

DIPLOMADOLGOZAT

Boros Dániel Tibor

2024



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék

Élelmiszeripari folyamattervezés mesterképzési szak

A RUBY CSOKOLÁDÉ HAMISÍTÁSÁNAK LEHETŐSÉGE

Belső konzulens: Badakné Dr. Kerti Katalin
egyetemi docens
Dr. habil. Firtha Ferenc
egyetemi docens

Készítette: **Boros Dániel Tibor**

Budapest

2024

TARTALOMJEGYZÉK

1.	BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK	1
1.1	Bevezetés	1
1.2	Célkitűzések.....	2
2.	SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS.....	4
2.1	A kakaó és a csokoládé	4
2.2	A Ruby csokoládé.....	11
2.2.1	A Ruby csokoládé színe	12
2.2.2	A Ruby csokoládé ízprofilja	15
2.2.3	Fitokémiai alkotóelemek meghatározása.....	16
2.2.4	A fitokémiai alkotóelemek mennyiségi meghatározása	17
2.2.5	A ruby csokoládé termikus tulajdonságainak jellemzése	20
2.2.6	A Ruby csokoládé gazdasági jelentősége	21
2.3	Hiperspektrális képfeldolgozás	22
2.4	Antioxidáns kapacitás mérése.....	25
3.	ALKALMAZOTT MÓDSZEREK.....	27
3.1	Minta-előkészítés.....	27
3.2	Mérések	29
3.2.1	A csokoládé hiperspektrális mérése	29
3.2.2	A csokoládé színének mérése	32
3.2.3	A csokoládé érzékszervi vizsgálata	33
3.2.4	A csokoládéminták antioxidáns kapacitás mérése FRAP módszerrel.....	34
3.2.5	A csokoládéminták viszkozitásának mérése.....	36
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK.....	40
4.1	A csokoládé hiperspektrális mérés eredménye	40
4.2	A csokoládé színmérésének az eredménye	44
4.3	A csokoládé érzékszervi vizsgálatának eredménye	48
4.4	A csokoládéminták antioxidáns kapacitás mérés eredménye.....	53
4.5	A csokoládéminták viszkozitásának mérés eredménye.....	54
5.	KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK	58
6.	ÖSSZEGÖFLALÁS	60
7.	IRODALOMJEGYZÉK.....	61
8.	ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE.....	64

8.1	<i>Ábrajegyzék</i>	64
8.2	<i>Táblajegyzék</i>	65
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	66
10.	NYILATKOZAT	67

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉSEK

1.1 Bevezetés

Az élelmiszeriparban is kiemelkedő fontosságú a fejlődés és az innováció. Az elmúlt évek során, hasonlóan más iparágakhoz, az élelmiszeripar is átélt jelentős változásokat, amelyeket a negyedik ipari forradalom hajtott előre. A technológiai fejlődés és az új lehetőségek felfedezése folyamatosan átalakítja mindennapi gyakorlatunkat és üzleti stratégiáinkat.

Az élelmiszeriparban szereplők számára létfontosságú a folyamatos fejlődés és az innovációk bevezetése annak érdekében, hogy versenyelőnyhöz jussanak a piacon. Ahogy Justin Trudeau, Kanada miniszterelnöke megfogalmazta: *„A változások sebessége soha nem volt ilyen gyors, és soha nem lesz ilyen lassú újra.”* (Terrett, 2018) Ez a megállapítás különösen igaz az élelmiszeriparra, ahol az új fogyasztói igényeknek és trendeknek való megfelelés gyors és folyamatos adaptációt kíván.

Az élelmiszeripari cégeknek a termelési folyamatoktól kezdve egészen a termékfejlesztésig és a piaci bevezetésig mindig lépést kell tartaniuk az új technológiákkal és innovatív megoldásokkal. Az új ötletekkel és fejlesztésekkel való előrelépés lehetővé teszi számukra, hogy versenyképesek maradjanak és megfeleljenek a fogyasztói elvárásoknak, miközben hatékonyabbá teszik működésüket és fenntarthatóbbá válnak. A fejlődés és az innováció tehát kulcsfontosságú az élelmiszeripar jövőjének alakításában és a sikeres vállalkozások számára.

Cukrászként számomra az új receptek kidolgozása, megírása és az innovatív ötletek magvalósítása kiemelt fontosságú feladat. Ezért is döntöttem úgy, hogy innovációval kapcsolatos témát választok diplomamunkámhoz. Már korábban is érdekelt a csokoládé világa, és ezért esett választásom a Ruby csokoládéra dolgozatom központi tárgyául.

1.2 Célkitűzések

A diplomamunkám célja, hogy átfogó és alapos elemzést nyújtson a Ruby csokoládéval kapcsolatban, feltárva annak potenciális lehetőségeit, kihívásait és alkalmazási területeit az édességiparban. Céлом az is, hogy inspirációt nyújtsak a szakmai közönség számára az új és különleges ízvilágok felfedezéséhez és alkalmazásához.

Munkám során mind primer, mind szekunder adatgyűjtést is végeztem. Másodlagos kutatás részeként alaposan áttekintettem és összefoglaltam a téma szakirodalmát. Ennek érdekében számos folyóiratot és szakcikket vizsgáltam meg, valamint széles körű online forrásokat használtam fel. A szakirodalmat a csokoládé alapanyagától kezdve egészen az ízprofilján át a gazdasági jelentőségéig feldolgoztam.

Másodlagos kutatásom során a célom az volt, hogy teljes körű áttekintést nyújtsak a csokoládéval kapcsolatos szakirodalomról, és alapot biztosítsak további vizsgálataimhoz. A szakirodalmi források átfogó vizsgálata révén igyekeztem megérteni a csokoládéval kapcsolatos elméleti és gyakorlati ismereteket, valamint az iparág aktuális tendenciáit és fejlesztéseit.

Az általam végzett másodlagos kutatás segített abban, hogy mélyebb betekintést nyerjek a csokoládék különböző típusaiba, gyártási folyamataiba, valamint azok felhasználási lehetőségeibe az élelmiszeriparban és az édességkészítés területén. Ennek eredményeként felkészülten folytathattam tovább kutatásomat és a primer adatok gyűjtését a Ruby csokoládéval kapcsolatosan.

Munkám során a következő három hipotézisre kerestem a választ.

H1: Más módszerekkel is lehetséges olyan csokoládét készíteni, amely hasonló jellemzőkkel rendelkezik, mint a Ruby csokoládé.

A Ruby csokoládé mellett más csokoládékat is megvizsgáltam dolgozatomban és arra kerestem választ, hogy mennyire tudok közel kerülni az eredeti Ruby csokoládéhoz az alternatív csokoládékkal.

H2: A fogyasztók nem képesek megkülönböztetni a csokoládé mintákat csupán szín alapján.

Érzékszervi vizsgálat során csak a minta színéből vajon meg lehet-e mondani melyik a Ruby csokoládé?

H3: A minták színe, beltartalmi és reológiai tulajdonságaik azonosak.

Méréseimmel arra kerestem a választ, hogy a minták megegyeznek, vagy különböznek-e.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Diplomadolgozatomban második fejezetében a jelenleg megtalálható szakirodalmakat tekintem át és vizsgálom a kakaót és a csokoládét. Később részleteiben elemzem a Ruby csokoládéről fellelhető irodalmakat.

2.1 A kakaó és a csokoládé

A kakaó, a csokoládé fő összetevője, a *Theobroma cacao*, más néven kakaófa termése. A *Theobroma cacao* a mályvafélék (Malvaceae) családjába tartozik, amely a *Theobroma* nemzetséget és a *Sterculioidea* alcsaládot foglalja magában. A kakaóbabnak három fő csoportja: a Forastero, a Criollo és a Trinitario hibrid fajok (Šeremet, és mtsai., 2019).

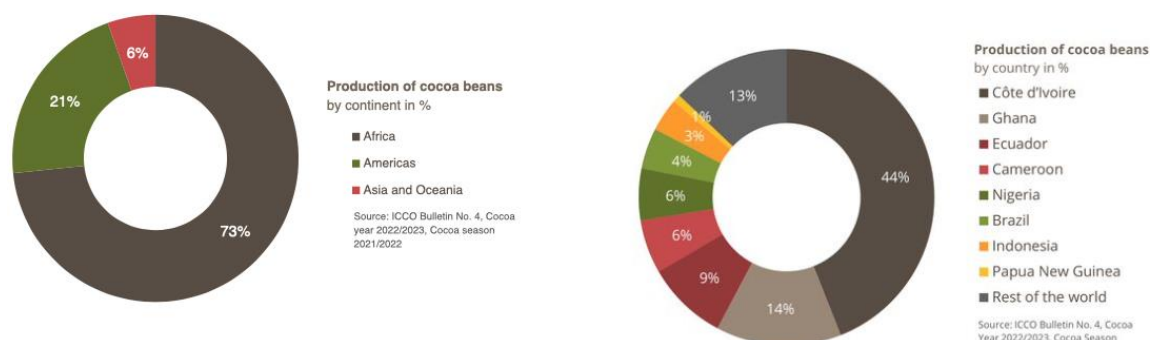
Az elmúlt negyven évben egy emelkedő trend figyelhető meg a kakaóbab termelésében. Piaci áráról ez már nem mondható el, hiszen az több befolyásoló tényező miatt könnyen és gyorsan változik. Gondoljunk csak bele az időjárással szorosan összefüggő termelési hiányba vagy a túltermelésbe, valamint egyéb tényezők, mit például politikai bizonytalanságokba, amelyek mind hozzájárulhatnak a kakaó piaci árának jellemzően kaotikus felemelkedésének és markáns zuhanásaihoz. Az 1. ábrán látható, hogy a 2016 / 2017-es kakaószezonban rekordot döntő termést értek el, melynek következtében a kakaó piaci ára tíz év alatt nem látott szintre zuhant vissza. Az viszont elmondható, hogy ezek az árak a mélypont óta kezdenek a megszokott szintre visszatérni egy kezdeti stabil emelkedéssel, ami az utóbbi években ugrásszerű növekedéssé fejlődött. Ezzel egyetemben a kakaó termelés adataiból is megfigyelhető az emelkedő - kevésbé kaotikus - trend. (Cocoa, 2024)

1. ábra: Kakaóbab termelési mennyisége és ára 1962-2023 közötti időszakban
(Forrás: (Cocoa, 2024) adatok alapján)



Elefántcsontpart és Ghána a legnagyobb kakaótermesztő országok. A világ termesztésének közel 60%-át ez az előbbi két ország termeszti. Őket követi Ecuador 9%-kal. Éves szinten majdnem 5 millió tonna kakaóbabot termesztenek a farmerek világszinten. Az elmúlt szezónban 4,9 millió tonna volt ez a szám. Földrészekre levetítve 73%-kal Afrika vezeti a sort, majd Amerika 21%-kal követi (Cocoa, 2024).

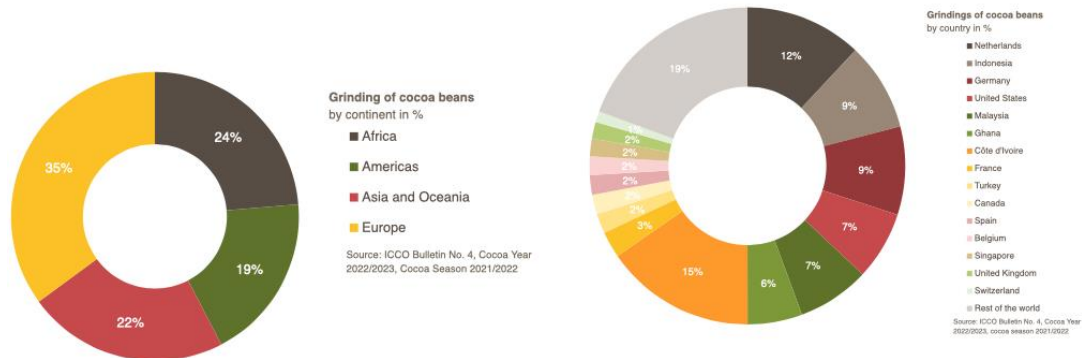
2. ábra: Kakaóbab termelés adatai földrészekre és országokra lebontva
(Forrás: (Cocoa, 2024) adatok alapján)



A kakaóbabból több értékes terméket lehet előállítani. Kakaómassza, kakaóvaj, kakaópor, csokoládé és egyéb kakaótermékek kerülnek feldolgozásra az egész világon. Az éves betakarítás 35%-át Európában dolgozzák fel. Ebből Hollandiában 628 000 tonna babot őrölnek, ami a teljes mennyiség 12%-át teszi ki. Svájc körülbelül 53 000 tonna kakaót dolgoz

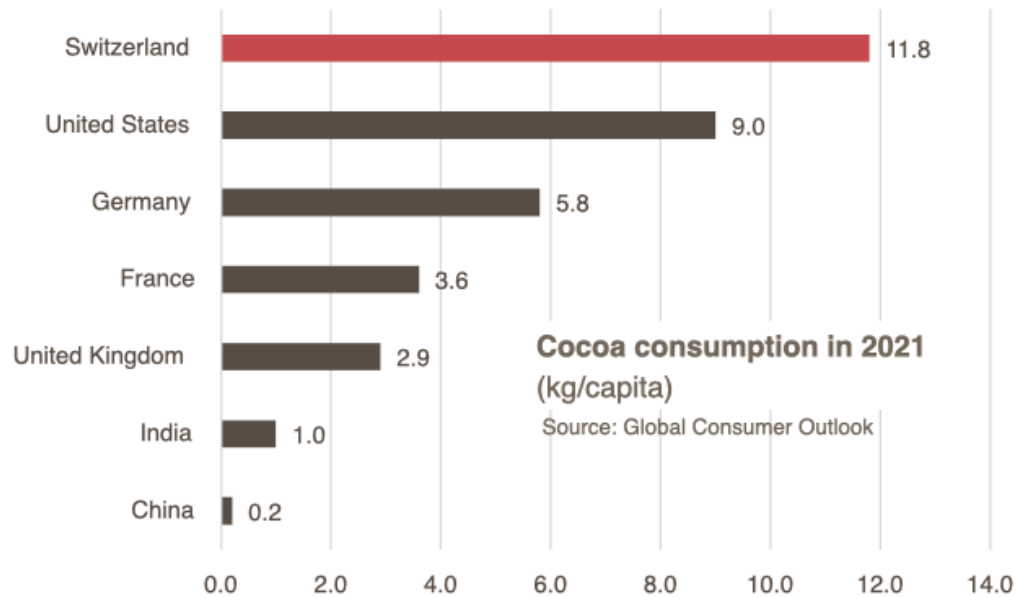
fel éves szinten, amely közel 1%-a a világ kakaótermelésének. A 3. ábrán látható a kakaóbab feldolgozásának országok szerinti felosztása (Cocoa, 2024).

3. ábra: Kakaóbab-őrlési statisztikája földrészekre és országokra lebontva
(Forrás: (Cocoa, 2024) adatok alapján)



Kontinensek szintjén, Európa a kakaóbab vezető feldolgozója, a teljes mennyiség mintegy 35%-val, míg Afrika a második helyen áll 24%-kal. Az országonkénti leosztás fogyasztás terén már más képet mutat. A 2021-es adatok alapján az egy főre jutó kakaó fogyasztás éves szinten 11,8 kg volt Svájcban. Kicsivel 10 kg alatt 9 kg ott fogyasztanak az Egyesült Államokban, Németországban pedig 5,8 kg-ot fogyaszt egy fő átlagosan. Érdekesség, hogy átlagosan egy svájci közel tizenkétszer annyi csokoládét fogyaszt éves szinten, mint egy indiai. A 4. ábrán látható az egy főre jutó éves kakaóbab fogyasztás országonként (Cocoa, 2024).

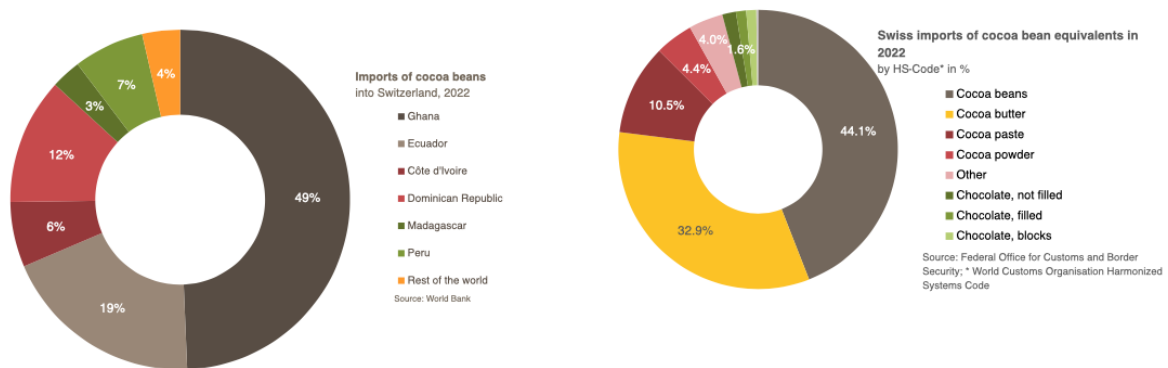
4. ábra: A kakaóbab fogyasztásának statisztikája 2021-ben, kg/fő
(Forrás: (Cocoa, 2024) adatok alapján)



Svájc főként Ghánából és Ecuadorból importál kakaóbabot. 2022-ben megközelítőleg 142 187 tonna kakaó és kakaótermékeket importáltak Svájcba. Ez körülbelül 124 145 tonna kakaóbab-egyenérték¹ behozatalának felel meg. Csak egy kis részét importálják félkész vagy késztermék formájában. A kakaóbab megfelelőit főként töltetlen csokoládé és kakaó massa formájában exportálják. Az országok listáját és kakaó termékek százalékban kifejezett értékei az 5. ábrán láthatóak (Cocoa, 2024).

