs görbe segítségével, mg aszkorbinsav/g szárazanyag mértékegységben kifejezve. (Balogh, 2010)

1.7.4 TEAC-módszer: összes antioxidáns kapacitás meghatározása

ABTS és kálium-perszulfát 49:1 arányú oldatát készítjük el, majd 12 órán keresztül sötét, elzárt helyen tároljuk szobahőmérsékleten. ABTS: 7,0 mmol/L, kálium-perszulfát: 125,0

mmol/L koncentrációban alkalmazva. A 12 óra letelte után az elegy abszorbanciáját beállítjuk 0,7-re, 7,4-es pH mellett, foszfát-puffer segítségével. Az oldatból 1960 µl-t 40 µl mintaoldattal egészítünk ki. Az ABTS és a mintaoldat összeöntését követően 20 perccel vizsgáljuk az abszorbanciát spektrofotométerrel 734 nm-es hullámhosszon. Az eredményt mmol trolox/gramm száraz tömegben kifejezve adjuk meg. (Balogh, 2010)

1.7.5 E-vitamin (α-tokoferol) kimutatása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás eljárással

A módszerrel élelmiszerek E-vitamin tartalmát határozhatjuk meg. Az élelmiszerek tokoferol tartalmát a természetes és mesterségesen hozzáadott tokoferol-acetát hidrolíziséből származó α-tokoferol összege adja meg mg/kg mértékegységben. A vizsgálat során a mintát lúgos közegben hidrolizáljuk majd sósavval savanyítjuk, ezzel az α-tokoferol-t felszabadítjuk. A felszabadult α-tokoferolokat petroléterrel extraháljuk, az extraktumot bepároljuk, majd metanolban oldjuk. Az összes α-tokoferol tartalmat nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiás módszerrel vizsgáljuk fordított fázisú UV-detektálással 292 nm hullámhosszon. (Csapó et al., 2020)

1.7.6 Összes polifenol tartalom meghatározása

Sárga színű molibdén (MoVI)-vel az antioxidáns reakcióba lép és kék színű molibdént képez. A változást 10-es pH-n és 765 nm-en vizsgáljuk. Rutinszerű analitikai vizsgálat, a vizsgált hullámhosszon egyéb komponensek fényelnyelése elhanyagolható. (Apak et al., 2007)

A kimutatás első lépése az oldatkészítés. Az oldatban 1250 µl Folin -Ciolteau reagens, 200 µl metanol-víz elegy (4:1) és 50 µl minta található. Homogenizálás után 1000 µl nátrium karbonát oldatot (0,7 M) adunk az alapoldathoz. Második lépés a kémcsövekbe kimérés majd 5 percig 50°C-os vízfürdőben áztatás. A keletkezett vegyületet $\lambda = 760$ nm-es hullámhosszágon vizsgáljuk. (Balogh, 2010)

Az eredmények megadása történhet galluszsavval készített kalibrációs görbe segítségével, mg galluszsav/g szárazanyag mértékegységben kifejezve. (Balogh, 2010)

1.7.7 C-vitamin tartalom meghatározása 2,6-diklór-fenol-indofenolos titrimetriával

A módszer lényege, hogy az aszkorbinsavat a mintából kiextraháljuk oxálsavoldattal vagy metafoszforsav-ecetsav segítségével. Az extrahálás után pedig a 2,6-diklór-fenol-indofenol oldattal titrálunk lazacrózsaszín színig. (Csapó et al., 2020)

A minta C-vitamin tartalmának függvényében 10-100 gramm mintát mérünk be 0,1 mg pontossággal. A bemért minta tömegéhez viszonyítva 1-5- szörös mennyiségű 2%-os oxálsavat alkalmazunk a mintában lévő komponensek extrahálására. Az oldatot leszűrjük, majd a kapott szűrletből kiveszünk három maradék nélkül osztható részt (aliquot). A szűrleteket titráljuk 2,6-

diklór-fenol-indofenol oldattal addig, ameddig a lazacrózsaszín meg nem marad legalább 5 másodpercig. (Csapó et al., 2020)

Titrlás előtt meghatározzuk a 2,6-diklór-fenol-indofenol oldat hatóértékét aszkorbinsav standard oldatok segítségével. A hatóértéket 1 cm^3 színezékoldattal ekvivalens aszkorbinsav mg tömegben megadott mennyiségben fejezzük ki. (Csapó et al., 2020)

Titrlás után vakpróbát végzünk. A vakpróba során a titrlás úgy végezzük, hogy a mintát nem tartalmazó extraháló oldatot titrljuk. Az eredmények számolása során, a vak próba esetében fogyott oldat térfogatot ki kell vonni a mintáknál tapasztalt fogyások értékeiből. (Csapó et al., 2020)

Az aszkorbinsav mennyiségét mg/100 g termék mértékegységben fejezzük ki, az alábbi képlet segítségével:

$$\text{Aszkorbinsav} - \text{tartalom} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(V_0 - V_1) * m_1}{m_0} * 100 \quad (3)$$

Ahol:

m_0 : A titrláshoz felhasznált tömeg [g]

m_1 : Az 1 cm^3 2,6-diklór-fenol-indofenol ekvivalens aszkorbinsav tömege [mg]

V_0 : A titrláshoz fogyott 2,6-diklór-fenol-indofenol térfogata [cm^3]

V_1 : A vakpróba esetében fogyott 2,6-diklór-fenol-indofenol térfogata [cm^3]

Az aszkorbinsav tartalmat a páratlan számú mérések számtani középértéke adja.

Hátránya a módszernek, hogy a meghatározást zavarják a „vas-, a réz-, és ónionok, a redukálóanyagok, a hidrogén- szulfidok, a szulfitok és a kén-dioxid.” (Csapó et al., 2020)

1.7.8 C-vitamin tartalom meghatározása spektrofotometria segítségével

A módszer lényege, hogy az aszkorbinsavat oxálsavoldattal vagy metafoszforsav-ecetsav segítségével extraháljuk ki a mintából. „Az aszkorbinsavat a 2,6-diklór-fenol-indofenol kvantitatíve redukálja, a feleslegben lévő színezőanyagot xilollal extraháljuk” majd az oldat abszorbanciáját vizsgáljuk spektrofotométerrel 500 nm-es hullámhosszon. (Csapó et al., 2020)

Extrahálás után $1\text{--}5\text{ cm}^3$ -t pipettázunk centrifugacsőbe majd hozzáadunk a minta térfogatával megegyező pH=4 -es nátrium-acetát-ecetsav pufferoldatot. Adunk a rendszerhez 2,6-diklór-fenol-indofenol oldatot feleslegben, elkeverjük üvegbot segítségével, majd adjunk hozzá 10 cm^3 xilolt, lezárjuk, a centrifugacsövet majd rázzuk 6-10 másodpercen keresztül. A centrifugálást a rétegek szétválásáig kell végezni. Centrifugálás után a felül található xilolos

réteget kell leválasztani, majd küvettába tölteni. Az abszorbancia értékét 500 nm-en határozzuk meg. (Csapó et al., 2020)

Vakpróbát a korábbi meghatározási módszerhez hasonlóan, itt is végezni kell. Vakpróba során a xilol abszorbanciáját mérjük 500 nm-en. (Csapó et al., 2020)

Az aszkorbinsav mennyiségének meghatározásához helyezzünk 4 db centrifugacsőbe ugyanannyi mennyiségű extraháló oldatot, mint amennyit a minta vizsgálata során alkalmaztunk, majd adjunk mindegyikhez ugyanannyi mennyiségű pufferoldatot. Ezek után az egymást követő centrifugacsövekbe 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 cm³ 2,6-diklór-fenol-indofenol oldatot töltünk. A xilolos extrakció után meghatározzuk a különböző oldatok abszorbanciáját 500 nm-en, készítünk kalibrációs görbét, a kapott abszorbancia és az adott 2,6-diklór-fenol-indofenol mennyiségek ismeretében. (Csapó et al., 2020)

Az aszkorbinsav mennyiségét mg/100 g termék mértékegységben fejezzük ki, az alábbi képlet segítségével:

$$\text{Aszkorbinsav} - \text{tartalom} \left(\frac{\text{mg}}{100\text{g}} \right) = \frac{(V_o - V_1) * m_1}{m_0} * 100 \quad (4)$$

Ahol:

m_0 : A meghatározáshoz felhasznált minta tömege [g]

m_1 : Az 1cm³ 2,6-diklór-fenol-indofenol ekvivalens aszkorbinsav tömege [mg]