¹ A kakaóbab-ekvivalens kifejezés az összes importált kakaótermék (azaz kakaóvaj, kakaópor stb.) összegére utal, amelyet az ICCO által meghatározott átváltási tényezőkkel kakaóbabba alakítanak át. A kakaótermékek babegyenértékének meghatározásához használt átváltási tényezők: kakaóvaj 1,33, kakaó massa 1,25, kakaópor és kakaó pogácsa 1,18, csokoládé és csokoládétermékek 0,40, a szokásos kakaó mennyiség felét tartalmazó csokoládétermékek 0,20. Forrás: ICCO, QBCS, Vol. évi XLVIII 1. sz. (Cocoa, 2024).

5. ábra: A kakaóbab importja Svájcba 2022-ben
(Forrás: (Cocoa, 2024) adatok alapján)



A kakaóbab fő tápelemei a zsír, a szénhidrátok, a fehérjék, a rostok és az ásványi anyagok úgy, mint a (Ca, P, K, Mg). A bioaktív anyagok, mint például a foszfolipidek, a vitaminok, a szterolok, az alkaloidok és a polifenolok, csak a közelmúltban kaptak fokozott figyelmet. Az egészségre nézve más pozitív hatásai is lehetnek a fermentált kakaóbaboknak. A polifenolok, az aromás tulajdonságú természetes antioxidánsok és a hidroxilcsoportokkal konjugált rendszerek bőségesen vannak jelen nem fermentált kakaóbabokban, lehetővé téve számukra a reaktív oxigénfajták és más szabad gyökök semlegesítését, ami különféle egészségügyi előnyöket eredményez. Az erjesztés (fermentálás), szárítás, pörkölés, őrlés, konszírozás és temperálás különféle folyamatok, amelyeken a nyers kakaóbab átmegy a csokoládégyártásban való felhasználás következtében. Ezek mind hozzájárulnak a késztermék - csokoládé - kémiai és bioaktív tartalmának kialakításában (Šeremet és munkatársai, 2019).

„A mai tudományos kutatások szerint a kakaó és a kakaóval kapcsolatos termékek fogyasztása számos egészségügyi előnnyel bír, de a kakaót évezredek óta gyógyszerként ismerik. C. Linnaeus svéd tudós 1753-ban a Theobroma kakaót « az istenek ételének » nevezte el.” (Šeremet és munkatársai, 2019).

„A fitovegyületek (másodlagos növényi anyagok) fő feladata a növényi sejtekben a negatív külső környezeti hatások kivédése, és ezek a hatóanyagok az emberi szervezetben is fontos védelmi szerepet töltenek be. A flavonoidok antioxidáns hatása megvédi a szervezetet a szabad gyökök roncsoló hatásától.” (Nagy, 2020).

A csokoládéfogyasztás a csokoládében található hatóanyagai miatt antidepresszánsként is hat, fokozza a pozitív hangulatot, az agy örömközpontját stimulálja és relaxálja. A csokoládéfogyasztás a pszichológiai hatása mellett más kedvező hatással is rendelkezik, úgy, mint a csontozat védelme, egészségük megőrzése. A kakaóbabban található flavanolok segítenek fenntartani a megfelelő endothelium-függő értágulatokat (Šeremet és munkatársai, 2019).

Ezt a tényt más irodalmi forrás is megerősíti. Az étcsokoládé és a flavan-3-olokban gazdag természetes nem holland eljárással² készült kakaóporok hosszú távú fogyasztása esetén, epidemiológiai kutatások azt bizonyították, hogy javulnak a szív- és érrendszeri funkciók, illetve alacsonyabb vérnyomásszint figyelhető meg. Kutatások támasztják alá, hogy ezekért a hatásokért a monomer flavan-3-olok a (-) -epicatechin felelős. Az ajánlott napi fogyasztási mennyiséget 200 mg-ban állapították meg. (Montoya és munkatársai, 2021).

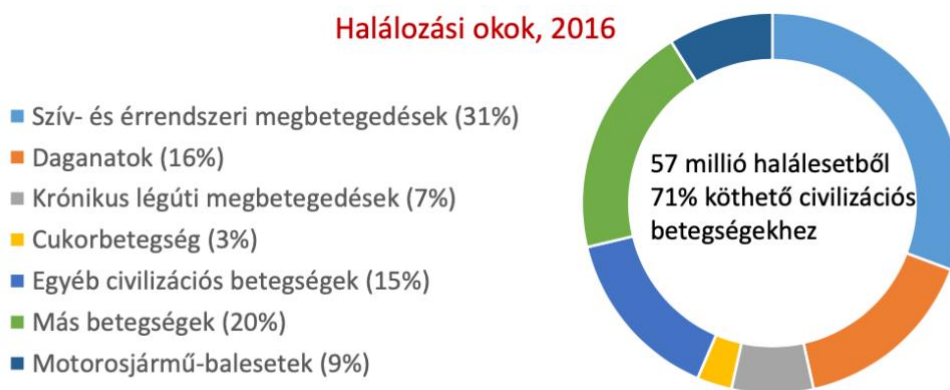
A bioaktív tápanyagokban gazdag funkcionális élelmiszerek³ hatásai miatt, a táplálkozás lett életmódunk egyik legfontosabb eleme. (Biacs és Szigeti, 2006).

A funkcionális élelmiszerek jelentősége egyre nagyobb teret kap a megváltozott életmód, a kevesebb mozgás és a helytelen táplálkozás miatt kialakult civilizációs betegségek miatt (Dr. Temesi, 2023).

² Holland eljárás: a hántolt törethez a pörkölőben alkáliák (K_2CO_3 ; $KHCO_3$) vizes oldatát adják.

³ Funkcionális élelmiszer: „Olyan élelmiszer, amely az átlagosnál nagyobb mennyiségben tartalmaz olyan komponenst, amely pozitív hatással van az emberi szervezetre (egészségre)” (Gyimes, 2010)

6. ábra: A halálozási okok statisztikája 2016-ban
(Forrás: (Dr. Temesi, 2023) adatai alapján)

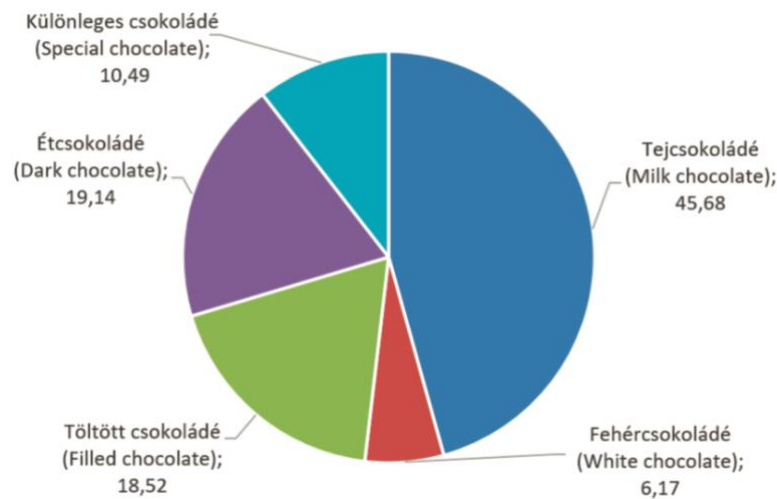


Diepeveen et al., 2013; WHO, 2021

Az egészségtelen táplálkozás, a mozgásszegény életforma, a dohányzás és a túlzott alkoholfogyasztás jelentősége egyértelmű. „*A jelenlegi helyzetben nincs más lehetőség, mint a lakosság figyelmének felhívása olyan élelmiszerekre, amelyek többlet-táplálkozási előnnyel rendelkeznek.*” (Dr. Temesi, 2023). Fogalmi megfogalmazása a FUFÖSE csoport által: „*a megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túlmenően, a szervezetben egy vagy több célfunkcióra kimutatható pozitív hatása van úgy, hogy fogyasztásával jobb egészségi állapot vagy kedvezőbb közérzet és / vagy a betegségek kockázatának csökkentése érhető el*”. Kizárólag élelmiszer formájában kínálható. Hatását már a szokásos fogyasztási mennyiségnél fejtsse ki. A vásárlási hajlandóságot közvetlenül befolyásoló három fő tényezője a következők. A vásárló egészségügyi aggodalmai. A vásárló attitűdje a funkcionális élelmiszerek koncepciója iránt. És az élelmiszer és az összetevő párosításának észlelt megfelelősége. (Dr. Temesi, 2023)

Napjainkban is a köztudatban a csokoládé édesség „jutalom” és nagyon kevesen fogyasztják funkcionális tartalma miatt. Csak élvezeti értékét tartják szem előtt a vásárlók. Más szakirodalomban szereplő eredmények is azt tükrözik, ami a következő ábrán látható, hogy a válaszadók közel fele nagyobb részben a tejszokoládét kedveli (45,68%) (LASKAI & OLSOVSKYNÉ NÉMEDI, 2016).

7. ábra: A különböző típusú csokoládék kedveltségének megoszlása (%)
(Forrás: (LASKAI & OLSOVSKYNÉ NÉMEDI, 2016) adatok alapján)



Számos vásárlást befolyásoló tényezőt ismerünk, mit például a csomagolás vagy a reklám. A reklámok a fiatal korcsoportot is célozzák és a 8-14 éves korosztály is tisztában van a reklámok által közölt üzenetekkel (Lendvai & Forró, 2020).

2.2 A Ruby csokoládé

„A Ruby csokoládé a legnagyobb innováció az elmúlt 80 évben a csokoládé történetében. Ruby kakaóbabból készült, teljesen új csokoládé élmény.”, írja a gyártó reklám szlogenje (Callebaut, 2021).

Annak érdekében, hogy kevésbé fanyar és gazdagabb ízű, valamint mélyebb és vonzóbb színű terméket kapjanak a kakaótermékeket gyakran lúgosító oldattal, például nátrium- vagy kálium-hidroxiddal vagy -karbonáttal kezelik. Egyes fogyasztók vágyhatnak a színes kakaó termékekre. A színes kakaó alapanyagok, pl. Ruby, használata lehetővé teszi a kevesebb mesterséges színezőanyag alkalmazását (Dumarche és munkatársai, 2013).

A színparaméterek a savasodási reakció körülményeitől függően változtathatók. Ennek érdekében azokat a kakaóbabból nyert kakaó töreket, melyek nagyobb mennyiségben tartalmaznak polifenolt, savval kezelik, esetleg szárítják azokat. A tanulmány szerint, a polifenol tartalom 20-60 mg/g között mozog a kakaóbabban, melyből az következik, hogy vöröses és lila színű töretet és kakaóport lehet előállítani (Dumarche és munkatársai, 2013).

Ebben a szakcikkben lévő tény összecseng azzal a megállapítással, hogy „minden kakaóbabban van Ruby”. Ami viszont rögtön meg is cáfolja a „Ruby kakaóbabból készült” kijelentését a gyártónak.

Két fő területre terjed ki a versenyelőny megszerzése vagy megtartása a piaci verseny során. Az egyik a termelékenységben nyilvánul meg, a másik pedig az innovációban, amelyet például a Ruby megjelenése is mutat (HORTOVÁNYI & BALATON, 2016).

2.2.1 A Ruby csokoládé színe

A polifenolok fontosak a növények növekedése szempontjából, és nagy számban megtalálhatók olyan élelmiszerekben, mint a gyümölcsök, a fűszerek, a tea, a bor és a diófélék. A kakaóbab vörös-ibolya színéért az antociánok felelősek, míg a pörkölt kakaóbab barna színe fontos fizikai-kémiai tulajdonsága. Az aroma kialakulásáért szükséges a megfelelő fermentáció, szárítás, pörkölés. Ezekkel függ össze a Maillard-reakciótermékek, polifenolok és antociánok jelenléte. A kakaófeldolgozás alkalmával a flavanolok jelentős része redukálódik. Az erjesztés, a pörkölés vagy a holland feldolgozásnál használt alkalizálás mind növeli a kakaó-polifenolok veszteségét (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

„A szárítás során nemcsak a kakaóbab, hanem a csokoládé jellegzetes barna színe is kialakul a polifenolok enzimatis oxidációja miatt, így a kakaóbab végső színe a szárítási módtól függ.” (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

A polifenol tartalom csökkenése miatt, az íz karakterisztikája javul és a színe sötétbarnává alakul, míg a funkcionális értéke romolhat a kakaóbabnak. Az erjedés folyamán a kakaóban lévő polifenolok és procianidinek lebomlanak, ennek megakadályozása érdekében erjesztetlen kakaóporok gyártása került előtérbe, megőrizve a procianidinek eredeti profilját és egy koncentrált kivonat előállításának lehetőségét. A pH, illetve a hőmérséklet megfelelő megválasztásával, meg lehet tartani a nyers erjesztetlen kakaóbab színét és polifenoltartalmát. Az italokban és élelmiszerekben az antociánok kémiai szerkezete összetett, sok véletlenszerű kombinációja lehetséges. A kakaóporok rózsaszín-vöröses és mályva színét a molekulán belüli kopigmentációval, illetve a pH stabilizálásával, lehet elérni (Montoya és munkatársai, 2021). *„Az antociánok pH-változás hatására*

jelentősen megváltoztatják szerkezetüket. Erősen savas közegben az oxónium forma a stabil módosulat, amely a pH-növekedés hatására fokozatosan kinoidális szerkezetté alakul, miközben színe a semleges és az enyhén lúgos tartomány határán pirosból kék árnyalatúvá változik.” (Csapó és Csapóné Kiss, 2003).

8. ábra: A csokoládé színárnyalatai

(Forrás: (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021) adatai alapján)



„Az első mechanizmusban a friss kakaóbab fő antocianinja, a cianidin-3-glükózid, vagy flavylum kation formájában (bíborvörös) jelenik meg erősen savas körülmények között (pH 2 alatt), enyhén savas körülmények között (pH értéke 3,2–4,5) ez a vegyület dominálna színtelen hidroxí-adduktként (pszeudobázisok vagy hemiketálok), amelyeket vízzel végzett nukleofil reakcióval képeznek, bár az antocianidinek 30–40% -a megmaradna a megfelelő flavylumionként, mint az S1 minták esetében, S4, S11 és S14. A további pH-érték 6-ra történő növelése a flavylum kationból deprotonálással nyert, lila színű, töltés nélküli tautomer kinoidális bázisokhoz, végül kékes árnyalatú anionos struktúrákhoz vezet, például az S2, S3, S5 S6, S8, S9 mintákban. S10, S12, S13 és S15.” (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

A flavanolok, az antocianinok és a proantocianidinek közvetlenül reagálva vörös pigmenteket állítanak elő az antocianin színstabilizálásának következtében, ezek a flavanol-antocianin és az antocianin-flavanol (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

A polifenolok reaktív vegyületek, amelyek a feldolgozás során lebomlanak és polimerizálódhatnak. Az enzimatis, és a nem enzimatis reakciók során egyaránt. (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021)

„A magasabb pH-értékű minták (S3 és S13) magasabb katechint mutattak, de csökkent az epicatechin- és proantocianidin-tartalom.” (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

„A citromsavban blansírozott és áztatott nem erjesztett kakaóbabok (S1, S4, S11 és S14) megtartották a rózsaszín-piros színt, ellentétben a mintákkal, amelyeket csak citromsavban áztattak blansírozás nélkül (S6 és S9). A blansírozás önmagában elegendő lenne a procianidintartalom megőrzéséhez, amint az az S2 és S12 mintákból kiderült, amelyekben 55,2, illetve 47,1 mg pro-cianidinnel volt több, mint az S7 mintában. Míg a pH csökkentése önmagában gátolná a polifenol-oxidázokat, de ezek a körülmények elősegítik a glikozidázok aktivitását, amelyek 3,0–5,0 pH-érték mellett aktívak maradnak, elősegítve a minták antocianin-hidrolízis által okozott vörös színvesztését és a színváltozást, a felszabadult cianidin kiegyensúlyozódik, és színtelen pszeudobázissá válik a minta pH-ján (5,0–6,0), amint az az S9 mintában megfigyelhető” (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

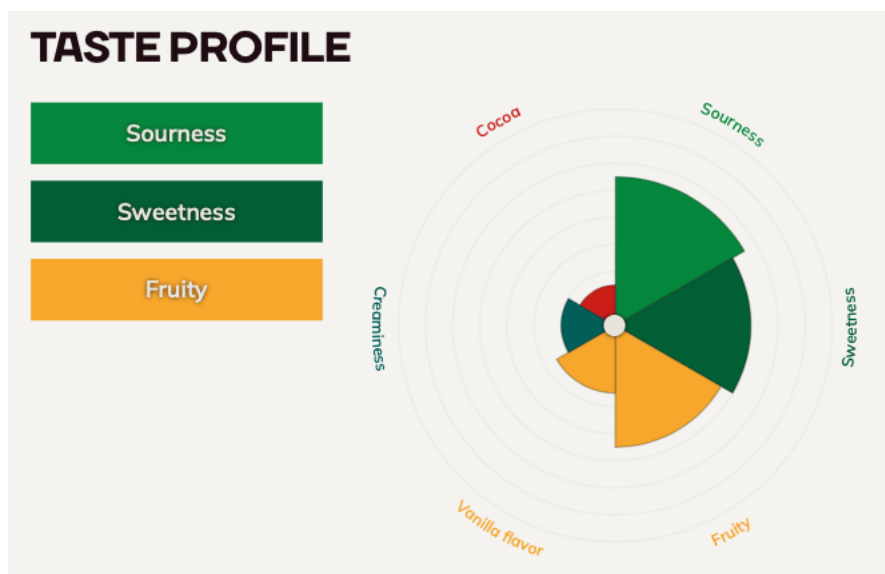
A procianidinek és az antocianin-pigmentek lebomlásának csökkentésére nem csak a pH, de az enzimatis aktiválás termikus gátlása is fontos lépés. Így a nyers kakaóbab 3-flavanoljainak megőrzése végett, fenntartva a rózsaszín-vöröses árnyalatot, a kakaót forrásban lévő vízben blansírozzák, majd enyhén savanyítják citromsavval. Így elkerülhetők az enzimatis reakciók a feldolgozás során. Stabil rózsaszínű-vöröses árnyalatú és 15 tömegszázalékos procianidin tartalmú kakaópor keletkezik. Ezt hozzáadva a csokoládé termékekhez, a negyedik csokoládé rózsaszínes árnyalatát és savanykás ízvilágát segíti elő (Montoya, Valencia, Sierra, & Penagos, 2021).