V_o : A 2,6-diklór-fenol-indofenol térfogata [cm³]

V_1 : A 2,6-diklór-fenol-indofenol- felesleg térfogata, a kalibrációs görbéről leolvasott érték [cm³]

Az aszkorbinsav tartalmat a páratlan számú mérések számtani középértéke adja. Két azonos mintából végzett vizsgálat esetén az eltérés a számtani középértékek között nem lehet nagyobb 3%-nál. Ha a termék xilolban oldódó színanyagot tartalmaz, akkor a xilolos fázis abszorbanciájának mérése után adjunk a rendszerhez 2 csepp félig telített hidrokinnoldatot, keverjük össze a rendszert, majd 30 másodperces pihentetés után mérjük meg az abszorbanciát 500 nm-en. A kapott értéket vonjuk ki a xilolos fázis korábban meghatározott abszorbanciájának értékéből. (Csapó et al., 2020)

A xilol egy szerves vegyület, a szerves színanyagok oldódnak benne. Ilyen a kurkumin, az antociánok és a betanin vagy céklavörös. (Anon 2022)

	Antioxidáns kapacitás mérő módszerek összehasonlítása						
	Módszer	pH	Hullámhossz [nm]	Szelektivitás	Előny	Hátrány	Vizsgálati idő
Hidrogénatom átmeneten alapuló	β-karotin elszíntelenedésén alapuló módszer	7	443	Szelektivitás kicsi	Gyors, olcsó, egyszerű	Interferencia nagy	10 perc
	Kemilumineszcencián alapuló módszer	-	420	Nagy, kiválasztott komponensre használható	Gyors, érzékeny, automatizálható	Luminométert igényel, ami nem található meg egy átlagos laborban	Nagy, időigényes
Elektron átmeneten alapuló	FRAP-módszer	3,6	593	Az alkalmazott hullámhosszon nagy az interferencia, így kicsi a szelektivitás	Gyors, olcsó, egyszerű, a fotométer a legtöbb laboratóriumban megtalálható	Karotinoidoknak nincs vasredukáló képességük, 5 perc alatt nem minden komponens fejt ki hatást	5 perc
	TEAC-módszer	7,4	734	734 nm-es hullámhosszon a növényi pigmentek kicsi interferenciát okoznak, de ettől függetlenül nagy	Gyors, olcsó egyszerű	Nem a sejtben normál anyagcsere során keletkező gyököt használja, hanem egy élő szervezetben nem keletkezőt	Előkészítéssel együtt több, mint 12 óra, a vizsgálat maga 20 perc körüli
	E-vitamin kimutatása nagyhatékonyságú folyadékkromatográfiával	-	292	Nagy, kiválasztott komponensre használható	Konkrétan az α-tokoferol kimutatására tervezték	Összetett, időigényes, a szükséges eszközök, csak néhány laborban találhatóak meg, nagy szakudást igényel	90 perc körüli
	Összes polifenol tartalom meghatározás	10	765	Nem szelektív a polifenolos komponensekre, de 765 nm-es hullámhosszon az interferencia kicsi	Rutinszerű vizsgálat, olcsó, egyszerű	Az aszkorbinsav és a Cu(I) is szerepel a kapott végeredményben	15 perc
	C-vitamin tartalom meghatározás titrimetriával	-	-	Kicsi	Egyszerű, vakpróba alkalmazásával viszonylag pontos eredményt ad, C-vitamin tartalom meghatározására fejlesztett módszer	Zavarják a meghatározást a „vas-, a réz-, és ónionok, a redukálóanyagok, a hidrogén- szulfidok, a szulfidok és a kén-dioxid.”	20 perc
	C-vitamin tartalom meghatározás fotometriával	Puffer oldattal szabályozott, de változó	500	Nagy	C-vitamin tartalom meghatározására fejlesztett módszer	A xilol oldékony színezékek jelenlétében plusz egy folyamatot igényel a pontos meghatározás	30 perc
	Gyökfogó kapacitás meghatározása DPPH módszerrel	-	517	Szelektív, de a kis molekulák nagyobb antioxidáns értéket mutatnak	Bomlásra nem hajlamos, kereskedelmi forgalomban is fellelhető, stabil, kevésbé agresszív	Nem a sejtben normál anyagcsere során keletkező gyököt használja, hanem egy élő szervezetben nem keletkezőt	60 perc

7. ábra Különböző antioxidáns kapacitás meghatározási módszerek összehasonlítása

A C-vitamin tartalom meghatározása 2,6-diklór-fenol-indofenolos titrimetriával, valamint a C-vitamin tartalom meghatározása spektrofotometria segítségével módszerek alapja a megfelelő extrakciós eljárás. Extrakció alatt folyadékból vagy szilárd halmazállapotú anyagból egy vagy több komponens kioldását értjük szelektív oldószer segítségével. A szelektivitás fontos jellemző paramétere a műveletnek ugyanis ez határozza meg, hogy mely komponenseket oldjuk ki a mintánkból. Azt az oldatot, amit extrahálunk, anyaoldatnak nevezzük, amivel extrahálunk az az oldószer. Az oldószer és az extrahálás után az oldószerben jelenlévő értékes komponensek együttesét nevezzük extraktumnak, a kiindulási oldatban a visszamaradt komponensek és kiindulási anyag mátrixot pedig raffinátumnak nevezzük. Azt,

hogy az élelmiszerek gyártása során mely oldószereket alkalmazhatjuk, a Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-88/344 előírása tartalmazza. Az oldószer megválasztása során legfontosabb paraméterek, a szelektivitás, illetve a reakciós képesség. (Kertész, 2021)

A szelektivitás lényege, hogy a kiválasztott komponensek oldódjanak az oldószerben, de a kísérő anyagok ne oldódjanak vagy minél kisebb mennyiségben oldódjanak. A reakciós képesség, azért fontos, mert nem megfelelően megválasztott oldószer esetében az oldószer reakcióba léphet a kísérő anyagokkal és a kiválasztani kívánt komponensekkel, valamint akár a berendezéssel is. (Kertész, 2021)

1.7.9 C-vitamin tartalom minőségi meghatározása stabil izotópok segítségével

Az élelmiszerhez mesterségesen hozzáadott L-aszkorbinsavat ki lehet mutatni a stabil izotópok vizsgálatával. A mesterségesen előállított L-aszkorbinsav ugyanolyan jól hasznosul a szervezetben, mint a természetesen a növények által előállított. Vannak növények, amelyek C_3 típusú fotoszintézist alkalmaznak, vannak, amelyek C_4 típusút és vannak, amelyek nappal C_3 , éjjel C_4 típusú fotoszintézissel működnek. A mesterségesen előállított L-aszkorbinsavat a C_4 -es típussal működő kukorica által előállított keményítőből állítják elő. Ebben a $^{13}C/^{12}C$ arány 10-14% körüli, még a növények által természetesen előállított, a gyümölcsökben megtalálható aszkorbinsav esetében ez 19-23% körüli. A kettő közötti különbség alapján kromatográfias eljárással el tudjuk választani az élelmiszerünk C-vitamin tartalmát majd az izotóparányok ismeretében a mesterséges kiegészítés minőségileg kimutatható, majd a mennyisége meghatározható. (Csapó et al., 2020)

Édesipar általában és a zselé termékek

1.8 Az édesipari termékek jellemzői

Az édesipari termékekre egyöntetűen jellemző a cukortartalom, amely meghatározza az energiatartalmat és az ízt, az édes ízt, amelyről az iparág a nevét kapta. A sima szacharózból kinyert cukorkristályok 100 grammja 400 kcal energiatartalommal rendelkezik. Az édesipari termékek mértéktelen fogyasztása elhízáshoz, közvetve pedig szív- és érrendszeri megbetegedésekhez vezet. Az egyszerű cukor egy gyorsan felszívódó szénhidrát, e tulajdonsága előnyös lehet, vizsgák előtt, illetve gyorsan jelentkező szédülés, hányinger kezelésére a vércukorszint megemelő képessége miatt. Az édesipari termékek közé tartozó csokoládék tartalmazznak bioaktív komponenseket, flavon származékokat, vagyis antioxidáns hatással rendelkező vegyületeket. Ezenkívül a csokoládében található alkaloidok a szervezet endorfintermelését serkentik ezáltal nő a boldogságérzet. Ezen jótékony hatásokat figyelembe véve az édesipari termékeknek mindenképpen van helye a változatos és egészségtudatos

táplálkozásban, de a magas cukor -és csokoládék esetében előforduló zsírtartalom miatt, fontos a körültekintő és tudatos táplálkozás. (Biacs et al. 2010)