A Ruby csokoládénak a pontos gyártás technológiáját nem tudhatjuk, mivel üzleti titok. Csak a kész termékből, a vizsgálatokból, a szakcikkekből és a gyártó által kommunikált információkból lehet következtetni a technológiára.

2.2.2 A Ruby csokoládé ízprofilja

A kakaóbabok a tökéletesen kiegyensúlyozott és kerek íz elérése érdekében három országból származó kakaóbab keveréket használnak fel a gyártás során. Elefántcsontpart, Ghána és Ecuador. Karakterisztikáját tekintve kakaó tartalma 34,6%, tejszármazék tartalma 26,3% és zsírtartalma 35,9% (Callebaut, 2021.).

9. ábra: A Ruby csokoládé íz profilja
(Forrás: (Callebaut, 2021.) adatok alapján)



Ami a 9. ábrából kitűnik, hogy fanyarsága az elsődleges ízjegye a Ruby csokoládé különleges ízének. Aztán édessége a következő jegy, amit a gyümölcsőssége követ. Megtalálható még benne többek között vaníliás jegyek, krémesség és legcsekélyebb mértékben kakaó.

A 10. ábrán megtalálható néhány ízpárosítási javaslat. A legérdekesebbek közé tartozik a bors, a fahéj, a gyömbér, a wasabi, a passió gyümölcs vagy a világ legdrágább fűszere, a safrány. További érdekes párosítások még a curry, a vanília, a menta, a bazsalikom, a rozmaring és a licsi, amik jól illeszkednek a Ruby csokoládéhoz. (Callebaut, 2021.)

10. ábra: Lehetséges íz kombinációk a Chocolate Academy ajánlásával
(Forrás: (Chocolate Academy North America, 2021) adatai alapján)



2.2.3 Fitokémiai alkotóelemek meghatározása

Tuenter és munkatársai az étcsokoládé és a Ruby csokoládé elemzéséhez az UPLC-hibrid kvadrupól -TOF MS/MS módszert alkalmazták, és egy funkcióalapú molekuláris hálózat segítségével vegyületek széles körét azonosították. Negyvenegy vegyi anyagot azonosítottak, a hálózat értelmezése és a nyers adatok irodalommal való összehasonlítása

után, ezek közül harminc Rubyban, harmincegy pedig az étcsokoládében volt jelen. A leggyakoribbak a proantocianidinek és a flavonoidok, de jelen vannak N-tartalmú vegyületek és szerves savak is. Az itt feltárt első osztály a proantocianidinek, amelyek a kakaóban a polifenolok egyik fő típusa. Tizenkét különböző proantocianidint figyeltek meg, a dimertől a pentamerig. A dimerek és trimerek azonosítását a tulajdonság-alapú molekuláris hálózatba történő klaszterezéssel támogatták.

Mind az étcsokoládében, mind a Ruby csokoládében két procyanidin B típusú dimert azonosítottak. Ebben a szakaszban nem lehetett specifikusan feltárni, de a kvantitatív elemzés feltárta mind a procianidin B1, mind a procianidin B2 jelenlétét a Rubyban és az étcsokoládében. A Ruby csokoládében és az étcsokoládében egy procianidin B típusú trimert is kimutattak, de a procianidin B típusú magasabb oligomereket és pentamereket csak az étcsokoládében lehetett megfigyelni, a Ruby csokoládében nem volt jelen. Csakhogy a Ruby csokoládé különféle A-típusú proantocianint tartalmazott, amelyek viszont az étcsokoládében nem voltak jelen.

Az eredmények arra utalnak, hogy a fitokémiai anyagok ugyanúgy jelen vannak a „hagyományos” ét- vagy tejcsokoládében, mint ahogyan a Rubyban is. Továbbá megállapítható az, hogy az A-típusú proantocianidinek a Ruby csokoládéra jellemzőnek tűnnek, míg a B-típusú proantocianidinek elsősorban az étcsokoládében találhatóak. Ezt több mérés is megerősítette. Megállapítható az, hogy az összes vegyület ugyanúgy jelen van az étcsokoládében, mint a tejcsokoládében. Ezt azzal lehet magyarázni, hogy mind a kettő tartalmaz kakaóport, csak más arányban.

Az érdekesség, hogy 5 vegyület a fehér csokoládében is jelen volt: egy dihexóz, és négy flavonoid. Ez igazán meglepő, hiszen a fehér csokoládében kakaóvaj jelen van, de kakaópor nincsen (Tuenter, és mtsai., 2021).

2.2.4 A fitokémiai alkotóelemek mennyiségi meghatározása

Egy másik elemzésen Tuenter és társai UPLC-QTOF-MS módszerrel vizsgálták az étcsokoládét, a tejcsokoládét, a fehér csokoládét és a Ruby csokoládét egyidejűleg ötvenegy referencia vegyület koncentrációtartományával.

A tizenkilenc számszerűsített vegyületből tizenhárom vegyület a Ruby csokoládében megtalálható. Az étcsokoládében tizenhármat, a tejcsokoládében tizenötöt és a fehér csokoládében kettőt vegyület volt számszerűsíthető. Ezek a vegyületek a flavan-3-olok,

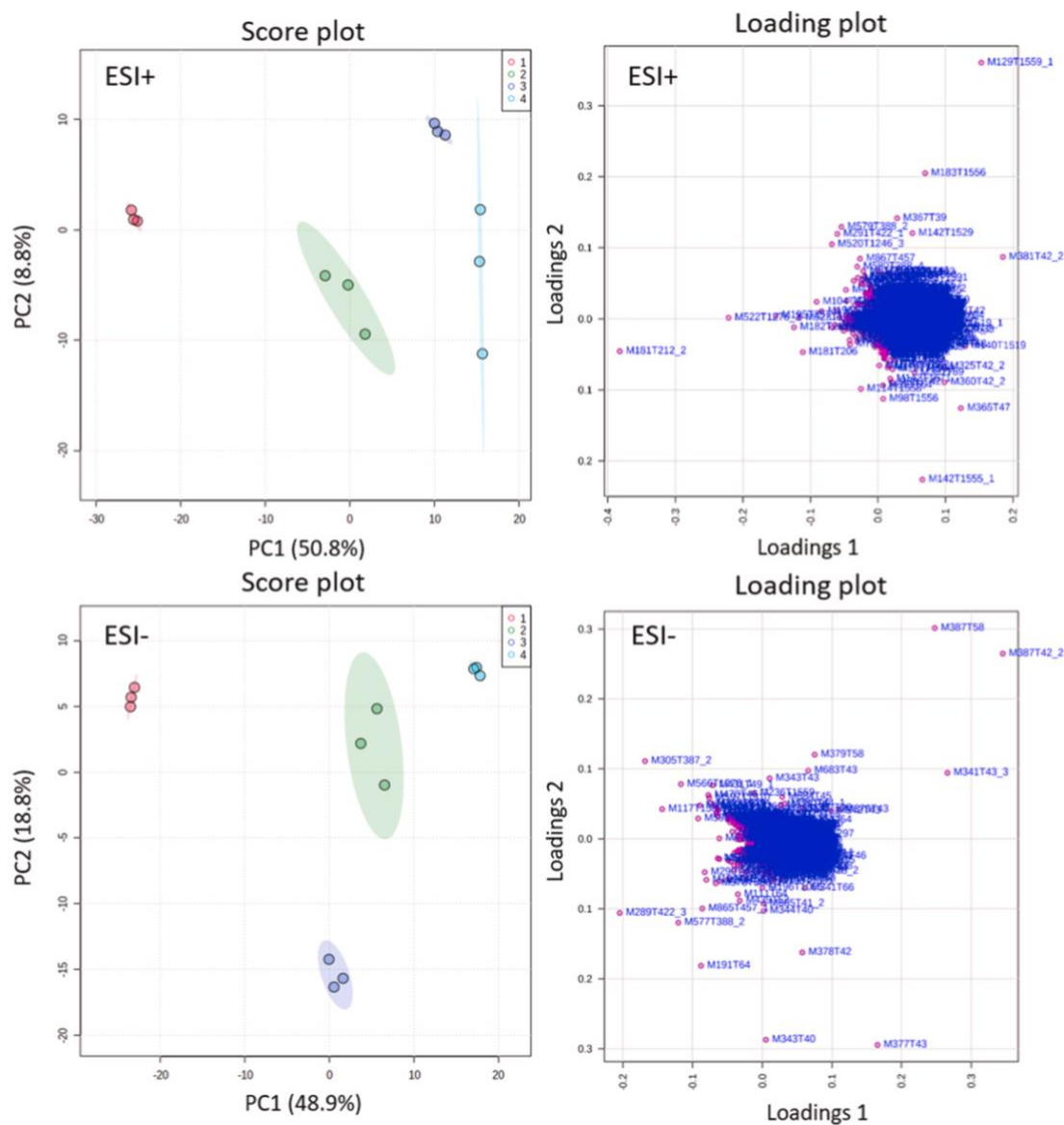
a proantocianidinek, a flavonoidok, a metilxantinok, az aminosavak, a biogén aminok és a szerves savak. A négy vizsgált csokoládémintából összesen ötvennégy vegyületet azonosítottak, és a Ruby csokoládében ebből negyvenhárom vegyület található meg.

Az étcsokoládében volt a mennyiségileg meghatározott legmagasabb a polifenolok, aminosavak, metilxantinok, és biogén aminok szintje, ami a kakaópor-tartalomnak köszönhető. Metilxantinokból, aminosavakból és biogén aminokból, a tejsokoládében több volt található, mint a Ruby csokoládében, viszont a Ruby csokoládében magasabb szintű volt az epikatechin és procianidin B2 tartalom, mint a tejsokoládében. Több mint valószínű, hogy ez annak köszönhető, hogy a Ruby csokoládé gyártásához használt kakaóbabot nagyon rövid ideig, vagy egyáltalán nem fermentálták. A három számszerűsített szerves sav közül kettő, a koffeinsav és a klorogénsav volt nagyobb a Ruby csokoládében. A tejsokoládé szintje a számszerűsítési határ alatt volt.

Érdekesség, hogy a koffeinsavat csak a Ruby csokoládében tudták számszerűsíteni. A Ruby csokoládé ízprofilját savanykás, édesség és gyümölcsösség (bogyós) jellemzi. Eme két szerves savak biztosíthatják a savanykás ízprofilt (Tuenter, és mtsai., 2021).

A főkomponens-analízis (Principal Component Analysis, PCA) beigazolta, hogy a különböző csokoládék egyértelműen megkülönböztethetők, ahogy ez a 11. ábrán is látható. Az ábra a betöltési ábrákat is tartalmazza, mindegyik jellemző m/z értéke (M) és retenciós ideje (T) szerint van kódolva másodpercben (Tuenter, és mtsai., 2021). „Az ESI + módban kapott adatok esetében a PC1 a variabilitás 50,8% -át, a PC2 pedig 8,8% -ot tette ki. Az étcsokoládét a PC1 alacsony értékei jellemzik, és a betöltési görbéből arra lehet következtetni, hogy ez különösen a teobromin magas szintjének felel meg (M181T212_2)” (Tuenter, és mtsai., 2021).

11. ábra: A négy csokoládé UPLC-QTOF-MS elemzésének PCA-jának eredménytáblái és betöltési diagramjai ESI+ és ESI- módban. Vörös pöttyök: étcsokoládé, zöld pöttyök: tejsokoládé, sötétkék pöttyök: Ruby csokoládé, cián pöttyök: fehér csokoládé (Forrás: (Tuenter, és mtsai., 2021) adatai alapján)

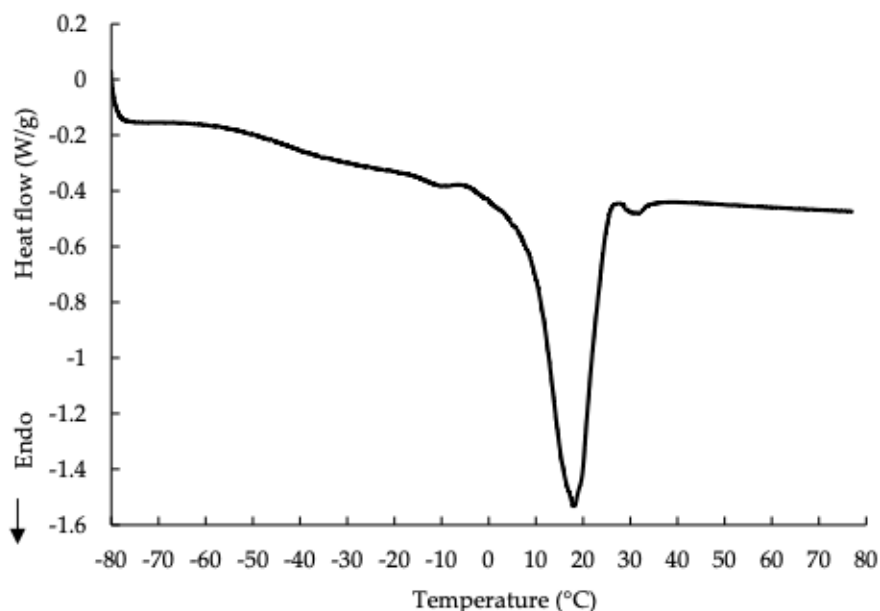


„A tejsokoládé kevésbé jellemző tulajdonságokat mutat, míg a fehér csokoládé a PC1 magas értékének felel meg, amelyet az M365T47 tulajdonság magas szintje befolyásol, amelyet nem azonosítottak. A Procyanidin B2 (M579T388_2) és az epikatechin (M291T1422_1) mind az étcsokoládé és mind a Ruby csokoládé markerei.” (Tuenter, és mtsai., 2021).

2.2.5 A Ruby csokoládé termikus tulajdonságainak jellemzése

A Ruby csokoládét megvizsgálták termikus tulajdonságainak feltárása érdekében is. A Ruby csokoládé zsírjának zsírsavösszetételét gázkromatográfiával határozták meg. A differenciális pásztázó kalorimetriát (DSC) sikeresen alkalmazták a Ruby csokoládében jelenlévő kakaóvaj és tejzsír oladási viselkedésének és polimorf formáinak meghatározására. A Ruby csokoládéból kivont zsír oxidatív stabilitását nyomás alatti differenciális pásztázó kalorimetriával (PDSC) vizsgálták. A csokoládé és a zsír termikus viselkedését termogravimetriával (TGA) vizsgálták. A Ruby csokoládé termikus profilja és jellemzői megmutatták, hogy a paraméterek hogyan viszonyulnak az ét- és tejcsokoládéhoz. A DSC-vel kapott eredmény azt mutatja, hogy a Ruby csokoládé olvadáspontja jobban hasonlított a tejcsokoládéhoz, mint az étcsokoládéhoz. A zsírsavösszetétel alapján megállapítható, hogy a Ruby csokoládé a tejcsokoládéhoz hasonló volt. Az izoterm és dinamikus differenciális pásztázó kalorimetriával kapott eredmények a zsírok magas oxidatív stabilitását bizonyították a Ruby csokoládében (Ostrowska-Ligęza, és mtsai., 2023).

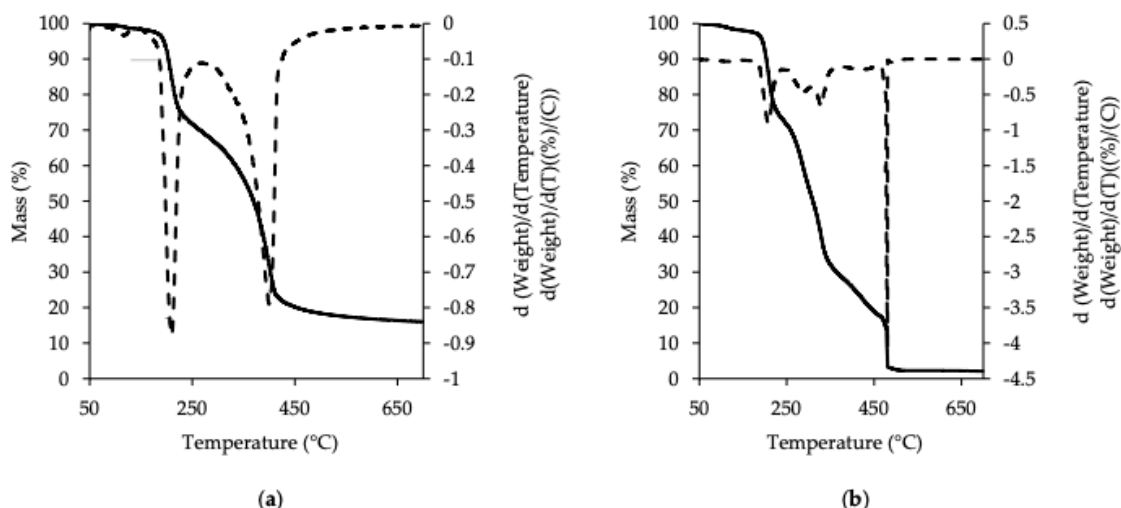
12. ábra: A Ruby csokoládéból kivont zsír oladási profilja
(Forrás: (Ostrowska-Ligęza, és mtsai., 2023) adatai alapján)



A csokoládé oladási viselkedését a szilárd zsírösszetevők megfelelő aránya, valamint az összetevők közötti sokféle kölcsönhatás befolyásolta. A DTG görbe alakja nitrogénatmoszférában nem jelezte a kakaó massa jelenlétét a Ruby csokoládében. Ugyanezt a jelenséget figyelték meg a tejcsokoládé esetében is. A Ruby csokoládéból

oxigénben kivont zsír DTG görbéje lehetővé tette, hogy megerősítsük a zsírsavak egyes csoportjainak jelenlétét. A DSC, TGA és DTG analízis potenciálisan felhasználható a minőségértékelés folyamatában és a csokoládé összetételében előforduló esetleges hamisítások meghatározásában is (Ostrowska-Ligęza, és mtsai., 2023).

13. ábra: A Ruby csokoládé TGA és DTG görbéje nitrogénben (a) és oxigénben (b) (Forrás: (Ostrowska-Ligęza, és mtsai., 2023) adatai alapján)

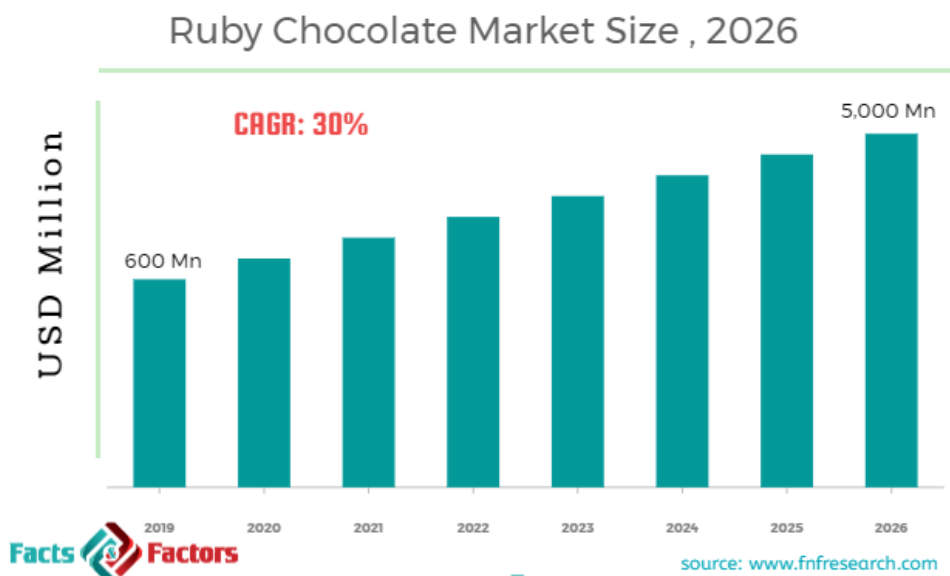


A Ruby csokoládéból kinyert zsír PDSC-adatainak regressziós analízisét nagyon magas korrelációs együttható jellemezte ($>0,99$). Azt tapasztalták, hogy a Ruby csokoládéból kinyert zsír oxidációs folyamatának aktiválási energiájának (E_a) értékei között nem volt statisztikailag szignifikáns különbség, amelyet a maximális hőmérséklet és a maximális indukciós idő segítségével határoztak meg (Ostrowska-Ligęza, és mtsai., 2023).

2.2.6 A Ruby csokoládé gazdasági jelentősége

A Facts & Factors által közzétett jelentés szerint a Ruby csokoládé globális piacának mérete 2019-ben körülbelül 600 millió amerikai dollár volt, és az előrejelzések szerint 2026-ra körülbelül 5000 millió amerikai dollárral fog növekedni, 2020 és 2026 között nagyjából 30%-os összetett éves növekedési rátával számolva (CAGR). A jelentés elemzi és deklarálja a Ruby csokoládéipar történeti és jelenlegi tendenciáinak elemzését, és ezt követően előrejelzi a Ruby csokoládé piacán az elkövetkező években várható trendeket. (Factors, 2020)

14. ábra: A Ruby csokoládé piaci mérete
(Forrás: (Factors, 2020) adatok alapján)



A nevesebb cukrászatok, illetve napjainkban egyre több kézműves csokoládéműhely már inkább a minőségi alapanyagot keresik, mintsem az olcsóbbat. Valószínűleg a fogyasztók igényeinek és anyagi lehetőségeiknek megváltozása állhat e mögött. Ezen vállalkozások sikeressége abban rejlik, hogy *„főként nem az alacsony ár az elsődleges vásárlást befolyásoló tényezőjük, hanem a minőség.”* (Salamonné Dr. Huszty, Dr. Kozma, Fodor, & Gáspár, 2017)

2.3 Hiperspektrális képfeldolgozás

Hiperspektrális képalkotást különböző élelmiszertermékeken alkalmaztak, mint például a sárgarépa (Firtha F. , 2007). Egy másik szakcikk a szójababot vizsgálta hiperspektrális méréssel (Zheng, és mtsai., 2023). Hasonlóan ezt a technikát alkalmazták más növényeknél is (Jung, Kerdeván, & Tőkei, 2006).

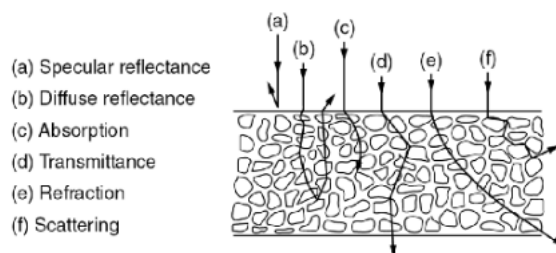
A színmérés és a képfeldolgozás kapcsolatához hasonlóan, amíg a spektroszkópia egy felület átlagos RGB színét méri, úgy a spektrális képfeldolgozás a felület minden képpontjának (pixelének) spektrumát képes mérni.

A képfeldolgozás lehetőséget ad távérzékelésre. A felvett x-y-RGB adattenzor az adatredukció (előfeldolgozás, szegmentálás, utófeldolgozás) után a szín, alak és mintázat leírását adja.

A spektrális képfeldolgozás esetén az x-y-hullámhossz adattenzor, un. hiperkocka mérése után szintén adatredukció történik. Előfeldolgozás (filterek), szegmentálás (automatikus vagy manuális) és utófeldolgozás után a kiválasztott felület elemek átlagos spektrumára (vagy deriváltjára) statisztikus modellt építhetünk, mint a hagyományos spektroszkópia esetén. A kemometriai modell alkalmas lehet osztályozásra (pl. DA) vagy folytonos függő változó becslésre (pl. PLS) is. Utóbbi esetben, pl. NIR tartományú méréssel becsülhető az anyag összetétele, főbb összetevői, pl. víz, fehérje, zsír, szénhidrát tartalom. A NIR mérés nyomelemek detektálására nem képes.

A spektrofotometria fontos fogalma az abszorpció, ami a fényelnyelést jelenti és beltartalmi jellemzőkre utal. Az abszorpciót rendszerint vagy a transzmisszió, vagy a reflexió méréseivel határozhatjuk meg. Scatteringet a közegben szórtan visszavert fényt jelenti (scattering). Valamint emissziót, másodlagos sugárzás, atomi szinten. A 15. ábrán láthatók az előbb felsorolt fogalmak.

15. ábra: A spektrofotometria szemléltetése metszeti ábrázolásban
(Forrás: előadás adatok alapján)

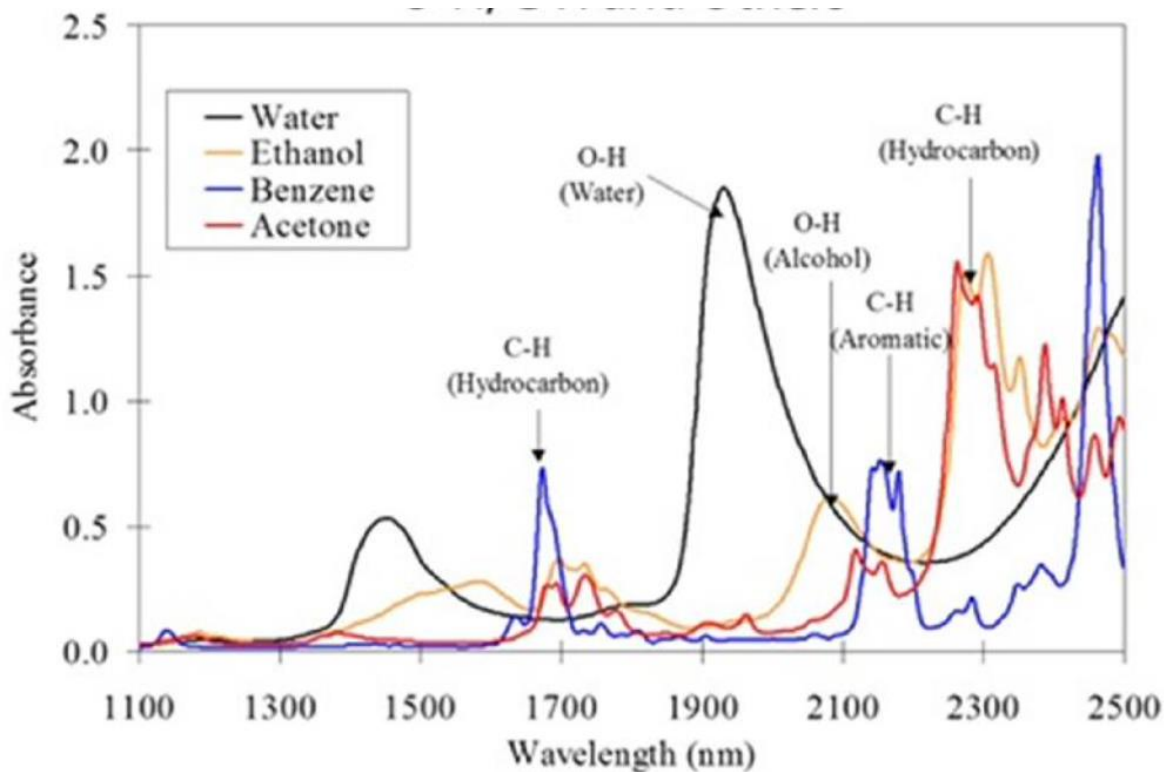


Az abszorpció a következő mérési tartományokban vizsgálható: (NIR: 780 – 2500nm, MIR: 2,5 – 15 μm , FIR: 0,015 – 1mm). Abszorpciós színekép: NIR estében (900-2500nm) tartományban molekuláris kötésekre jellemző abszorpciós csúcsok jelennek meg, amelyek a nedvesség tartalomra, zsírok, olajok, fehérjék és még más összetevő jelenlétére utalnak.

NIR tartományban az abszorpciót az egyes csoportokból (C-H, N-H és O-H) a különböző összetevők, úgy, mint a víz, alkohol, aminok, zsírok, olajok, fehérjék és még más

összetevők meghatározására használható. A 16. ábrán láthatók a spektrumok (Firtha F. , 2007).

16. ábra: Az abszorpció szintek különböző hullámhosszon
(Forrás: (Firtha F. , 2007) adatok alapján)



Abszorpció mérése; Transzmitancia számítása:

$$T = \frac{I_T}{I_0}; A = \lg \frac{1}{T} = \lg \frac{I_0}{I_T}$$

Az abszorbancia vagy egyfelől transzmitancia számolható, vagy a reflexiós fotometria a reflektancia számolható. Reflexiós spektrofotometria, abszolút reflektancia – a beeső fény hányadrészét veri vissza.

Abszolút reflektancia számítása:

$$R = \frac{I_R}{I_0}; A \approx \lg \frac{1}{R} = \lg \frac{I_0}{I_R}$$

Reflektancia vagyis a reflexiós faktor a minta és egy világos standard reflexiójának hányadosa.

Reflektancia (reflexiós faktor) számítása:

$$R = \frac{I_X}{I_0}; A = \lg \frac{1}{R} = \lg \frac{I_0}{I_X}$$

Mivel a teljes reflexiót nehéz mérni, reflexiók faktorral számoljuk. A faktor a vizsgált felületen és egy etalon felületen mért jel hányadosa.

Spektrumok feldolgozását normalizálással érdemes kezdeni az egyenetlen megvilágítás kiküszöbölése érdekében. Átlag kivonásával, vagy az átlaggal való osztás eredményeként kapjuk a valódi spektrális információt. Standard normal variate (SNV) szűrőt is alkalmazhatunk a pixelek zajának csökkentésére. Medián-filtert alkalmazható a pixelek Salt&Pepper zajának kiküszöbölésére. Ezt követi a deriválás, amit a csúcsok eltolásának kiküszöbölésére előszeretettel alkalmaznak. A deriválás (első- vagy másodfokút) rendszerint Savitzky-Golay algoritmussal történik, ami mozgó-ablakon közelít polinommal, és annak deriváltját számolja.

Ezek után végezhető el az asszignálás, ami a csúcsazonosítás. Különböző statisztikai modellekkel további feldolgozás lehetséges, úgy, mint PLS (Partial Least Squares) részleges legkisebb négyzetek, PCA (Principal Component Analysis) főkomponens analízis, RMSEP (Root Mean Squared Error of Prediction) átlagos négyzetes hiba gyöke (Firtha F. , 2007).

2.4 Antioxidáns kapacitás mérése

A magyar lakosság nagy része rosszindulatú daganatos megbetegedésekkel, szív-és érrendszeri problémákkal vagy kettes típusú diabétesszel szenved. A szabadgyökökkel összefüggésbe hozhatóak ezen betegségek, amiknek kialakulásában az egyik fő faktor a helytelen táplálkozási szokások. Az antioxidáns hatású vegyületeinek köszönhetően, a gyümölcsöknek, a magvaknak és a zöldségeknek fontos szerepük van a szabadgyökök káros hatásaival szemben. Az antioxidánsok mennyiségére és minőségére befolyásoló szereppel rendelkeznek a természeti technológiák, mint például a locsolás és a megfelelő termőtalaj. Ezek az antioxidáns anyagok lehetnek enzimek, vitaminok és a növényi metabolizmus másodlagos anyagcseretermékei. Főbb képviselői: a C-, A-, és E-vitamin, a flavonoidok, a béta karotin, a fenolos vegyületek (Molnár, 2021).

Az antioxidáns kapacitás mérés módszerének két fő csoportja van. A hidrogénatom átmenettel és az elektronátmenettel járó metódusokra. A hidrogénátmenettel járó módszerek azt mérik, hogy egy adott szabadgyökkel szemben a minta mennyire hatásos, vagyis mennyire képes befogadni a szabadgyököt, míg az elektronátmenettel járók színváltozással

járnak, és a változás mértékéből következtetnek az antioxidáns kapacitás értékére (Molnár, 2021).