Az édesipari termékeket jellemzően három csoportba szokás sorolni az alapanyag szempontjából. Vannak a cukor alapú termékek, a liszt alapú termékek és a kakaó alapú termékek. Megkülönböztethetünk még egy negyedik csoportot ide a kávék és kávépótszerek tartoznak, illetve a dohánytermékek, amelyek inkább az élvezeti cikkek csoportjába tartoznak, ezt a kategóriát nevezzük egyéb kategóriának. Kolloid szerkezet alapján szintén három csoportot különböztethetünk meg vannak a szuszpenziók, emulziók, illetve a habok, gélek és komplex rendszerek. Cukor alapú termékek közé tartoznak az általam vizsgált zselék is. A cukor alapú termékek esetében a cukor a megfelelő kolloid szerkezet kialakításában és az íz kialakításában egyaránt részt vesz. (Gyimes-Szabó, 2018)

1.9 Édesipari zselékről általánosan

Magyar Élelmiszerkönyv 1-3-2001/113 alapján „a „zselé” cukor, gyümölcsle és/vagy egy-, vagy többféle gyümölcs vizes kivonatának megfelelően zselés keveréke.” Gyümölcszselének nevezzük azt a terméket, amely legalább 2,5% gyümölcs szárazanyaggal rendelkezik. (elelmiszerlanc.kormany.hu,2009)

Zselék gyártása során víz, szacharóz, keményítősörp, invertszörp és a zselésítő anyag használható, mint alapanyag, illetve kisebb mennyiségben ízesítősavak és kémiai pufferrendszerek. Gyártás során két féle halmazállapotú zselé fordul elő. Van folyékony vagy szol és szilárd, vagy gél halmazállapotú. (Mohos 2006)

A szacharóz a zselégyártás alapvető nyersanyaga. Zselégyártás során a szacharózból oldatot készítünk, az oldatban Ca_2^+ és Mg_2^+ ionok lesznek jelen. Ha a szacharózhoz keményítősörpöt adunk gyártás során, az barna színű vegyületeket fog eredményezni az ionok jelenléte miatt. A melaszszerű anyagok erős habzást okoznak, a készített oldat rövid főzésének hatására a habzás megszűnik. Az oldathoz savat és lúgot is adhatunk, ezek eltérő változást eredményeznek. Savak hatására invertcukor keletkezik a szacharózból még lúg hatására az oldat pH-ja emelkedik. A pH emelkedésével az oldat színe el kezd sötétedni 7-es pH felett pedig erős barnulás játszódik le. (Mohos, 2006)

A keményítősörp a másik esszenciális összetevője a zseléknek. A keményítősörpöknek két típusát különböztethetjük meg. Vannak a glükózsörpök és a maltózsörpök. A glükózsörpök döntő többségben glükózt tartalmaznak, dextrinek és maltóz jóval alacsonyabb mennyiségben fordul elő. Maltózsörp esetében a maltóz van túlsúlyban. (Mohos, 2006)

Gyártása: A szénhidrátokat vízben oldjuk, majd 100°C fölötti hőmérsékleten főzzük. A forró elegyhez adjuk a keményítősörpöt, majd tovább főzzük alacsonyabb hőmérsékleten az elegyet. Hozzáadjuk a zselésítő anyagot. A zselésítő anyag lehet szénhidrát alapú pl.: pektin, agar-agar és fehérje alapú pl.: zselatin. A zselésítő anyagok szobahőmérsékletű vízben nem oldódnak általában, de a magas hőmérsékletű szénhidrátos elegyünkben igen. Oldódás során megduzzadnak és jelentős mennyiségű vizet kötnek meg. A zseléedést okozó anyag hozzáadása után keveréssel eloszlatjuk az anyagot és homogenizáljuk a rendszert. Öntés előtt az elegyet gyümölcsökkel, gyümölcsűrtményekkel színező és aromaanyagokkal dúsítjuk, kialakul a megfelelő íz -és színprofil. A zseléedést elősegíti a citromsav, így ezt az ízesítés után közvetlenül adagoljuk. Az öntés valamilyen meghatározott alakú öntőformába történik, formázás után következik a hűtés. Hűtés hatására a gél szilárdulni kezd, az átlagos pihentetési idő 24-96 óra. A terméket viasszal vonják be, hogy fényesebb legyen a zselé felülte, valamint kevésbé legyen tapadó. (Burey et al., 2009)

Az alkalmazott zselésítő anyag alapján három nagy zselécsoporthoz különböztethetünk meg. Vannak a pektinzselék, az agarzselék és a zselatinzselék.

Agarzselék: A zselítő anyag az agar-agar, amelyet a vörös algák közé tartozó moszatokból állítják elő. Poliszacharid keverék, főként D-galaktózból áll. Felhasználás előtt, a légszáraz agart hidegvízben áztatjuk, ennek hatására az elkezd enyhén duzzadni. Az agar minőségétől függően a duzzadás 8-20 órát vehet igénybe, amíg teljesen lejátszódik a teljes duzzadás. Forró vízben oldva saját tömegére vonatkoztatva 200X-os mennyiségű vizet képes megkötni, színtelen, szagtalan sűrű oldatot képez, ebből hűtés hatására keletkezik a gél szerkezet. A szol-gél átalakulást befolyásolja az agar-agar mennyisége és minősége, az adalékanyagok mennyisége és minősége, a hőmérsékletváltozás sebessége, valamint a szol koncentrációviszonya is. Az átalakulás első lépése a részecskék aggregálódása, ezek asszociátumokat képeznek. Az asszociáció hatására a láncmolekulák egyidejűleg több ponton is kapcsolatot létesítenek az érintkező molekulákkal, a kötések kialakulása vezet a végleges, térhálós gél szerkezethez. Megállapítható tehát, hogy agar-agar zselék esetében, a szol-gél átalakulást a hőmérséklet csökkenése okozza. (Mohos, 2006)

Pektinzselék: A pektin zöldségek, gyümölcsök sejtfalában fordul elő. Protopektinből a protopektináz enzim hatására keletkezik a pektin. A szol-gél átmenetet az észterezettség befolyásolja. Minél kevesebb a szabad karboxil csoport, annál lassabban játszódik le az átalakulás. Az édesiparban alkalmazott pektinzselék esetében a szol-gél átmenetet a pH szabályozza. A gél pH optimuma 4-5-ös pH között van, ez megegyezik a gyümölcszselék pH-

jával. Gyümölcszselékben és lekvárokbán a pektint alkalmazzák a leggyakrabban. (Mohos, 2006; Illés, 2021)

Zselatinzselék: A zselatinzselék alapját képző zselatint állati fehérjék hidrolízisével állítják elő. Vizes oldatában egy gélképző nagy viszkozitású anyag. Termoreverzibilis gél képez, vagyis hőközlés hatására a gélből szol, hőelvonás hatására a szolból gél képződik. A zselatin fehérje eredetű, így a pH függvényében változik a töltése. Azt a pontot, amelynél a töltések egyensúlyban vannak egy sót tartalmazó oldatban, izoelektromos pontnak nevezzük. A zselatinnak az izoelektromos pontban a duzzadóképessége minimumot mutat, így célszerű ettől a ponttól eltérni. (Mohos, 2006; Szabó, 2019)

Gélek öregedési folyamata a szinerézis, mely során a kötéspontok dehidratálódnak, a gélváz tömörödik. A szinerézis gátlására alkalmazhatunk különböző hidrokolloidokat pl.: szorbitot (Illés, 2021)

II. ANYAGOK ÉS MÓDSZEREK

Célkitűzés

Dolgozatunk célkitűzése különböző összetételű, természetes módon antioxidáns hatású anyagokat tartalmazó gyümölcscsel készült zselétermékek fejlesztése és azok vizsgálata volt.

2.1. Felhasznált anyagok

A gyümölcscselék készítése során négyféle gyümölcsöt használtam fel. Ezek a következők: málna, piros ribizli, szamóca és áfonya. A gyümölcscseléknek, mint édesipari termékeknek az alapját a szacharóz, víz, és keményítősörp adta. A továbbiakban tárgyalom a felhasznált vizsgálati módszereket és az általam készített gyümölcscselék előállítását.

2.2. Vizsgálati módszerek

Kutatásom során körülbelül 70 féle eltérő összetételű és technológiájú zselét készítettem. A recepteken és így az összetételen többször is változtattam a jobb érzékszervi tulajdonságok reményében. Alább láthatóak az általam legjobbnak ítélt tulajdonságokkal rendelkező zselék. Érzékszervi bírálatot, valamint antioxidáns kapacitás tartalom meghatározást ezek esetében végeztem.

2.2.1. *Kísérleti minták készítése*

Pektin alapú zselé

Az általam készített pektin zselék cukorból, keményítősörpből, pektinből, trinátrium-citrátból, citromsavból, vízből és a felhasznált gyümölcsből készültek.

Négy féle gyümölcs került felhasználásra. Ezek a következők: szamóca, áfonya, piros ribizli és málna.

A gyártás első lépéseként kimértem a felhasználásra kerülő anyagokat táramérleg segítségével.

Második lépésként rozsdamentes edényben a cukrot és a pektint összekevertem, erre azért van szükség, mert a pektin hideg vízben rosszul oldódik és csomósodna, de a vízben jól oldódó cukorkristályokkal elkeverve könnyebben oldhatóvá tehető.

A keményítősörpöt gőz felett melegen tartottam, erre azért van szükség, mert a keményítősörp, ha nem használunk puffert, akkor beindítja a géledést, illetve nem akarjuk a nedvességtartalmát sem csökkenteni tekintve, hogy a végtermék nedvességtartalma 20-25% kell, legyen. Pektin zselék öntési hőmérséklete 90°C körül kell, hogy történjen, így a keményítősörp gőz fölött tartásával a hőmérséklet kis mértékben csökken csak a hozzáadáskor.

A trinátrium-citrát pufferként szolgál, visszatartja a géledést a keményítősörp hozzáadásakor. A gyártási folyamat utolsó előtti lépéseként kerül majd hozzáadásra a citromsav, ez fogja beindítani a szol-gél átmenetet, mert a pektin zselék pH csökkenésre gélednek és a semleges pH-ról a citromsav fogja elmozdítani.

Harmadik lépésben rozsdamentes nyeles edénybe öntöm a korábban összekevert cukor-pektin keveréket, a vizet és a puffert, amit 10 ml vízben oldottam.

A rozsdamentes nyeles edény tartalmát $107-110^{\circ}\text{C}$ hőmérsékletig melegítettem, a felhasználásra kerülő gyümölcstől függően.

Besűrítés után hozzáadtam a keményítősörpöt, gyümölcsöt, majd ezt jól elkevertem. A gyümölcsök egész, valamint aprított formában is felhasználásra kerültek a gyártás során, vizsgáltam azt is, hogy ez mennyire befolyásolja az összes antioxidáns kapacitást.

Ezután került a citromsav hozzáadásra majd jött a szilikon formába öntés.

A pektin zselék gyors szinerézisűek, a kezdeti 25% körüli nedvességtartalom akár már fél nap alatt 20% alá képes csökkenni.

Agaragar alapú zselé

Az általam készített agar zselék cukorból, keményítősörpből, agaragarból, citromsavból, vízből és a felhasznált gyümölcsből készültek.

Négy féle gyümölcs került felhasználásra. Ezek a következők: szamóca, áfonya, piros ribizli és málna.

A gyártás első lépéseként kimértem az agaragart, majd az agaragar tömegének tízszeresével megegyező mennyiségű vízben duzzasztottam. Az agaragart, azért kell előzetesen vízben duzzasztani, mert hideg vízben nem oldódik, de duzzad, vagyis a szemcsék hidrolizálódnak, így a gélképzés jobb lesz.

Második lépésként az egyéb felhasználásra kerülő anyagokat táramérleg segítségével mértem ki.

Harmadik lépésként rozsdamentes edényben a cukrot, vizet és a legalább 30 percen keresztül duzzasztott agaragart összekevertem, majd a keményítőszörpöt gőz felé helyeztem.

A besűrités 107-108°C-on történt. Besűrités után megvártam, hogy a cukormassza 90°C alá hűljön, majd hozzáadtam a keményítőszörpöt. Azért kell megvárni, hogy a cukormassza 90°C alá hűljön, mert magasabb hőmérsékleten a keményítőszörp elbontja az agaragar polimer szerkezetét és rosszabb gélesedést eredményez.

A keményítőszörp hozzáadását követően hozzáadtam a citromsavat, a felhasználásra kerülő gyümölcsöt, majd elkeverés után a masszát szilikon formába öntöttem. A gyümölcsök egész, valamint aprított formában is felhasználásra kerültek a gyártás során, vizsgáltam azt is, hogy ez mennyire befolyásolja az összes antioxidáns kapacitást.

Az agaragar alapú zselé öntési hőmérséklete 60-90°C közötti és a pektin alapú zselével ellentétben nem a pH változás, hanem a hőmérsékletcsökkenés hatására szilárdul.

Szinerézisét tekintve a kezdeti 25% körüli víztartalom csak kb. egy hét után csökken 20% alá.

2.2.2. Antioxidáns hatás mérése

Minta előkészítés

Az antioxidánsok mintából való kiextrahálását először 5 cm³ desztillált vízzel végeztem majd kémcsőkeverővel kevertetem a kémcső tartalmát. A teljes kiextraháláshoz ez nem volt elegendő, így a korábbi folyamatot megismétltem 5 cm³ metanol hozzáadása után is.

A mintákat két különböző időpontban készítettük. A mintákat a vizsgálat napjáig fagyasztva tároltuk.

Gyökfogó kapacitás meghatározása DPPH módszerrel



8. ábra Az előkészített, extrahált minták

A DPPH (1,1-difenil-2,2'-pikrihidrazzil) módszer a gyökök semlegeítésén/ gyökök elfogásán alapuló antioxidáns tartalom meghatározási módszer. A módszer során egy lila színű, mesterséges gyököt használunk fel, amelyet a vizsgált anyagban lévő antioxidánsok sárga, szalmasárga színűre alakítanak át vagyis színváltozás történik, amelyet spektrofotométeres méréssel mérve meg tudjuk határozni az antioxidáns kapacitást. (Hatano et al. 1988)

A kimutatás első lépéseként a DPPH-ből oldatot készítettem oly módon, hogy 9,0 mg-ot analitikai mérlegen kimértem a szilárd DPPH-ből, majd azt feloldottam 100 ml metanolban. A méréshez kalibrációt végeztem 1 mmol-os aszkorbinsav oldatból készített hígítási sorral. A kalibrációs egyenesen az aszkorbinsav koncentráció és a gátlási hányados szerepel. Az alábbi

képen a kalibrációs sorozat figyelhető meg. A gyök és antioxidáns arányán alapul az elszíntelenedés. (Hatano et al. 1988)



9. ábra DPPH kalibrációs sorozat

(balról: kontroll, 0,05; 0,1; 0,15; 0,2; 0,25; 0,3; 0,35; 0,4 mmol aszkorbinsav)

A DPPH gyökfogó képességet a minta gátlási hányadosa alapján mmol/kg aszkorbinsav egyenértékben (ASE) fejeztem ki. Az eredményt szárazanyagra vonatkoztatva adtam meg. (Hatano et al. 1988)

Mérés menete:

100μl mintaoldathoz 400μl desztillált vizet és 500μl metanolt, majd 500μl DPPH oldatot adtam. A küvetákat lefedve termosztátban 37°C-on 30 percig állni hagytam. Az abszorbanciát Hitachi U 2900 típusú UV/VIS spektrofotométerrel mértem 517 nm hullámhosszon. Kontrollmintát is készítettem, amibe a zseléből készült mintaoldat helyett desztillált víz került. A kontrollminta abszorbanciájából és a mintaoldatok abszorbanciájából számoltam a gátlás mértékét a következő képlet segítségével (Hatano et al. 1988):

$$Gátlás (\%) = \frac{(A_{kontroll} - A_{minta})}{A_{kontroll}} * 100$$

(5)

Ahol:

$A_{kontroll}$: A kontroll minta abszorbanciája []

A_{minta} : A minta abszorbanciája []

A gátlási százalék ismeretében és a kalibrációs egyenes megfelelő felvétele után az egyenes egyenletéből és a mérési eredményekből meghatározható az aszkorbinsav egyenérték mmol/kg egységben kifejezve. (Hatano et al. 1988)