A Hidrogén átmenettel járó módszerek: az ORAC (Oxigéngyök Abszorpció Kapacitás), a TRAP (Összes peroxilgyök befogadására vonatkozó paraméter) vagy a PLC (Fotokemilumineszcencián alapuló antioxidáns kapacitás mérés). Az elektronátmeneten alapuló eljárások közül az első a FRAP (Ferric Reducing Ability of Plasma) – vasredukálóképességen alapuló eljárás. Minta antioxidáns anyagainak közvetlen mérése alkalmas, azonban kéntartalmú vegyületek meghatározására a módszer alkalmatlan. Ez a módszer azon alapul, hogy a ferri-ionok (Fe^{3+}) az antioxidáns hatású vegyületek által ferro-ionokká (Fe^{2+}) redukálódnak. A ferro-ionok tryptidil-s-triazinnal (TPTZ) komplexet képezve kék színű vegyület képződik, melyet 593 nm-en fotométerrel mérnek. A másik lehetőség a DPPH (1,1-difenil-2-pikrilhidrazil) gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitás mérése. A legkorábbi módszerek közé tartozik. A reakció során a sötétlila színű gyök antioxidánsokkal reagálva elveszíti a színét (Molnár, 2021).

3. ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

3.1 Minta-előkészítés

Első lépésként elkészítettem a vizsgálni kívánt mintáimat. Munkámat a Ruby csokoládé temperálásával kezdtem. A csokoládé temperálása a kakaóvaj előkristályosítása a csokoládében, amely biztosítja, hogy a csokoládé roppanós és fényes legyen. A jó temperálás azt is garantálja, hogy az öntött csokoládétermékek hűtés után könnyen eltávolíthatók lesznek a formákból (Chocolate Academy North America, 2021).

A temperálás tulajdonképpen egy előkristályosítás annak érdekében, hogy stabil β kristályok alakuljanak ki a csokoládémasszában. Ezek a kristályok, mint egy gócok, lehetővé teszik az egész csokoládé-késztermékben a stabil módosulat kialakulását. Lényege, hogy a csokoládét 50°C-ra felhevítve a kristályok felolvadnak. A masszát lehűtik megközelítőleg 32°C-ra, mikor elkezdődik a kristályosodás. Ezután lassabb sebességgel hűtik 27°C-os tartományba, ilyenkor egyszerre jön létre β (V) és β' módosulat, majd intenzív keverés mellett felmelegítik 30-32°C-ra, ekkor a β' módosulat felolvad. Ezután lehet lehűteni a masszát, és már csak β kristályok vannak jelen.

A Ruby csokoládét felmelegítettem 40-45°C-ra mikrohullámú sütő segítségével. A minta hőmérsékletét digitális termométerrel ellenőriztem, ezután kézzel temperáltam a csokoládét egy márványasztalon. Mivel nem nagy mennyiséggel dolgoztam, így a felmelegített csokoládé 85%-át márvány lapra öntöttem és folyamatosan hűtöttem a felületen. Szétkentem és összekapartam mindaddig, amíg el nem érte a 27°C-ot. Ekkor visszatöltöttem a maradék csokoládéba és így kaptam egy 29°C-os csokoládét. A temperálást azért végeztem el, mert a csokoládében lévő kakaóvaj kristály szerkezetét szerettem volna változtatni. A temperálás segít a β' kristályok átalakítását β kristályokéra, ami különösen fontos a csokoládé készítés folyamán. Így a kapott csokoládé fényes felületű, és törős lesz. A letemperált csokoládét mini csokoládé tábla formába öntöttem és zötyögtető mozdulattal hosszasan az asztalhoz kocogtattam a levegőbuborékok eltávolítása céljából. A kakaóvaj tulajdonsága miatt, ahogy lehűl a csokoládé és megszilárdul, térfogata csökken, így módon a formából egyszerűen kifordítható a minta. A mintákat papírdobozban, frissen tartó fóliával körül tekerve, fénytől és páratól védve, temperált 18-20°C hőmérsékleten tároltam. A 17. ábrán láthatók a használt eszközök: márványlap, üst, csokoládé forma, gumis spatula, maghőmérő, kenőkes, spakli, habzsák.

17. ábra: A csokoládéminták elkészítéséhez használt eszközök
(Forrás: saját fotó)



A második mintám elkészítéséhez egy magyarországi gyártó, a Harrer Csokoládé, epres fehér tábláját használtam. A minta előkészítésében hasonlóképpen jártam el.

Harmadik mintaként az előző kettő minta 50-50%-os keverékét használtam. A két csokoládét kimértem egyenlő mennyiségben és együtt olvasztottam fel, majd együtt temperáltam. Végül, a negyedik mintának, Cabo Blanco belga fehér csokoládét használtam és színeztem Fractal égő piros 0,5g/kg, lila 0,5g/kg bordó 0,5g/kg és 1g/kg rózsaszín festékkel, hogy a lehető legközelebbi eredményt érjem el a Ruby színéhez.

18. ábra: A mérések során használt csokoládéminták fotói
(Forrás: saját fotó)



A 18. ábrán láthatók az elkészült csokoládéminták. 1.) a Ruby csokoládé; 2.) az epres tábla; 3.) a Ruby-epres 50-50%-os kevert mintája és a 4.) a színezett fehér csokoládé.

3.2 Mérések

3.2.1 A csokoládé hiperspektrális mérése

Jelen tanulmányomban, első soron a hiperspektrális mérőrendszert alkalmaztam a csokoládé minták spektrális vizsgálatára. Arra szerettem volna választ kapni, hogy a vizsgált minták összetételben megegyeznek-e, vagy különböznek. A továbbiakban részletezem a méréshez használt hiperspektrális mérőrendszert és annak beállításait. Ezen felül bemutatom a mérést és a képek képfeldolgozására használt programot is.

A hiperspektrális adatokat a HeadWall rendszer vette fel.

Mérőrendszer

- HeadWall Photonics, Inc., Fitchburg, MA, USA
- Xeneth InGaAs szenzor: 900-1700 nm spektrumtartomány,
- 256 x 320 felbontású InGaAs szenzormátrix,
- 14 bites A/D konverzió (16384 szint), 100MHz,
- 800 nm/156 sáv = 5,13 nm/px spektrális felbontás,
- 132*100 mm (424*320 px hosszúság*szélesség) képméret,
- 100 mm/320 px = 312 μ m/px térbeli felbontás,
- 45/0 megvilágítási geometria,

és az Argus kalibráló és mérésvezérlő szoftver (Firtha F. , Spektrális képfeldolgozás, 2010) amivel elvégeztem a mérést.

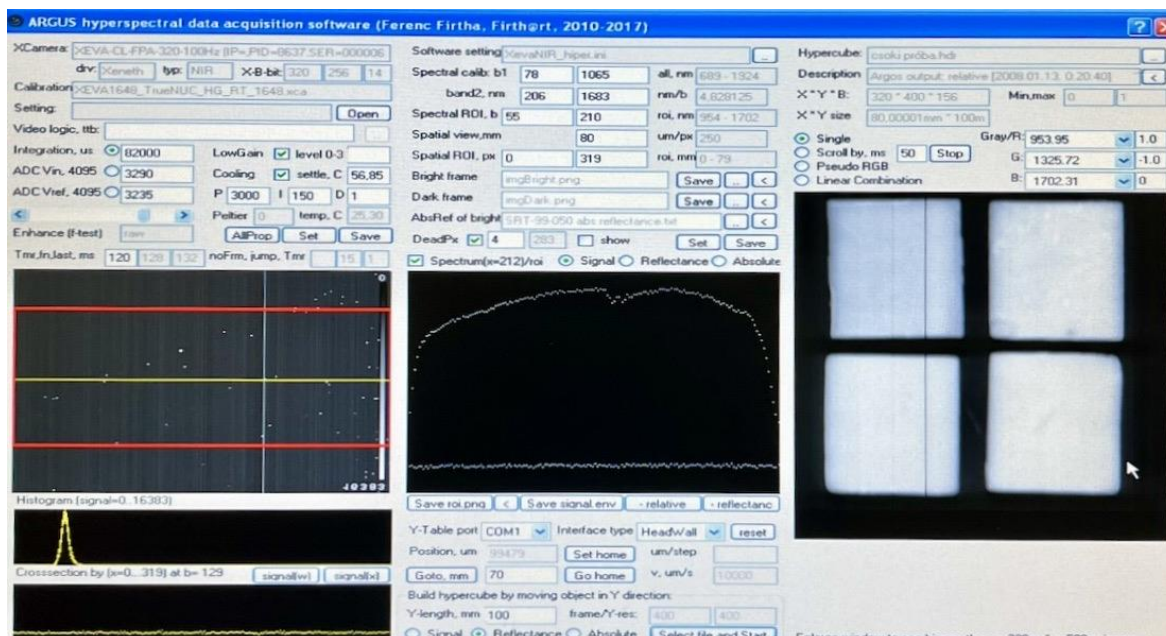
A megfelelő beállítás, kalibrálás és zajkezelés után, a rendszer ellenőrizhetően ugyanolyan spektrális eredményt adott síkfelületre, mint egy hagyományos spektrofotométer. A hatalmas mennyiségű spektrális adatot (1,1 GB) CuBrowser algoritmussal (Firtha F. , Spektrális képfeldolgozás, 2010) elődolgoztam és redukáltam.

19. ábra: A hiperspektrális méréshez használt mérőműszer: HeadWall rendszer
(Forrás: saját fotó)



A homogén megvilágítás és az egyenletes felületek képének kezelése érdekében, a ROI (region of interest) pixelek spektrumát normalizáltuk úgy, hogy elosztottuk a ROI-n mért átlagos intenzitással. Egyenetlen felületek esetén, a hiperspektrális adatok megfelelő normalizálási módszere sokkal jobb jel-zaj viszonyt biztosít, mint a hagyományos spektrofotométeres módszer.

20. ábra: ARGUS hyperspectral data acquisition software
(Forrás: saját fotó (Firtha F. , 2007) adatok alapján)



Az Argus mérésvezérlő szoftverben (Firtha F. , Spektrális képfeldolgozás, 2010) a kamera megnyitása után kiválasztjuk a megfelelő kalibrációs paramétereket. A digitalizálás paramétereit „low gain” beállítással egy fehér etalon felületen végezzük úgy, hogy olyan integrációs időt választunk, hogy az AD munkatartomány minél szélesebb legyen. A világos felületen és lefedett kamerával mért un. Bright és Dark képeket mentve, a további mintákra ezek alapján számítható a korábban ismertetett reflexiós faktor értéke minden egyes pixelre. A mintákat az utazó sínre 90 fokkal elfordítva kell felhelyezni, így a mért eredmények képei meg fognak egyezni a 18. ábrán látható elrendezéssel a könnyebb beazonosítás végett.

3.2.2 A csokoládé színének mérése

Következő mérésem alkalmával megmértem a csokoládék színét. A szín az élelmiszerek egyik legfontosabb érzékszervi tulajdonsága. A fogyasztó ezt érzékeli elsőként, a vásárlások döntő hányada szemmel történik. Vizsgálatom alkalmával ugyanúgy megmértem a Ruby csokoládé, az epres csokoládé, a 50-50%-os kevert minta és a színezett fehér csokoládé színét. Mérőműszernek a ColorLite sph 850 típusú kézi színmérő spektrofotométert használtam. A mérőműszer a látható fény tartományban mér, VIS 400-700 nm között. A készülék egyaránt alkalmas porok, folyadékok és szilárd testek színméréséhez. A minták L^* (világossági tényező), a^* (zöld/vörös hányados) és b^* (kék/sárga

hányados) értékeit határozza meg. A mintát az érzékelő mérési felületére merőlegesen helyeztem el, melynek megvilágítása 45°-os szögben fénydiódákkal történt. A kísérlet kezdetén megvalósult a kétlépcsős kalibráció. Elsőként a fehér kerámia etalonnal, majd másodjára, a munka etalont használva az akril etalonnal. Kalibráció után beállítottam a műszert, hogy három mérés után átlagolja a mért felület CIE $L^*a^*b^*$ színjellemzőit és generálja a végső értéket. Minden mintámon öt mérési pontot vettem fel. A sarkokban, ügyelve arra, hogy a mérőfej teljesen le legyen fedve a minta által, és a minta közepéről. Így három párhuzamos mérést végeztem öt különböző pontján a csokoládémintákon. A vizsgálatot szobahőmérsékleten végeztem, ami 21°C volt.

21. ábra: A színméréshez használt ColorLite sph 850 kézi spektrofotométer
(Forrás: saját fotó)



3.2.3 A csokoládé érzékszervi vizsgálata

A színmérést követően, érzékszervi vizsgálatot végeztem a mintákon. Mivel jelen dolgozatban az egyik kiemelkedő érzékszervi tulajdonság a vizsgáltak közül a megjelenés, ezért a mintákat online kérdőív használata által tudták bírálni a tesztben résztvevők. A panel mérete $n=68$ fő volt és az eredménye nem reprezentatív. Összesen hat kérdésre kerestem választ, mely kérdések így szóltak: Ön ismeri a Ruby csokoládét? Ön kóstolta már a Ruby csokoládét? Melyik csokoládé Ön szerint a színe alapján a Ruby? Ön szerint melyik

csokoládé ízprofiljában található savanykás, édes és gyümölcsös íz? Ön melyik csokoládét vásárolná meg legszívesebben? Kérem osztályozza a csokoládék színét! Utolsó kérdésben egy JAR – Just About Right adatsort értékeltem ki, hogy kiderüljön, melyik minta a legkedveltebb a fogyasztók által, színe alapján. A módszer segítségével megadható, hogy az egyes tulajdonságok intenzitás értékei a fogyasztók számára mennyire térnek el az optimálistól (túl intenzív-nem elég intenzív). A kép, amit a kérdőívhez csatoltam megegyezik a 18. ábrával. Fontos megemlíteni, hogy a megfigyelők a képet ki-ki saját monitorján nézte. Az egyes megjelenítő eszközök és maga az emberi szem érzékenysége is különbözhet. Ez okozhat zajt a kísérlet eredményében.

3.2.4 A csokoládéminták antioxidáns kapacitás mérése FRAP módszerrel

Az antioxidáns kapacitás mérését a minták előkészítésével kezdtem el. Mind a négy mintából kivonatot készítettem. A vizsgálandó mintából $0,15 \pm 0,01\text{g}$ -ot mértem be analitikai mérlegen egy kis dörzsmozsárba. A Ruby-ből $0,1509\text{g}$ -ot, az Epres csokoládéból $0,1508\text{g}$ -ot, a 50-50% kevert mintából $0,1502\text{g}$ -ot és a színezett fehér csokoládéből $0,1502\text{g}$ -ot. Majd hozzáadtam a mintákhoz két spatulányi kvarchomokot, és két percig dörzsöltem a mintákat. Ezután hozzáadtam a $1500\mu\text{l}$ extrahálószeret. Extraháló szernek metanol és desztillált víz 1:2 keverékét használtam. Tovább dörzsöltem a mintáimat még további 5 percig. Az így kapott masszákat centrifugacsőbe töltöttem, és a centrifuga kiegyensúlyozását követően 15 percig centrifugáltam. A kiegyenlítés azért fontos, - hogy a centrifugális erő miatt minden mintával szembe megegyező súlyú csövet kell helyezni, - hogy megóvjuk a centrifuga épségét. A centrifugálás végeztével a centrifugacsőből a felúszó tiszta folyadékot eppendorf csőbe töltöttem, és lezártam a további mérésig.

Azonos mérési sorozatokhoz tartozó minták kivonatait azonos módon kell elkészíteni, ezért stopperrel mértem a dörzsölési időt, illetve a centrifugális időt is. Az azonos mérési sorozathoz tartozó minták kivonatait is azonos módon készítettem el.

A minták vízben oldható antioxidáns kapacitás meghatározását Benzie és Strain (1996) által kidolgozott, vasredukáló képességen alapuló módszer alapján végeztem. A mérés során a csokoládé mintákban megtalálható antioxidáns kapacitású vegyületek redukálták a Fe (III) ionokat, Fe (II) ionokká, amelyek komplexet képezve a TPTZ-vel (2, 4, 6- Tris(2-pyridyl)-s-triazine) színváltozást váltottak ki. A mérés első lépéseként FRAP reagens készítése szükséges. A reagens összetevői a következők: $50,0\text{ ml}$ acetát-puffer, $5,0$

ml vas-klorid és 5,0 ml TPTZ-oldat, így előbb ezeket az összetevőket kell elkészíteni. Az acetát puffer desztillált vízzel 500,0 ml-re kiegészített 1,550 g nátrium-acetátból és 8 ml ecetsavból álló, 0,3 M koncentrációjú és 3,6 pH értékű oldat. A 20mM-os vas(III)-klorid oldat elkészítéséhez 0,054 g vas(III)-klorid hexahidrátot 10,0 ml desztillált vízbe kell keverni. Végül a TPTZ oldat elkészítéséhez 0,0312 g 2,4,6- Tris(2-pyridyl)-s-triazine szükséges kimérni egy főzőpohárba, majd hozzá kell adni 34,0 µl 37%-os sósavat, és 10,0 ml-re kell kiegészíteni desztillált vízzel. Így egy 10 mM koncentrációjú elegy keletkezik 40 mM-os sósav oldatban.

A kivonatok FRAP értékét kalibrációs egyenes segítségével határoztam meg. A kalibrációhoz aszkorbinsav oldat készítése szükséges, 0,088 g szilárd aszkorbinsav, desztillált vízzel való felöntése, 50,0 ml-re történő kiegészítése szükséges. Majd 1 ml kimérése és újabb 9 ml desztillált vizes felöntés szükséges. A kalibrációs sor elkészítéséhez az 1. táblázatban foglalt oldatok kimérése szükséges az egyes kémcsövekbe.

1. táblázat: Antioxidáns kapacitás méréshez szükséges kalibrációs sor oldatai
(Forrás: saját adatok alapján)

Kalibrációs sor tagjának sorszáma	FRAP reagens (µl)	Aszkorbinsav oldat (µl)	Desztillált víz (µl)
1. (vak)	1 500	0	50
2.	1 500	5	45
3.	1 500	10	40
4.	1 500	20	30
5.	1 500	30	20

A kémcsöveket vortex keverő segítségével kevertem fel és mérés előtt 5 percig pihentettem a mérendő mintát. A méréshez spektrofotométert használtam (Rayleigh UV - 1800). Első mérés alkalmával a vakot mértem, majd a kalibrációs sor elemeit. Ezt követően a minták méréséhez 1500 µl FRAP reagens kimérése szükséges egy kémcsőbe, majd 50 µl minta bele pipettázása szükséges. Az így kapott elegyet is összekevertem és 5 percig pihentettem mérés előtt. A pihentetést követően a spektrofotométerrel 593 nm-en a minta abszorbanciája mérhető.

3.2.5 A csokoládéminták viszkozitásának mérése

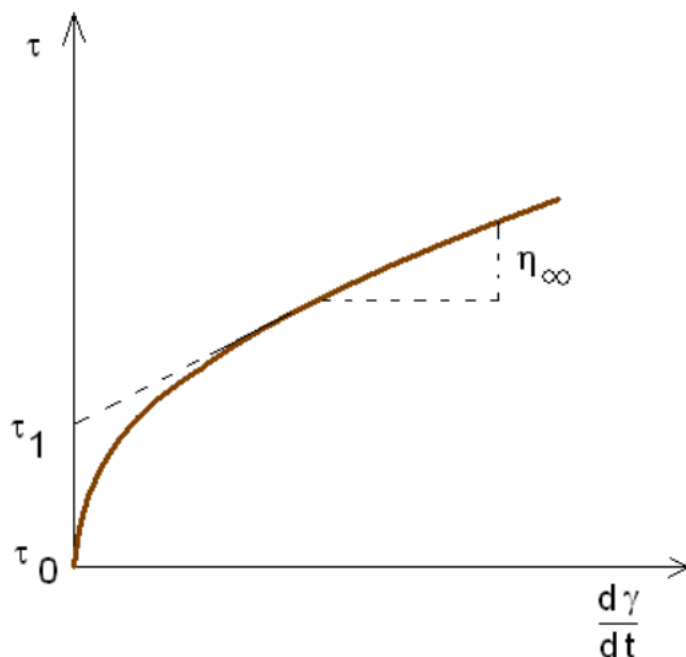
Az élelmiszeriparban a csokoládé viszkozitásának kiemelten fontos a mértéke. A gyártónak tisztában kell lennie ezzel a paraméterrel, akár az olvasztott csokoládét szállítja üzemben belül csővezetéseken keresztül, vagy már a temperált csokoládét használja a feldolgozás folyamatában. Kifejezetten fontos hüvelyes bon-bonok készítésekor. Vizsgálataimat azért végeztem el, hogy minél pontosabb képet kapjak a minták reológiai tulajdonságáról, amit egy esetleges gyártás alkalmával fel lehet használni, mint irodalom.

Az olvasztott csokoládé reológiai jellemzőit $\frac{d\gamma}{dt} = 2 \dots 50s^{-1}$ nyíró feszültség tartományban és 40°C hőmérsékleten a következő összefüggés írja le:

$$\tau = \tau_0 + \eta_{\infty} \frac{d\gamma}{dt} + (\tau_1 - \tau_0) \left(1 - e^{-\frac{\frac{d\gamma}{dt}}{\frac{d\gamma^*}{dt}}}\right),$$

ahol τ a nyírófeszültség, τ_0 a folyáshatár, $\frac{d\gamma}{dt}$ a nyírási sebesség, $\frac{d\gamma^*}{dt}$ konstans, τ_1 is konstans, η_{∞} egyensúlyi viszkozitás.

22. ábra: Az olvasztott csokoládé reológiai jellemzői
(Forrás: előadás adatok alapján)



A viszkozitás hőmérséklet függése kiemelten fontos, ezért is fontos, hogy méréseim során mindig adott hőmérsékleten mérjem a mintáimat. A hőmérséklet emelkedésével a molekulák hő mozgásból származó energiája, illetve sebessége nő. A molekulák között fellépő vonzóerő is változik ily módon a hőmérséklet emelkedésével. Ezért a viszkozitás változik, általában a hőmérséklet emelkedésével csökken az értéke. Ha más folyamatok is lejátszódnak, pl. a keményítő kocsonyásodása, akkor más a helyzet. Általában a viszkozitás csökkenését a hőmérséklet növekedésével egy Arrhenius-féle függvény írja le:

$$\eta = Ae^{\frac{B}{T}} = Ae^{\frac{E_0}{RT}}$$

$$\ln \frac{\eta}{\eta_r} = \frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_r} \right)$$

ahol η , η_r a viszkozitás T , és T_r hőmérsékleteken T_r referencia hőmérséklet, R általános gáz állandó, A , B , C konstansok. Használhatnak még más matematikai függvényeket is a hőmérséklet függés leírására:

$$\ln \eta = \frac{B}{T + C} + A$$

$$\ln \frac{\eta}{\eta_r} = B \left(\frac{1}{T + C} - \frac{1}{T_r + C} \right)$$

A viszkozitás méréséhez rotációs viszkozimétert választottam. Az IKA VOLS-1 típusú műszert. A rotációs viszkoziméterek két részből állnak egy forgó és egy álló részből.

A kettő között helyezkedik el a mérendő anyag. Az edény áll a vizsgálandó anyag és egy hengeres kúp forog az edényben. A mai készülékekben vagy a nyírási sebességet vezérlik és mérik a nyíró feszültséget - ezek a CSR (controlled share rate) mérőkészülékek - vagy a másik esetben a nyíró feszültséget vezérlik és mérik a nyírási sebességet, ezek a CSS (controlled share stress) eszközök. A hengeres elrendezésű rotációs viszkozimétereknél, feltételezzük, hogy az anyag nedvesíti a henger anyagát, és így a hengeren lévő anyagréteg együtt mozog a hengerrel. Az edény falánál lévő anyag réteg már áll. A henger magassága h . A henger szögsebessége ω . A sebesség gradiens az R_1 és R_2 sugarak között alakul ki. A forgástengelytől r távolságban v a sebesség és ω a szögsebesség, $r+dr$ távolságban $v+dv$ a sebesség és $\omega+d\omega$ a szögsebesség. A körmozgásra vonatkozó összefüggések szerint

$$v = r\omega$$

$$v + dv = (r + dr)(\omega + d\omega)$$

$$dv = \omega dr + r d\omega$$

A sebesség gradiens, ha nincsen csúszás, azaz r távolságban a szögsebesség állandó:

$$\frac{dv}{dr} = r \frac{d\omega}{dr}$$

A forgástengelytől r távolságban a nyírófeszültség, τ , amely a henger palástja mentén fejti ki hatását. A henger palástja $2\pi r h$. A nyíró feszültséget megszorozva a hengerpalást területével, megkapjuk a nyíró erőt. Az erőt szorozva a forgástengelytől mért távolsággal, kapjuk a nyíró erő forgatónyomatékát.

$$M = 2\pi r^2 h \tau$$

Itt a nyírófeszültség helyére az a kifejezés kerül, amely az illető anyag reológiai tulajdonságait írja le. Például Newton-féle közeg esetén:

$$\tau = \eta \frac{d\gamma}{dt} = \eta \frac{dv}{dr} = \eta \left(-r \frac{d\omega}{dr} \right)$$

A negatív előjel azt fejezi ki, hogy a nyírófeszültség iránya ellentétes a sebesség gradienssel. A forgatónyomaték:

$$M = 2\pi r^2 h \eta \left(-r \frac{d\omega}{dr} \right)$$

Átrendezve az egy differenciálegyenlet, amelyet integrálva és abból kifejezve a viszkozitás:

$$\eta = \frac{M}{4\pi h \omega} \left(\frac{1}{R_2^2} - \frac{1}{R_1^2} \right)$$

A valóságban ettől egy kicsit különböző összefüggést kell használni, mert a henger alapjának a szélén az anyag másképpen viselkedik, mint a henger palástja mentén. A konkrét korrigált kifejezést méréssel határozzuk meg.

Az elvégzett mérés egy relatív mérés, vagyis különösen fontos, hogy a paraméterek minden esetben megegyezzenek. Ellenőrzési célokra alkalmas, így az időt minden esetben 1 percre határoztam meg, amikor leolvastam a mért értéket. A fordulatszámot 30rpm-re állítottam be. A forgatónyomaték a műszer esetében 10% és 90% közöttinek kell lennie a pontos méréshez. A minták tömege 10,91g volt minden esetben. A mérőfejnek a VOL SP 10.4-est használtam a minták méréséhez. A mintákat 40°C és 29°C hőmérsékleten mértem meg. Minden minta esetében három párhuzamos mérést végeztem.

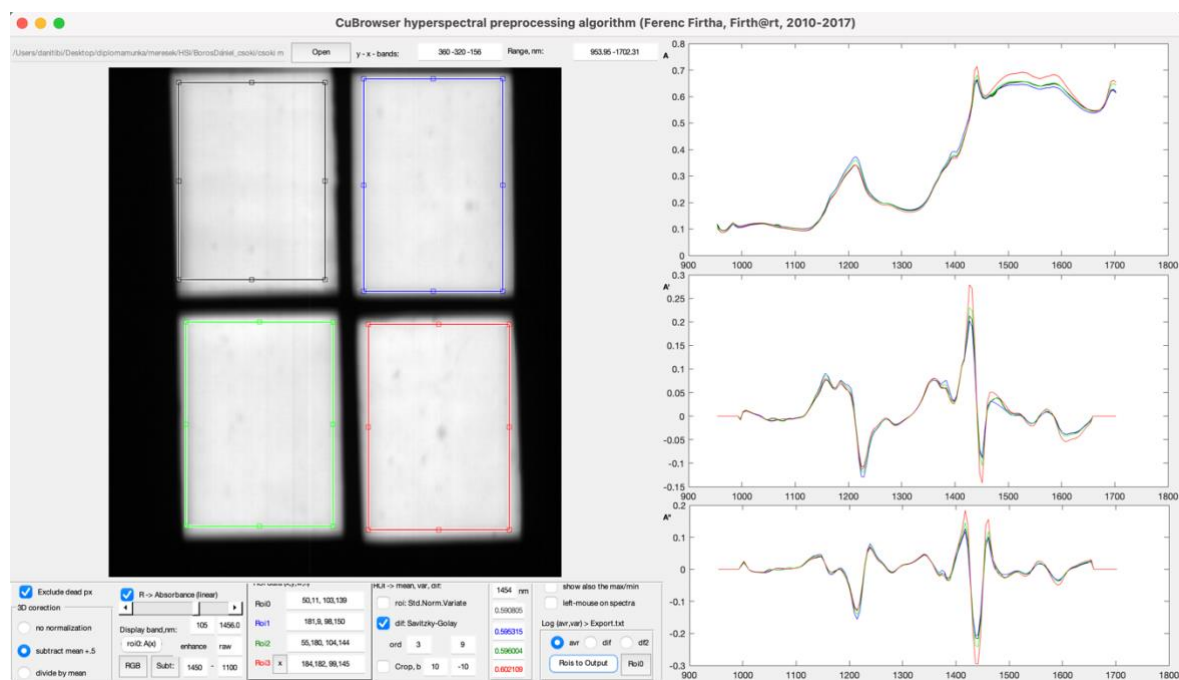
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1 A csokoládé hiperspektrális mérés eredménye

A hiperspektrális mérést követően a kiértékelést a CuBrowser előfeldolgozó algoritmussal (Ferenc Firtha, 2010-2017) végeztem. Az algoritmussal egy mérés (hiperkocka) adott hullámhosszú metszetén kijelölhetünk ROI (region of interest) tartományokat. Szükség esetén normálhatjuk a spektrumokat, zajszűrést alkalmazhatunk, megjeleníthetjük a kiválasztott ROI-k átlagos reflektancia vagy abszorbancia spektrumait, illetve azok első és második deriváltját. A spektroszkópiában használatos szűrőket állíthatunk be, mint SNV (Standard Normal Variate), Savitzky-Golay szűrő, adott spektrális tartomány kiválasztása (a mért spektrumok szélén jelentkező esetleges zajok kiszűrésére). Az eredményt (átlagot, első- vagy 2. deriváltat) menthetjük külső fájlba, amit később Excel táblázatkezelőbe importálhatunk további vizsgálatra, vagy későbbi chemometriai modell adatforrása céljából.

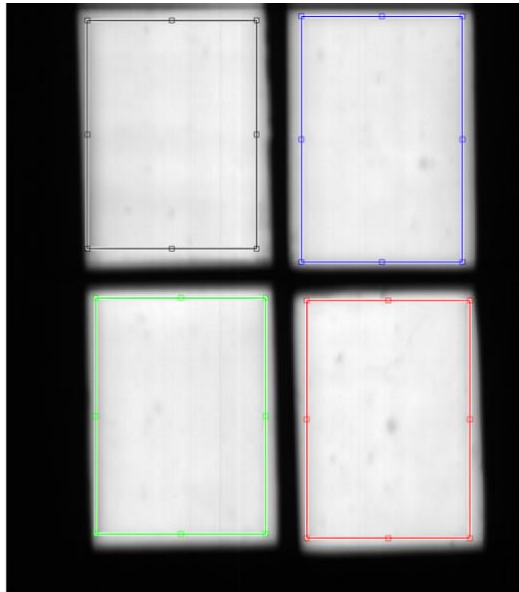
Normalizálással kiküszöbölhetjük a felület (megvilágítás és nézet) egyenetlensége okozta szórást. A csokoládék mérése esetén az eltolásos normalizálás adta a legkisebb szórású eredményt, azaz, a spektrumokból kivonva a ROI-n mért spektrumok átlagát, a főként a megvilágításra jellemző intenzitás (spektrum integrálja) azonos lett. Két altípust különböztetünk meg, a transzmissziót és a reflexiót. Én a diffúz reflexiót mértem, és feltételeztem, hogy nincs transzmisszió. A 23. ábrán láthatóak a kapott görbék. A spektrumokon a könnyebb szemléltetés érdekében, a reflexiót átállítottam abszorbanciára, így az abszorbancia, valamint az első és második deriváltja látható a képen ($A=\lg(1/R)$). A továbbiakban is az abszorbancia adatokkal fogok dolgozni.