Vasredukáló képesség meghatározása - A FRAP módszer

A módszer lényege hasonló a korábbi antioxidáns meghatározási módszerekhez. A Fe (III)-at az anioxidánsok Fe (II)-vé redukálják, ez színváltozással jár, amelyet spektrofotométerrel lehet mérni. A kék színné történő átváltozást 593 nm-en mérjük. (Benzie et al. 1996)

A méréshez kalibrációt végeztem 1 mmol-os aszkorbinsav oldatból készített hígítási sorral. Az összes antioxidáns kapacitást mmol/kg aszkorbinsav egyenértékben (ASE) fejeztem ki. Az eredményt szárazanyagra vonatkoztatva adtuk meg. (Benzie et al. 1996)

Mérés előkészítése:

Első lépésként a FRAP reagenst készítettem el. Ennek összetétele a következő:

1. 40 cm³ 300 mM-os acetát puffer, pH 3,6 (ecetsavval)
2. 4 cm³ 10 mmol-os TPTZ (2,4,6-trimetil-(2-piridil)) -s-triazin) oldat
 - i. (40 mmol-os sósavban oldva 50 °C-on)
3. 4 cm³ 20 mmol-os FeCl₃ oldat

Az oldatok elkészítése után főzőpohárba pipettáztam a leírt mennyiségeket a felsorolásnak megfelelő sorrendben. Homogenizálás után a reagens termosztátba került 37 celsius fokra 30 percen keresztül. (Benzie et al. 1996)

Mérés menete:

30µl mintaoldatot, illetve standard oldatot 2cm³-es műanyag küvettába mértem, majd 1000µl FRAP reagenst adtam hozzá és lefedve termosztátban 37°C-on 30 percig állni hagytam. Az abszorbanciát Hitachi U 2900 típusú UV/VIS spektrofotométerrel mértem 593nm hullámhosszon. (Benzie et al. 1996)



10. ábra Az elkészült minták a küvettákban

Az eredményeket a felvett kalibrációs egyenes és a mérési eredmények alapján ASE egységben adtam meg, amelyet az alábbi képlettel számoltam (Benzie et al. 1996):

$$ASE = (A_{minta} * 0,7566) * (hígítás * bemért tömeg)$$

(6)

Ahol:

A_{minta} : A minta abszorbanciája []

0,7566: a kalibrációs egyenes egyenletéből származó tag

III. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

3.1. Kísérleti minták bemutatása

3.1.1. *Pektinzelé szamóca ízesítésű*



11. ábra Pektinzelé szamóca ízesítésű

Recept:

- 200 gramm cukor
- 7,48 gramm pektin
- 80 gramm keményítőszörp
- 1,5 gramm trinátrium-citrát, 10 ml vízben feloldva
- 4 gramm citromsav
- 70 ml víz
- 29,23 gramm aprított szamóca

Jellemzők:

Az eredeti recepthez képest növelve lett a pektin mennyisége 10%-kal, ennek hatására a zselé keményebb lett és a formától könnyebben vált el, kevésbé lett ragadós, a metszésfelülete hasonlított az agarzselénél tapasztalt fényeshez, nem morzsalékos. Az alakját tovább megtartotta, de ragadós maradt. Az öntést nehezítette a nagyobb pektin mennyiség.

3.1.2. *Pektinzselé áfonya ízesítésű*



12. ábra Pektinzselé áfonya ízesítésű

Recept:

- 200 gramm cukor
- 7,48 gramm pektin
- 80 gramm keményítőszörp
- 1,5 gramm trinátrium-citrát, 10 ml vízben feloldva
- 4 gramm citromsav
- 70 ml víz
- 29,23 gramm aprított áfonya

Jellemzők:

Az eredeti recepthez képest növelve lett a pektin mennyisége 10%-kal, ennek hatására a zselé keményebb lett és a formától könnyebben vált el, kevésbé lett ragadós, a metszésfelülete hasonlított az agarzselénél tapasztalt fényeshez, nem morzsalékos. Az alakját tovább megtartotta, de ragadós maradt. Az öntést nehezítette a nagyobb pektin mennyiség.

3.1.3. *Pektinzselé piros ribizli ízesítésű*

Recept:

- 200 gramm cukor
- 7,48 gramm pektin
- 80 gramm keményítőszörp
- 1,5 gramm trinátrium-citrát, 10 ml vízben feloldva
- 4 gramm citromsav
- 70 ml víz

- 29,23 gramm aprított piros ribizli

Jellemzők:

Az eredeti recepthez képest növelve lett a pektin mennyisége 10%-kal, ennek hatására a zselé keményebb lett és a formától könnyebben vált el, kevésbé lett ragadós, a metszésfelülete hasonlított az agarzselénél tapasztalt fényeshez, nem morzsalékos. Az alakját tovább megtartotta, de ragadós maradt. Az öntést nehezítette a nagyobb pektin mennyiség.

3.1.4. Pektinzelé málna ízesítésű

Recept:

- 200 gramm cukor
- 7,48 gramm pektin
- 80 gramm keményítőszörp
- 1,5 gramm trinátrium-citrát, 10 ml vízben feloldva
- 4 gramm citromsav
- 70 ml víz
- 29,23 gramm aprított málna

Jellemzők:

Az eredeti recepthez képest növelve lett a pektin mennyisége 10%-kal, ennek hatására a zselé keményebb lett és a formától könnyebben vált el, kevésbé lett ragadós, a metszésfelülete hasonlított az agarzselénél tapasztalt fényeshez, nem morzsalékos. Az alakját tovább megtartotta, de ragadós maradt. Az öntést nehezítette a nagyobb pektin mennyiség. A négy gyümölcszelé közül ennek volt a leggyorsabb a szol-gél átalakulása.

3.1.5. Agarzselé piros ribizli ízesítésű



13. ábra Agarzselé piros ribizli ízesítésű

Recept:

- 125 gramm cukor
- 48 gramm keményítőszörp
- 4,5 gramm agaragar, 45 ml vízben duzzasztva
- 3,08 gramm citromsav
- 75 ml víz
- 18,03 gramm aprított piros ribizli

Jellemzők:

A formától könnyen elválk, az eredeti recepthez képest csökkentve lett a víz mennyisége 30 milliliterrel, így már nem oldja be a citromsavas porcukor keveréket csak kb. 2 nap eltelte után. Aprítás hatására a magok és a gyümölcshús mérete is csökkent, így a magok jelenléte kevésbé zavaró, de még mindig ront a fogyasztási élményen, az íz intenzívebb lett a 10%-kal megnövelt citromsav hatására. Megfelelően kemény, a metszésfelület sima, kialakult a megfelelő szerkezet.

3.1.6. Agarzselé málna ízesítésű

14. ábra Agarzselé málna ízesítésű

Recept:

- 125 gramm cukor
- 48 gramm keményítőszörp
- 4,5 gramm agaragar, 45 ml vízben duzzasztva
- 3,08 gramm citromsav
- 75 ml víz
- 18,03 gramm aprított málna

Jellemzők:

A formától könnyen elválík, az eredeti recepthez képest csökkentve lett a víz mennyisége 30 milliliterrel, így már nem oldja be a citromsavas porcukor keveréket csak kb. 2 nap eltelte után. Aprítás hatására a magok és a gyümölcshús mérete is csökkent, így a magok jelenléte kevésbé zavaró, az íz intenzívebb lett a 10%-kal megnövelt citromsav hatására. Megfelelően kemény, a metszésfelület sima, kialakult a megfelelő szerkezet.

3.1.7. Agarzselé szamóca ízesítésű

15. ábra Agarzselé szamóca ízesítésű

Recept:

- 125 gramm cukor
- 48 gramm keményítőszörp
- 4,5 gramm agaragar, 45 ml vízben duzzasztva
- 3,08 gramm citromsav
- 2,8 gramm citromsav
- 75 ml víz
- 18,03 gramm aprított szamóca

Jellemzők:

A formától könnyen elválík, az eredeti recepthez képest csökkentve lett a víz mennyisége 30 milliliterrel, így már nem oldja be a citromsavas porcukor keveréket csak kb. 2 nap eltelte után. A zselémassza homogénebb, mint aprítás nélkül, az íz intenzívebb lett a 10%-kal megnövelt citromsav hatására.

3.1.8. Agarzselé áfonya ízesítésű



16. ábra Agarzselé áfonya ízesítésű

Recept:

- 125 gramm cukor
- 48 gramm keményítőszörp
- 4,5 gramm agaragar, 45 ml vízben duzzasztva
- 3,08 gramm citromsav
- 2,8 gramm citromsav
- 75 ml víz
- 18,03 gramm aprított áfonya

Jellemzők:

A formától könnyen elválík, az eredeti recepthez képest csökkentve lett a víz mennyisége 30 milliliterrel, így már nem oldja be a citromsavas porcukor keveréket csak kb. 2 nap eltelte után. Aprítás hatására a szín jelentősen erősebb lett az íz intenzívebb lett a 10%-kal megnövelt citromsav hatására. a zselémassza homogénebb, mint aprítás nélkül.

3.2. Érzékszervi vizsgálatok eredményei

Az érzékszervi bírálatot 13 résztvevő ízlése és érékelése alapján készítettem el. Vizsgáltunk alakot, színt, illatot, állagot és ízt. Zselékből kiindulva a legnagyobb súlyzófaktorral a szín és az állag rendelkezett. A szín különösen az alkalmazott gyümölcsök miatt.

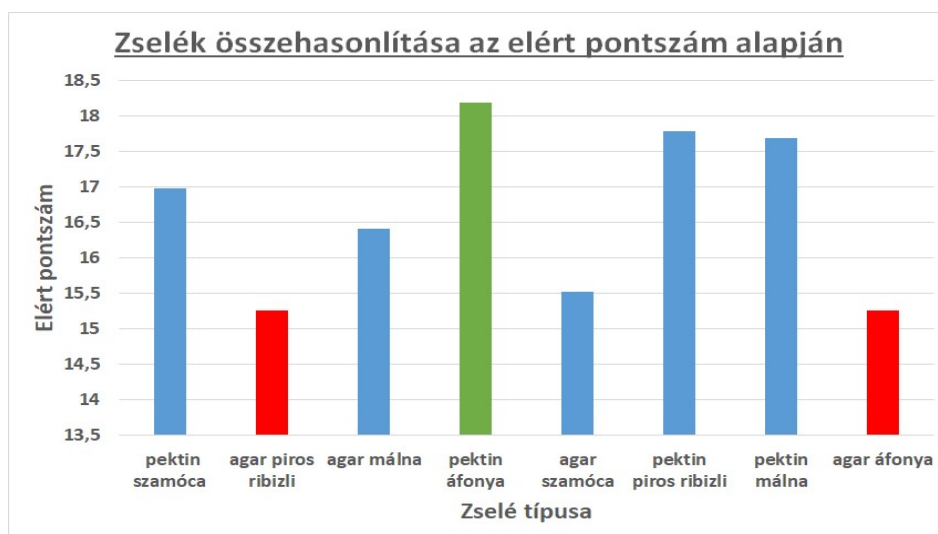


17. ábra Érzékszervi bíráló vizsgálat közben

A kiértékelés alapján három zselé került a „kiváló” minősítési osztályba. Ezek a pektin áfonya, pektin piros ribizli és a pektin málna voltak, ahogy az az *1. táblázatban* is látható. Az agar piros ribizli és agar áfonya esetében az elért pontszám megegyezett, ellenben ezek érték el a legalacsonyabb pontszámot is, de ettől függetlenül még a jó minősítési osztályba kerültek.

1. táblázat Az elért pontszám alapján kialakult minősítési osztályok

Fajta	Elért pontszám	Minősítési osztály
pektin szamóca	16,98	Jó
agar piros ribizli	15,26	Jó
agar málna	16,414	Jó
pektin áfonya	18,19	Kiváló
agar szamóca	15,52	Jó
pektin piros ribliz	17,80	Kiváló
pektin málna	17,69	Kiváló
agar áfonya	15,26	Jó



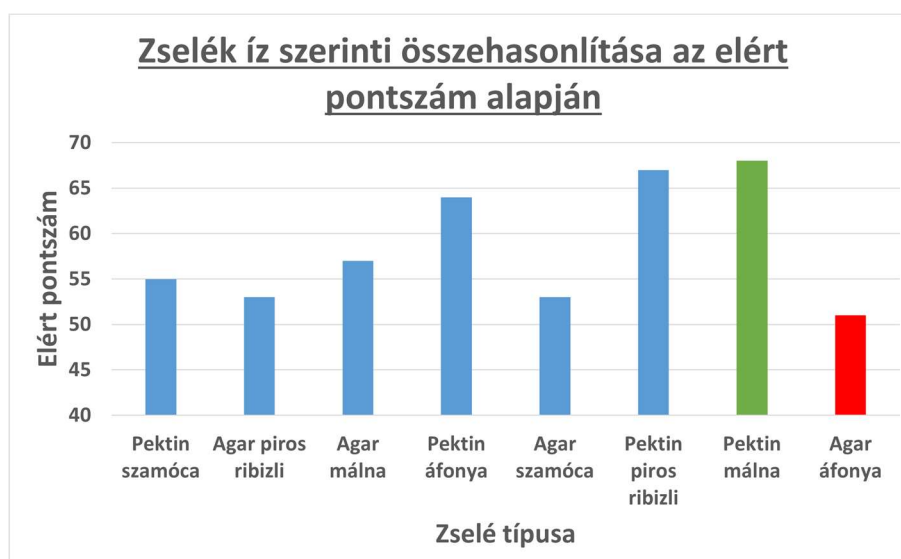
18. ábra Zselék összehasonlítása az elért pontszám alapján

Az érzékszervi bírálat alapján a legjobbnak ítélt zselé a pektin alapú áfonya lett. A táblázat alapján jól elmondható, hogy a pektin alapú zselék alapjaiban kedvezőbbek voltak, mint az agar alapúak.

A zseléket a vizsgálati szempontok alapján is külön összehasonlítottam. Édesipari termékből kiindulva a legfontosabbnak az ízet találom. Az alábbi diagramról leolvasható, hogy a bírálóknak a pektin alapú málna ízlett a legjobban, az agar alapú áfonya a legkevésbé. Az ízet viszont közvetve befolyásolja az állag is, amelyet az állagra vonatkozó mérés is bizonyít. Íz alapján az agar alapú áfonya kapta a legkevesebb pontot, ahogy az állag vizsgálata esetében is, ahogy a 2. táblázatban látható.

2. táblázat Zselék összehasonlítása állag és íz alapján

Zselé	Állag	Íz
Pektin szamóca	57	55
Agar piros ribizli	44	53
Agar málna	50	57
Pektin áfonya	64	64
Agar szamóca	50	53
Pektin piros ribizli	64	67
Pektin málna	60	68
Agar áfonya	41	51



19. ábra Íz szerinti összehasonlítása a vizsgált zseléknek

Ha külön a gyártási technológiák szerint vizsgáljuk az elkészült zseléket, akkor az érzékszervi vizsgálat alapján elmondható, hogy a legkedveltebb az agar alapú zselék közül a málna volt. Pektin alapúak közül a szamóca érte el a legkevesebb pontot és ehhez legnagyobb mértékben az állag járult hozzá. A szamóca magas nedvességtartalm miatt a beűritési hőmérsékletet 2 °C- kal megemeltem, de még így is egy ragadósabb végterméket kaptam ,mint a többi esetben.