23. ábra: A CuBrowser hiperspektrális mérés eredménye csokoládémintáimon
(Forrás: saját munka)



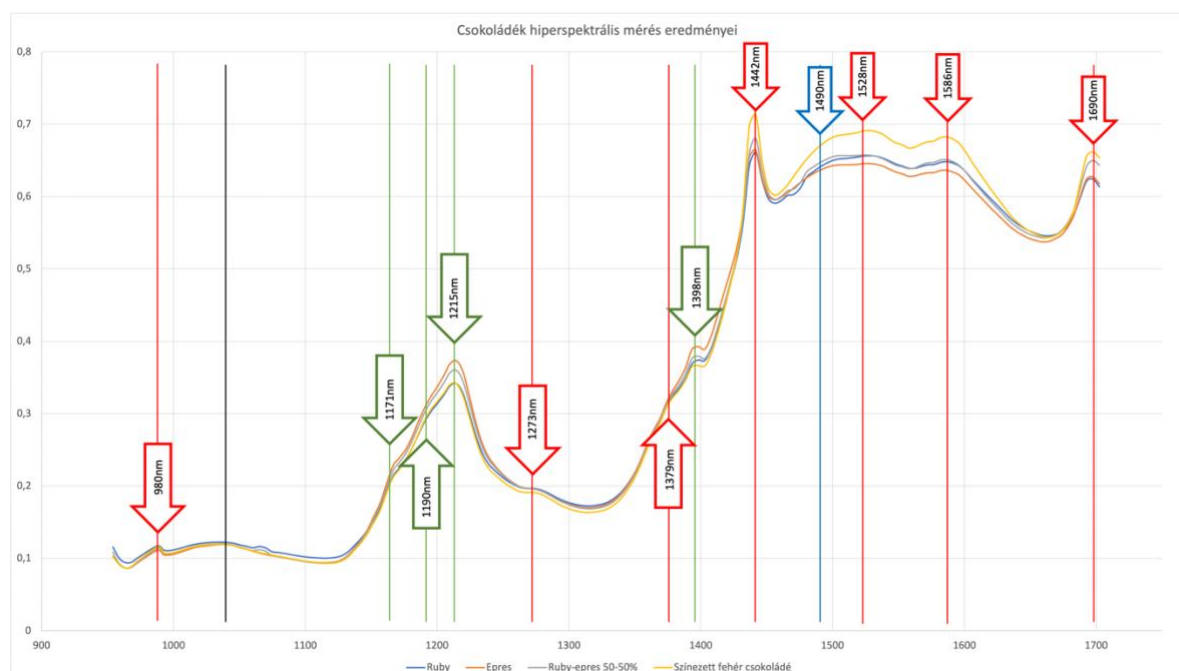
A CuBrowser felületén először kijelöltem a megfelelő ROI-kat, a fekete, a kék, a zöld és a piros téglalapokat. A homogén minta végett, és a legpontosabb mérési eredmény érdekében, az egész mintára állítottam be a vizsgálandó felület nagyságát. Ha csak egy pontot vettem volna fel, úgy önkényesen befolyásolhattam volna a kapott eredményeket. A fekete téglalapon belüli minta a Ruby csokoládé, a kék téglalapon belüli minta az epres tábla, a zöld téglalapon belüli minta a Ruby és az epres csokoládé 50-50 százalékos keveréke, és a piros téglalapon belüli minta a színezett fehér csokoládé. A 24. ábrán látható a ROI-k elhelyezkedése a csokoládé mintákon.

24. ábra: A csokoládéminták hiperspektrális képe
(Forrás: saját munka)



A mért adatokból a CuBrowser segítségével az eredményeket először egy szöveges fájlba mentettem, majd ezt a szöveges fájlt Excelbe exportáltam annak érdekében, hogy a kapott spektrumot könnyebben meg tudjam vizsgálni és jeleníteni. Az adatom elhelyezése után, beillesztettem egy pontokat görbített vonalakkal összekötő diagrammot, ami a 25. ábrán látható.

25. ábra: A csokoládéminták hiperspektrális mérés eredményei
(Forrás: saját munka)



A diagram mutatja, hogy a mért spektrumok nagyon közeliek egymáshoz. A szabad szemmel látható színbeli különbség ellenére a hiperspektrális mérés azt mutatja, hogy a vizsgált csokoládéminták összetételükben megegyeznek. A megfigyeléseimet a következő sorokban összegzem. A nyilakat színekkel láttam el. A piros nyilak a szénhidrátokra, a zöld nyilak a zsíradékokra és a kék nyilak a fehérjékre jellemző spektrumokat jelzik. Az első kisebb csúcs 980 nm-nél a cukor jelenléte figyelhető meg. Az első jelentős három csúcs egymásra hat 1200 nm közelében. Az első 1171 nm-nél látható, a második 1190 nm-nél és a harmadik csúcs pedig 1215 nm-nél figyelhető meg. Ez a csúcs lipidekre jellemző (CH, CH₂, CH₃). Többszörösen telítetlen zsírsav tartalmú trigliceridekre. A trigliceridek a zsírsavak glicerinnel alkotott észterei, észter kötéssel. Az észterkötés jellemzője, hogy az oxigén atom (a karboxil csoportban) elhúzza a π kötést, és kettő elektronpár delokalizált elektronpályára kerül. Sík sigmaváz jön létre, így az észterkötés merev lesz, nem tud elfordulni, csavarodni. Az észterek tulajdonsága, hogy a másodrendű kötések a molekulák között, dipol-dipol kölcsönhatás alakul ki. A trigliceridek semleges, vagy neutrális zsírok és a természetes zsíradékok több mint 90%-át alkotják. A maradék 10%-ot a mono- és digliceridek, foszfolipidek, viaszok és sokféle el nem szappanosítható lipid alkotja. A természetben előforduló, technológiai jelentőségű zsírok csoportjai között találhatóak a trigliceridek is: trigliceridek (TAG: triacylglycerol), di- és monogliceridek, szabad zsírsavak, tokoferolok és tokotrienolok, szteránváz vegyületek, lipovitaminok, lipokrómok és viaszok. Ezek elsősorban élettani jelentőségű lipidek, amelyek a táplálkozással is összefüggésbe hozhatók: zsírsav származékok: eikozanoidok; szfingolipidek és a vitaminok (Badakné Dr. Kerti, Lipidek és tulajdonságaik, 2021).

A következő csúcs 1273 nm-nél ismét cukorra utaló összetevőt jelez, (.CH). 1379 nm-nél szintén szénhidrátra utaló csúcs látszik. (Burns & Ciurczak, 2008)

Az 1398 nm-nél megfigyelhető csúcs megint lipidek jelenlétét mutatja (CH₂ struktúra). Mind a két csúcsonál, 1215 nm-nél és 1398 nm-nél is, az Epres tábla volt a legmagasabban a megfigyelt mintákból.

1442 nm-nél figyelhető meg egy kiugróan keskeny csúcs, ami a cukor jelenlétét mutatja a vizsgált mintában. Az 1400-1500 nm-nél lehetne látni a nedvességtartalomnak is a csúcsát, de a víz a cukorral ellentétben egy nem hegyes, hanem szélesebb csúcsot rajzol. 1490 nm-nél a fehérje jelenléte látható. (N-H stretch first overtone), (protein) struktúra. (Burns & Ciurczak, 2008). Fontos megjegyezni, hogy azért láthatóak eltolódások a

csúcsoknál, mert egymáshoz közel eső spektrumok csúcsai eltolják egymást. Nagyobb kiugrást mutat a fehér csokoládé a többi három mintához képest, de még így is nagyon megegyező a görbék karakterisztikája. Valószínűleg a tej anyagnak köszönhető a magasabb fehérje tartalom a fehér csokoládénál. A csokoládéhoz csak sűrített tejanyag használható, amely lehet sovány vagy zsíros tejport, teljesen besűrített cukrozott teljes tej, illetve milk crumb⁴, vagy choco crumb⁵. Végül 1528 nm-nél és 1586 nm-nél is látható egy-egy csúcs, ami a cukrok jelenlétére utal. A spektrumokat lezárja az utolsó csúcs 1690 nm-nél, ami ismét a cukor jellemző spektrum (Firtha F. , Postharvest measurement, 2024).

HSI mérésem végeztével az eredmény azt tükrözi, hogy a Ruby csokoládé összetétele közel azonos a többi mért csokoládéhoz. Cukortartalma az egyik legalacsonyabb, fehérje tartalma elmarad a vizsgált fehér csokoládétól, de magasabb, mint a vizsgált epres csokoládéé.

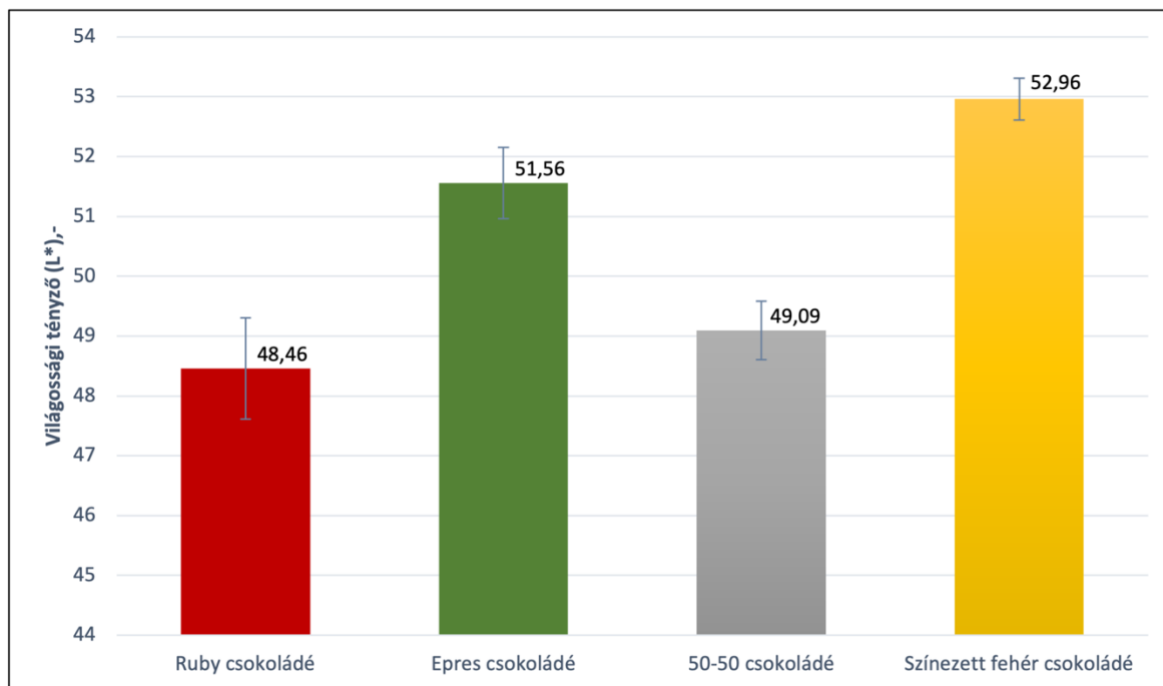
4.2 A csokoládé színmérésének az eredménye

A mért eredményeket Excel táblázatba rendeztem és átlagot és szórást számoltam az L^* , a^* és b^* értékeinek a mért adatokból. Ezeket az adatokat diagramban ábrázoltam. A világossági tényezőtől jól látszik, hogy a kevert minta eredménye valóban a keverékhez felhasznált két másik minta eredménye közé esik. Ami szabad szemmel is látható volt, hogy a legsötétebb minta a színezett fehér csokoládé. A Ruby esetében a felületen látható inhomogenitást okozó apró buborékok okozhatják a magasabb szórás értéket. A világossági tényező mért adatai a 26. ábrán láthatók.

⁴ Milk crumb: A cukrozott sűrített tejet 1-2% víztartalomig intenzív keverés mellett besűrítik. A túlmelegedést el kell kerülni a kedvezőtlen aromák keletkezése miatt. A milk crumb intenzív tejjel rendelkezik és előnyös a tejszokoládé gyártásánál. A tej íz többek között Maillard reakció eredménye, amiben főleg a lizin reakciótermékeinek van szerepe. Ezért a tej nyersanyaghoz savót is adnak, ami különösen gazdag lizinben (Badakné Dr. Kerti, Csokoládégyártás, 2021).

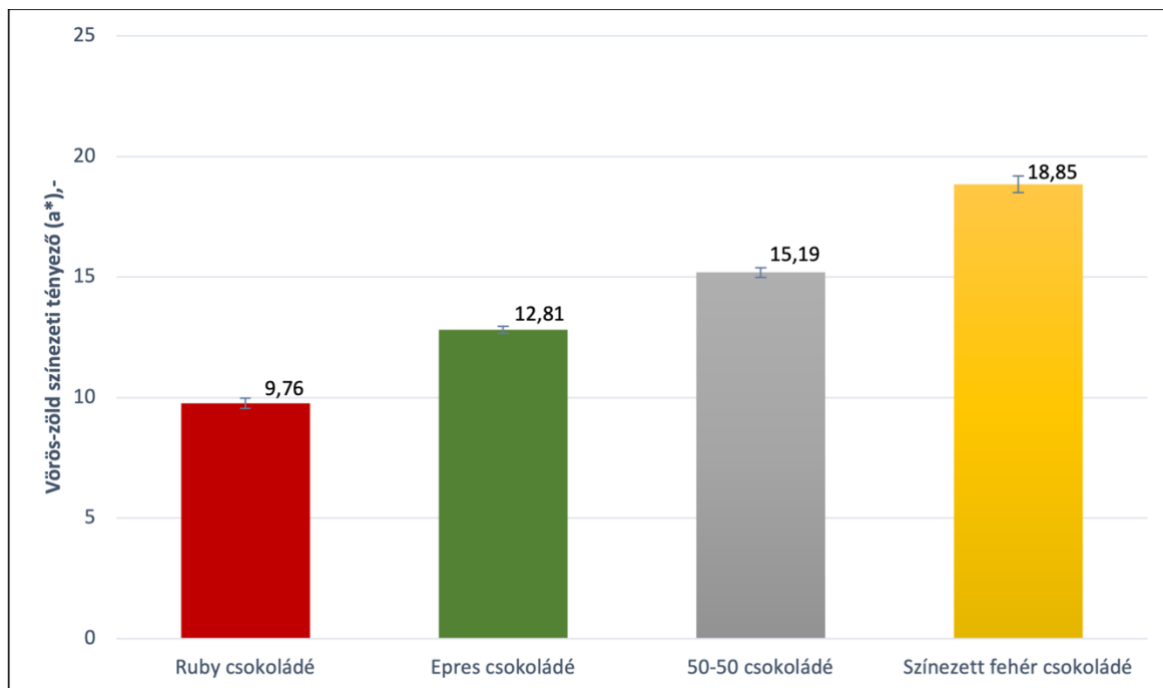
⁵ Choco crumb: A Cadbury cég által kifejlesztett technológia. A teljes tejet vákumban 8-12% víztartalomig sűrítik, majd a sűrítményt kakaómasszával elkeverik. Ezután tovább sűrítik vákumban 99% szárazanyag tartalomig (Badakné Dr. Kerti, Csokoládégyártás, 2021).

26. ábra: A csokoládéminták világossági tényezői
(Forrás: saját munka)



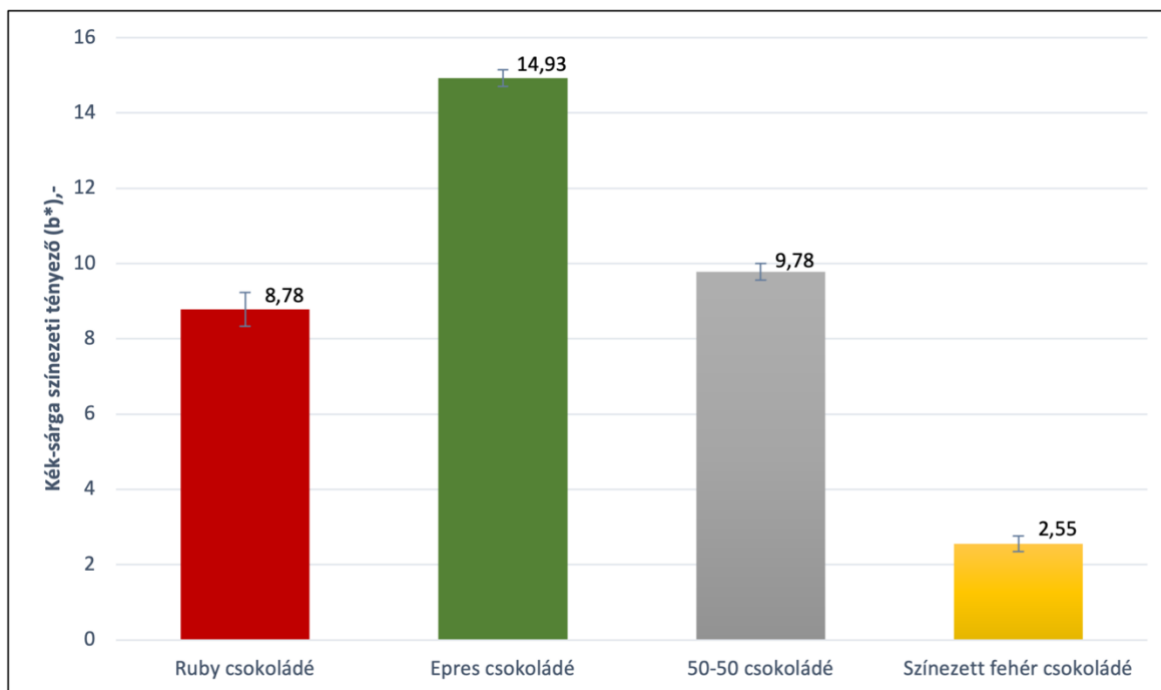
A 27. diagrammon a csokoládéminták vörös-zöld színezeti tényezői láthatóak.