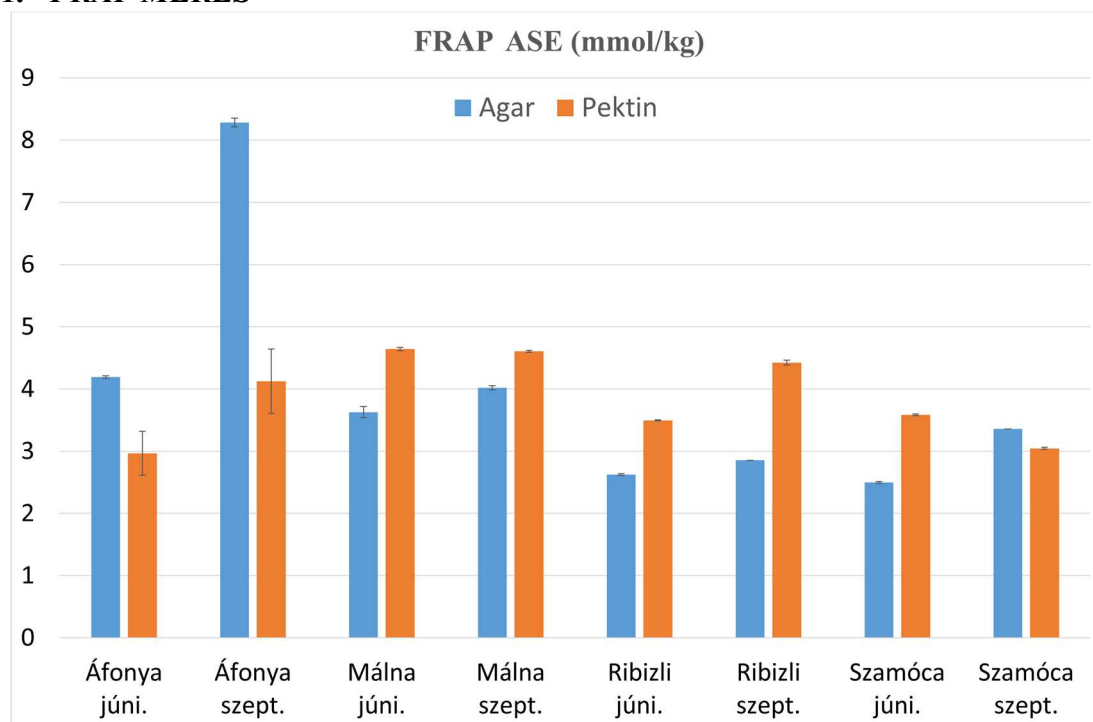
3.3. Antioxidáns kapacitás

A vizsgálat középpontjában az állt, hogy vajon hogyan befolyásolja az antioxidáns kapacitást az, ha egy gélképző anyaggal bezárjuk az antioxidáns hatást adó gyümölcsöt.

A gyümölcsök besűrités után, de a meleg masszához kerültek hozzáadásra, így az antioxidáns hatásuk természetesen csökkent tekintve, hogy hőérzékeny komponensek, így a vizsgálat során az adott gyümölcsökre jellemző irodalmi adatoktól alacsonyabb antioxidáns tartalmat vártam.

Összehasonlításra kerültek júniusban, illetve szeptemberben készült gyümölcszselék is, hogy megnézzem, veszít -e antioxidáns kapacitásából a zselé 3-4 hónap alatt.

3.3.1. FRAP MÉRÉS



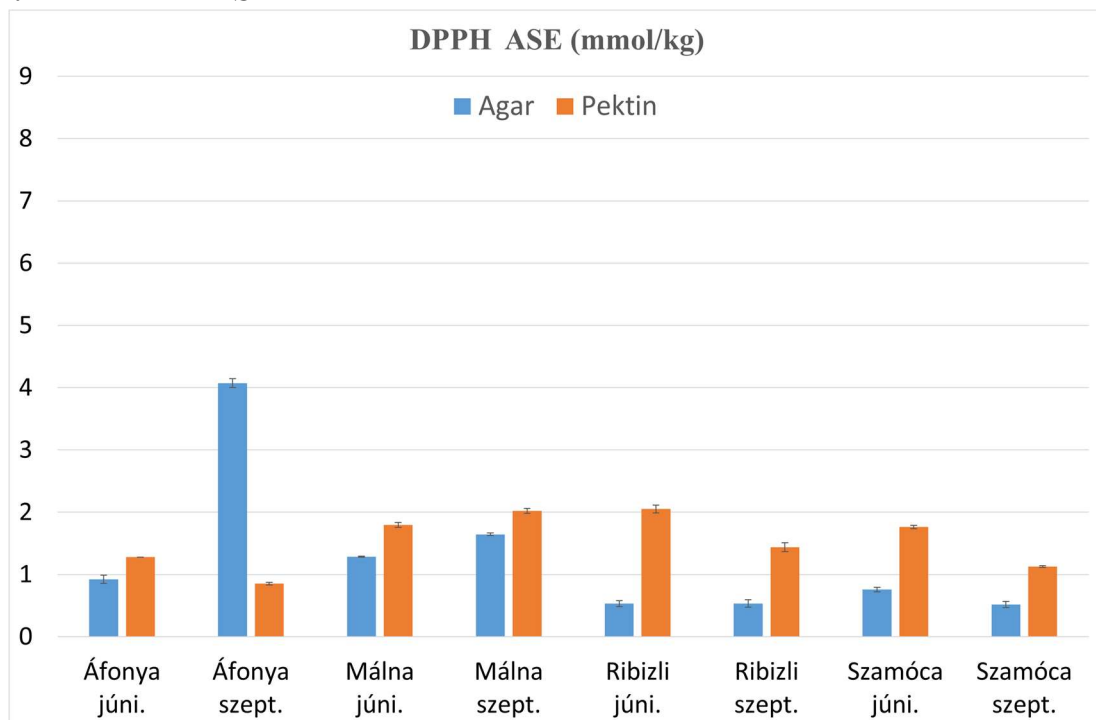
20. ábra FRAP mérési eredmények összehasonlítása

A FRAP mérési módszer esetében némi korrekciót kell alkalmazni tekintve, hogy vasredukáló képességről van szó. A gyümölcszselék elkészítése során felhasználásra került

keményítőszörp, ami maltózt tartalmaz, ami redukálócukor, így rendelkezik minimális vasredukáló képességgel is.

Az irodalmi adatoknak megfelelően leolvasható a 20.ábráról, hogy az áfonya alapú zselékben az aszkorbinsav egyenértékben kifejezett vasredukáló képesség magasabb, mint a többi gyümölcs esetében, ha a szeptemberi mintákat nézzük, ellenben az is leolvasható, hogy az áfonya veszít legnagyobb mértékben a vasredukáló képességéből az idő teltével. Málna és piros ribizli esetében agar és pektin alapú zseléknél sem látható szignifikáns különbség a júniusi és a szeptemberi értékek között.

3.3.2. DPPH MÉRÉS



21. ábra DPPH mérési eredmények összehasonlítása

A FRAP mérésnél tapasztaltakhoz foghatóak olvashatóak le erről a 21.ábráról is vagyis az áfonya alapú zselé tartalmazza a legtöbb jelen esetben gyökfogó kapacitást okozó antioxidáns, de ez az idő elteltével jelentős mértékben csökken. A többi esetben a vizsgált idő alatt szignifikáns változás nem tapasztalható, erre utalnak az alacsony szórési értékek is.

Az összehasonlíthatóság érdekében az y tengelyeken azonos osztásközöket állítottam, jól látható, hogy egy vasredukáló képesség alapján kifejezett ASE és egy gyökfogó kapacitás alapján meghatározott ASE érték között jelentős eltérések vannak, közel kétszeres a vasredukáló képesség alapján meghatározott ASE érték.

ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatunk során célkitűzés volt néhány valódi gyümölcs felhasználásával édesipari zselétermékeket készíteni, majd azok antioxidáns tartalmát megvizsgálni frissen, és tárolás utáni állapotában.

Tárgyaltuk a funkcionális élelmiszereket, hogy mit nevezhetünk funkcionális élelmiszernek és melyek a jelentősebb termékek ezen a csoporton belül. Szó volt az antioxidánsokról, működésükről, hatásukról, fontosabb antioxidánsokról és kimutatási módszereikről.

Különböző recepteket kísérleteztünk ki, amelyek alapján a gyümölcszselét készítettem. Gyümölcszselét kétféle gyártási technológiával készítettünk. Egyik esetben a gélképző a pektin volt, másik esetben pedig az agaragar.

Szó volt az analitika alapjairól, illetve, hogy ezek hogyan befolyásolják egy spektrofotométeres mérés eredményeit.

Többféle antioxidáns kimutatási módszerrel foglalkoztunk, a leggyakoribb és leggyakrabban használt módszerekről készítettünk egy összehasonlítási táblázatot. Antioxidáns tartalmat két féle módszerrel vizsgáltuk az általunk készített minták esetében. A vizsgálatok alapján elmondható, hogy az áfonya kivételével a többi gyümölcs esetében a vizsgált időszak alatt jelentős antioxidáns kapacitás változás nem történt. Az antioxidáns kapacitás értékek követik az irodalmi adatok alapján meghatározott tendenciákat, jelentősebb hőkárosodás nem következett be a meleg cukormassza hatására.

Érzékszervi bírálatot is végeztünk, mely alapján elmondható, hogy a pektin alapú zselék általánosságban kedveltebbek voltak, mint az agar alapú zselék. A minősítési osztályok alapján három termék került kiváló kategóriába és öt termék a jó kategóriába, vagyis a minőség alapján jó termékek készültek a bírálók értékelése alapján.

Mivel a mérés sok paraméterrel rendelkezik, így egyértelműen rejt magában további kutatási lehetőséget. Érdekes lehet új antioxidáns kapacitás mérési módszereket is kipróbálni, új gyümölcsöket felhasználni a gyártás során, valamint hosszabb időtartamot vizsgálni két gyártási idő között. Javasoljuk, hogy gyümölcszselék készüljenek más gélképző anyagokkal, illetve különböző gélképzők keverésével. Összehasonlító jelleggel érdemes lehet vizsgálni az elkészítés napján, valamint a fagyasztva tárolás után az antioxidáns kapacitást.

IRODALOMJEGYZÉK

- Apak et al. (2007): *Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phenolic compounds with the CUPRAC assay*, MDPI, Bazel, 1496-1547.
- Balogh Emőke (2010): *Antioxidáns kapacitás meghatározása és ennek kialakításában szerepet játszó vegyületek vizsgálata bogyós gyümölcsök esetében*, Budapesti Corvinus Egyetem Alkalmazott Kémia Tanszék, Doktori értekezés
- Benzie et al. (1996): *The ferric reducing ability of Plasma (FRAP) as a measure of "Antioxidant Power": The FRAP assay*. *Analytical Biochemistry*, (239), 70–76.
- Biacs et al. (2010): *Élelmiszer-technológia mérnököknek*, Generál Nyomda Kft., Szeged, 293-294
- Bors et al. (1984): *Inhibition of the bleaching of the carotenoid crocin-a rapid test for quantifying antioxidant activity*, Elsevier: Amszterdam, 312- 319.
- Brown – Jones (1996): *The biology of ascorbic acid, Handbook of antioxidants*, Marcel Dekker, New York, 117-156.
- Burey et al. (2009): *Confectionery Gels: A Review on Formulation, Rheological and Structural Aspects*, Informa, London, 176-210
- Cao – Prior (1998): *Comparison of different analytical methods for assessing total antioxidant capacity of human serum*, American Association for Clinical Chemistry, Wahington, 1309-1315.
- Cook et al. (2007): *A Randomized factorial trial of vitamins C and E and beta carotene in the secondary prevention of cardiovascular events in women American Medical Association*, Chicago, 1610- 1618.
- Cornetti (2009): *Antioxidant use in nutraceuticals*, Elsevier, Philadelphia 175-194.
- Csapó- Albert. (2018): *Funkcionális élelmiszerek*, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 50-83.
- Csapó et al. (2019) *Élelmiszervizsgálati közlemények LXV. évfolyam 1. szám 2340. oldal*
- Csapó et al. (2020): *Analitikai kémia élelmiszermérnököknek*, Scientia Kiadó, Kolozsvár, 123-342.
- Diaz et al. (1998): *Sol-gel horseradish peroxidase biosensor for hydrogen peroxide detection by chemiluminescence*, Elsevier, Amszterdam, 221-227.
- Frankel- Meyer (2000): *The problems of using one-dimensional methods to evaluate multifunctional food and biological antioxidants*, Wiley, Hoboken, 1925-1941.
- Ghiselli et al. (2000): *Total antioxidant capacity as a tool to assess redox status: Critical view and experimental data*, Elsevier, Amszterdam, 1106-1114.
- Gyimes Ernő, Szabó P. Balázs (2015) *Édesipari technológia gyakorlatok*, oktatási segédlet

- Hatano et al. (1988): *Two new flavonoids and other constituents in licorice root-their relative astringency and radical scavenging effects*. *Chemical & Pharmaceutical Bulletin*, (36) 2090-2097.
- Hegedűs Attila (2013) *A csonthéjas gyümölcsök antioxidáns hatásában megnyilvánuló genetikai variabilitás jellemzése* Budapesti Corvinus Egyetem Genetika és Növénynemesítési Tanszék, Doktori értekezés
- Huang et al. (2005): *The chemistry behind antioxidant capacity assays*, American Chemical Society, Washington, 1841-1856.
- Illés (2021): SzTE, MK, ÉMI, *Élelmiszerkolloidika oktatási segédlet*
- Jójárt (2020): SzTE, MK, ÉMI, *Élelmiszerkémia oktatási segédlet*
- Jójárt (2021): SzTE, MK, ÉMI, *Élelmiszeranalitika oktatási segédletek*
- Kertész (2021): SzTE, MK, BRMI, *Élelmiszeripari műveletek 3.*, oktatási segédlet
- Klipstein-Grobusch et al. (1999): *Dietary antioxidants and risk of myocardial infarction in the elderly: the Rotterdam Study*, American Society for Nutrition, Rockville, 261-266
- Lee et al. (2006): *Intakes of fruits, vegetables, vitamins A, C, and E, and carotenoids and risk of renal cell cancer*, American Association for Cancer Research Philadelphia, 2445-2452.
- Lugasi (2000): *Az élelmiszereredetű flavonoidok potenciális egészségvédő hatása*, Orvosi Hetilap, Akadémiai Kiadó, Budapest, 141.
- Manach et al. (2004): *Polyphenols: food sources and bioavailability*, American Society for Nutrition, Rockville, 727-747
- Mohos (2006): *Édesipari technológia 2.*, Alföldi Nyomda Zrt., Debrecen, 5-9, 90-111
- Ou et al. (2002): *Analysis of antioxidant activities of common vegetables employing oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) assays, A comparative study*, American Chemical Society, Washington, 3122-3128
- Prior - Cao (1999): *In vivo total antioxidant capacity: Comparison of different analytical methods*, Elsevier, Amsterdam: 1173-1181.
- Pryor (2000): *Vitamin E and heart disease: Basic science to clinical intervention trials*, Elsevier, Amsterdam, 141-164.
- Robinson et al. (1997): *An investigation of the antioxidant activity of black tea using enhanced chemiluminescence*, Informa Healthcare, London, 291-302.
- Seng et al. (2021) *Functional food & ingredients from seaweed, edible bird's nest and tropical fruits*, A translational research, Elsevier, Philadelphia
- Shi - Maguer (2000): *Lycopene in tomatoes: chemical and physical properties affected by food processing*, Taylor and Francis, Abingdon, 1-42
- Sigounas et al. (1997) *dl-alpha-tocopherol induces apoptosis in erythroleukemia, prostate, and breast cancer cells*, Nutrition and Cancer-an International Journal Hoboken, 30-35.

Szabó (2019): SzTE, MK, ÉMI, *Élelmiszerkolloidika laboratóriumi oktatási segédlet*

Szabó P. Balázs (2012) *Élelmiszerek és az egészséges táplálkozás*, SzTE ÉMI

Véha (2020): SzTE, MK, ÉMI, *Élelmiszertechnológia oktatási segédlet*

Whitehead et al.(1992): *Enhanced chemiluminescent assay for antioxidant capacity in biological-fluids*, Analytica Chimica Acta, Elsevier, Amsterdam, 265-277.

Online források:

<https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20210721-2> (2022.11.07.)

https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/d/54/b1000/1-3-2001_113.pdf (2022.11.07.)

https://hu.wikipedia.org/wiki/Kateg%C3%B3ria:Szerves_fest%C3%A9kek (Anon 2022.11.07.)

<https://hu.wikipedia.org/wiki/Xilol> (Anon 2022.11.07.)

<https://laboratorium.hu/funkcionalislelemiszer> (Anon 2022.11.07.)

<https://szupermenta.hu/17-dobozos-margarint-teszteltunk/> (Anon 2022.11.07.)

<https://www.egeszsegkalauz.hu/életmod/taplalkozas/ezert-fontosak-az-antioxidansok-a-taplalkozasban/pey7c02> (Anon 2022.11.07.)

IV. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani a témavezetőmnek, Gyimes Ernőnek, aki szakértelmével, tanácsaival és magyarázataival segített munkám során, és aki egyéni konzultációk során is rendelkezésemre állt, ha a munkával elakadtam.

Köszönettel tartozok továbbá még Csercics Dóra Tanárnőnek, aki a laborban mindig készen állt segíteni, és aki szakértelmével hozzásegített ahhoz, hogy a laborban a legjobb mintákat készíthessem. Köszönöm továbbá a rengeteg egyéni konzultációt a munka során.

Külön köszönöm Bakos Tibor Ernőné Tanárnőnek a türelmét és segítségét az antioxidáns kapacitással kapcsolatos mérések kivitelezésénél és kiértékelésénél.