27. ábra: A csokoládéminták vörös-zöld színezeti tényezői
(Forrás: saját munka)



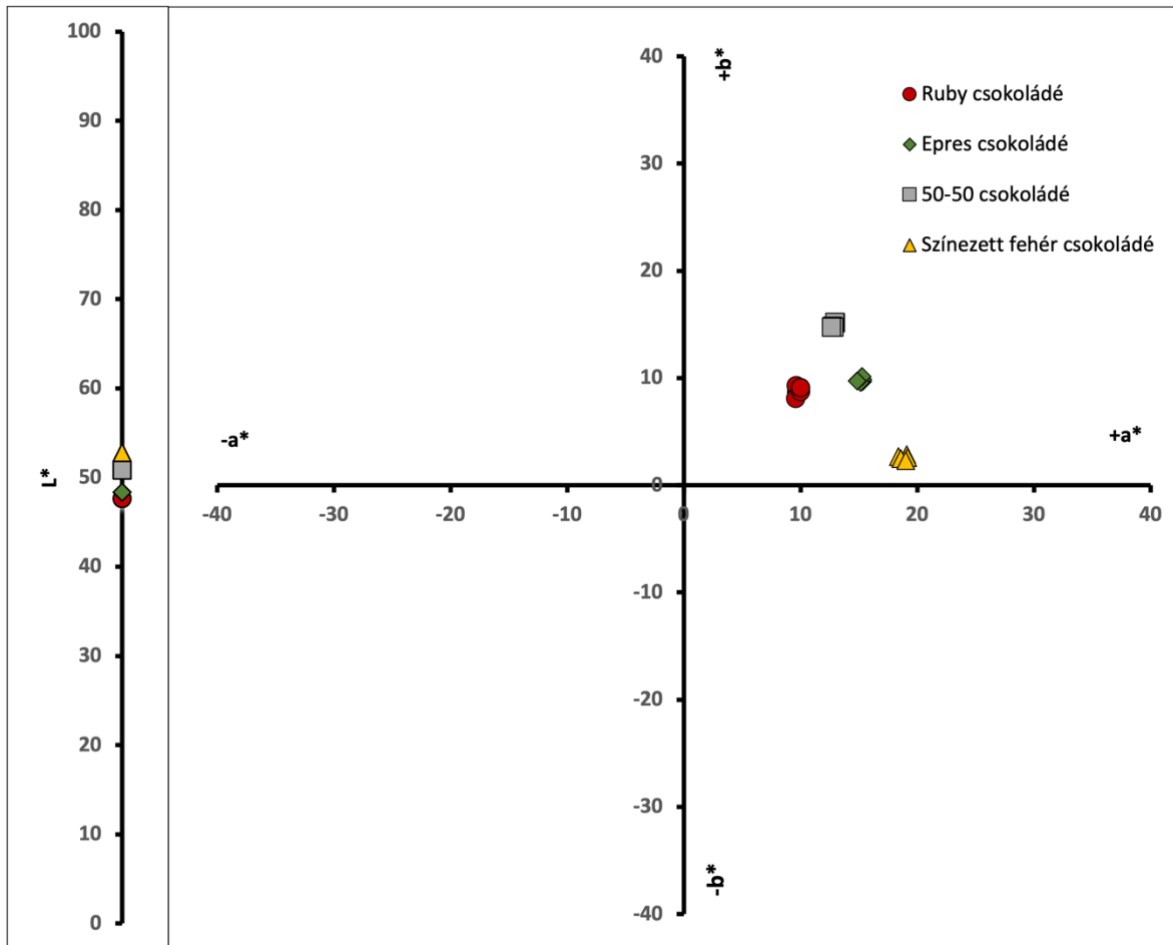
Végül a csokoládéminták kék-sárga színezeti tényezőit a 28. ábrán mutatom be.

28. ábra: A csokoládéminták kék-sárga színezeti tényezői
(Forrás: saját munka)



A mérés eredményét és a három diagrammot egyben a 29. ábrán szemléltetem.

29. ábra: A csokoládé minták CIE L*a*b* színjellemzői a színmérést követően
(Forrás: saját munka)



Az Excelben való diagrammok készítése után meghatároztam a ΔE értékeket is a következő képlettel:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}$$

2. táblázat: A csokoládéminták számított ΔE értékeik
(Forrás: saját munka)

ΔE	Ruby csokoládé	Epres csokoládé	50-50 csokoládé	Színezett fehér csokoládé
Ruby csokoládé		5,56	7,53	11,89
Epres csokoládé	5,56		6,18	8,96
50-50 csokoládé	7,53	6,18		13,84
Színezett fehér csokoládé	11,89	8,96	13,84	

A ΔE értékeket táblázatba rendezve a 2. táblázatban láthatóak. A mért és számolt adatok is alátámasztják, hogy vizsgált mintákat is jól meg lehet különböztetni szabad szemmel is. $\Delta E < 1,5$ nem érzékelhető különbség; $1,5 < \Delta E < 3$ érzékelhető különbség; $3 < \Delta E < 6$ jól érzékelhető különbség; $6 < \Delta E$ nagy különbségről beszélünk. A vizsgálat eredménye, hogy a legkisebb különbséget a Ruby és az epres csokoládé között mértem. Míg a legnagyobb eltérést az 50-50%-ban kevert csokoládé minta és a színezett fehér csokoládé között volt.

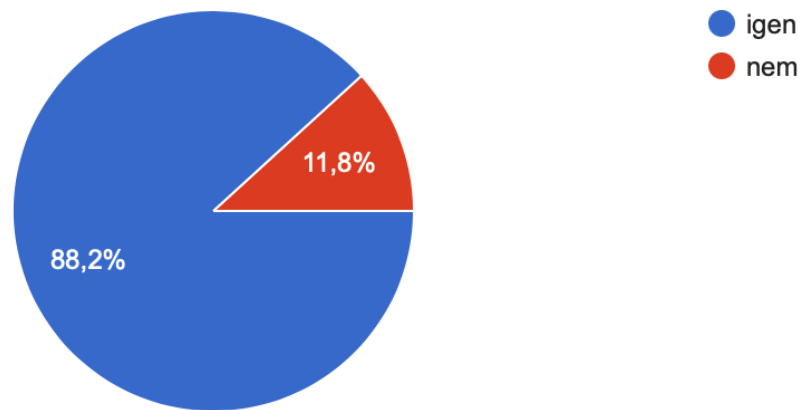
4.3 A csokoládé érzékszervi vizsgálatának eredménye

Az érzékszervi vizsgálat első kérdésre kapott válaszokat a 30. ábrán szemléltetem. Jól látható, hogy a megkérdezettek többsége 88,2%-a ismeri a Ruby csokoládét, ami 60 megkérdezett jelent ($n=68$).

30. ábra: A Ruby csokoládé ismertsége
(Forrás: saját munka)

Ön ismeri a Ruby csokoládét?

68 válasz

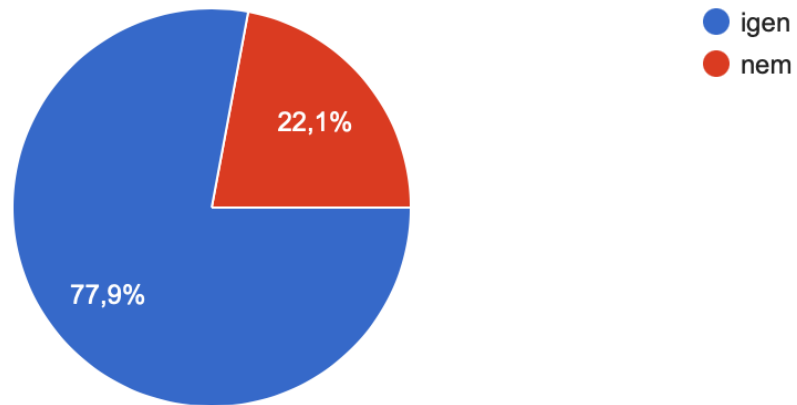


Második kérdésem arra irányult, hogy a megkérdezettek kóstolták-e már a Ruby csokoládét. A válaszadók nagyobb többsége már kóstolta a Ruby csokoládét. Kicsivel kevesebben, mint az első kérdésben 77,9%, vagyis 53 fő. Ami jól alátámasztja, hogyha egy új innovatív termék kerül a boltok polcaira, szíves a fogadtatás. Ami nem meglepő, hiszen napjainkban folyamatosan változik az ízlés. Gondoljunk csak akár a régi süteményes receptekre és a mostanság divatosabb modernebb receptek közötti eltérésre (Báti, Csoma, & Mészáros, 2011). A második kérdésre kapott válaszok diagramja a 31. ábrán látható.

31. ábra: A Ruby csokoládé kóstsági rátája
(Forrás: saját munka)

Ön kóstsolta már a Ruby csokoládét?

68 válasz

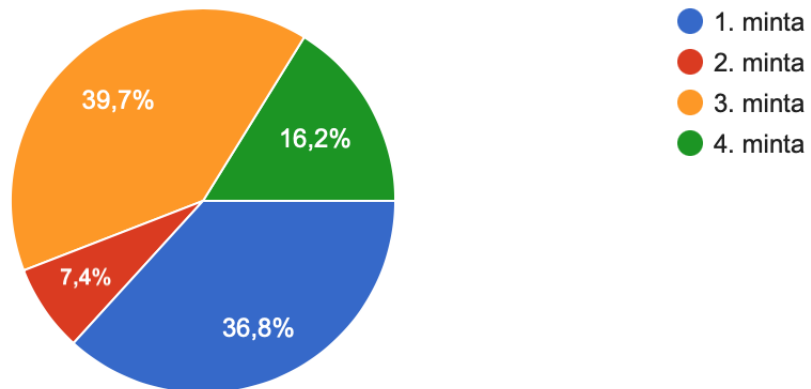


Következő kérdésem már jobban megosztotta a fogyasztókat, arra kérdeztem rá, hogy szerintük melyik a Ruby csokoládé a színe alapján a négy mintából. A válaszok diagramját a 32. ábrán mutatom be. Az 1. minta, ami a Ruby csokoládé volt, a megkérdezettek 36,8% találta el, ami 25 fő. A 2. mintát a megkérdezettek 7,4% (5 fő) gondolta Rubynak, pedig ez az epres csokoládé. A 3. minta kapta a legtöbb szavazatot 39,7%-ot (27 fő) gondolta, hogy ez a Ruby, de ez a 50-50-es kevert csokoládé minta volt. Végül a színezett fehér csokoládé 16,2%-ot kapott, ami azt jelenti, hogy 11-en úgy gondolták, hogy színe alapján az a Ruby. Fontos megjegyezni, hogy nehéz kérdést tettem fel, mert a színek valóban jól elkülönültek egymástól különösen, ha egyszerre látja őket a vizsgáló. Viszont, ha külön-külön vizsgáljuk, még nagyobb lenne a bizonytalanság a színek elkülönítésében. Mindazonáltal, nem is látni a boltok polcain Ruby csokoládét úgynevezett ablakos csomagolásban, ahol látható a csokoládé, mert színe rendkívül érzékeny a fényre. Ha ilyen csomagolásban értékesítenék gyorsan kiszürkülne.

32. ábra: A Ruby csokoládé beazonosítása szín alapján
(Forrás: saját munka)

Melyik csokoládé Ön szerint a színe alapján a Ruby?

68 válasz

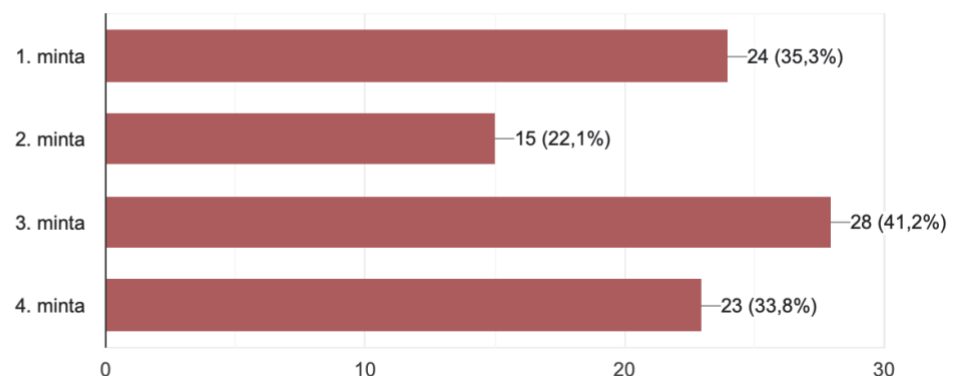


Negyedik kérdésem arra irányult, hogy a megkérdezettek szerint melyik mintának van a Rubynak megfelelő íz profilja, vagyis savanykás, mégis édes gyümölcsös jegyek. 33. ábrán láthatóak a kapott eredmények. Amiből az látszik, hogy a gyümölcsös csokoládé az epres kapta a legkevesebb szavazatot 15 db-ot. A legtöbbet pedig itt is az 50-50%-os kevert csokoládé minta kapta 28 fővel. Kicsit lemaradva következett a Ruby 24 fővel és végül a színezett fehér csokoládé 23 szavazattal.

33. ábra: A csokoládéminták ízprofiljára való következtetés szín alapján
(Forrás: saját munka)

Ön szerint melyik csokoládé ízprofiljában található savanykás, édes és gyümölcsös íz?

68 válasz

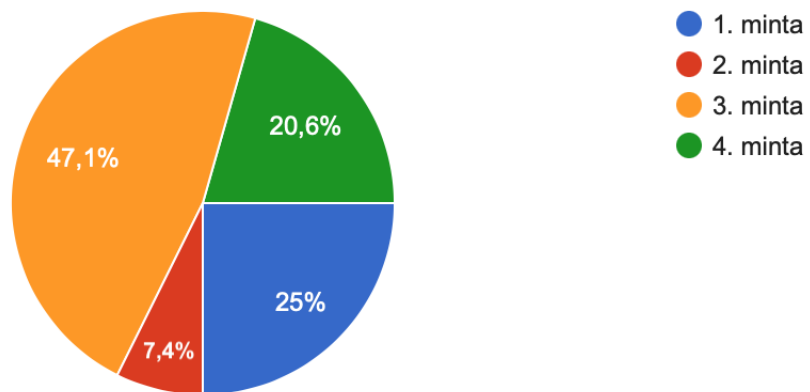


Következő kérdésben arra voltam kíváncsi, hogy a vásárlók, a minták képei alapján, melyik csokoládét vásárolnák meg a legszívesebben. Az eredmény a 34. ábrában látható. Amiből az derül ki, hogy a vásárló majdnem fele 47,1%-a, a 3. mintát, vagyis a 50-50%-os kevert csokoládét vásárolná meg legszívesebben a színe alapján. Majd a vásárlók negyede a Ruby csokoládét választaná, míg a színezett fehér csokoládét 20,6%-a vásárolná meg. Az epres minta mindössze 7,4%-ot kapott.

34. ábra: A csokoládéminták vásárlói preferenciái
(Forrás: saját munka)

Ön melyik csokoládét vásárolná meg legszívesebben?

68 válasz

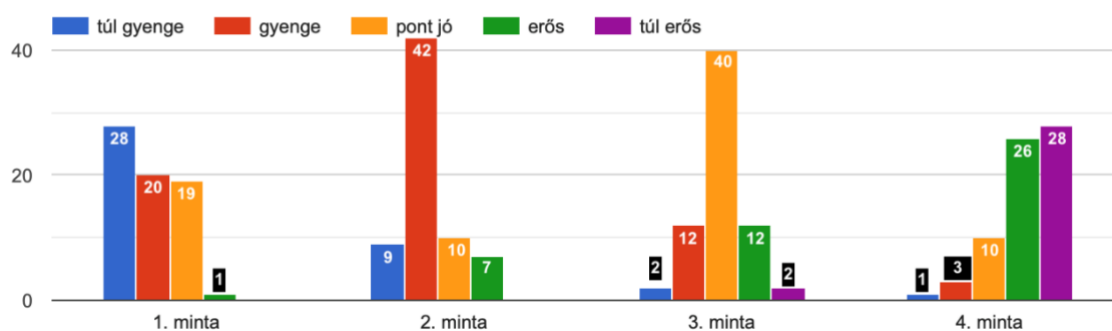


Utolsó kérdésben, a minták színére kérdeztem rá, egy JAR – Just About Right kérdéssel. A lényege az volt, hogy a bírálónak minden mintáról véleményt kellett mondania a színével kapcsolatban. Az részletes eredmény a 35. ábrán látható. Az 1. minta, ami a Ruby volt az értékelők véleménye szerint túl gyenge a színe. A 2. mintának, a válaszadók legnagyobb aránya gyengének tartotta a színét, míg a harmadik mintának találták a legjobbnak a színét, ami az 50-50%-os kevert minta volt. Végül a színezett fehér csokoládét a többség erősnek, vagy túl erősnek, gondolta.

Érzékszervi vizsgálatom végére megállapítható volt, hogy bár egyre többen ismerik a Ruby csokoládét, ha négy közel azonos színű mintát látnak el tudnak bizonytalanodni, melyik is a Ruby. A vizsgálat arra is rámutat, hogy a színe alapján a 50-50% kevert minta volt a legtöbb esetben a vásárlók választása, ami azért érdekes, mert ez a termék nincs is a boltok polcain, viszont a Ruby és az epres csokoládé igen.

35. ábra: A csokoládéminták JAR vizsgálatának eredménye
(Forrás: saját munka)

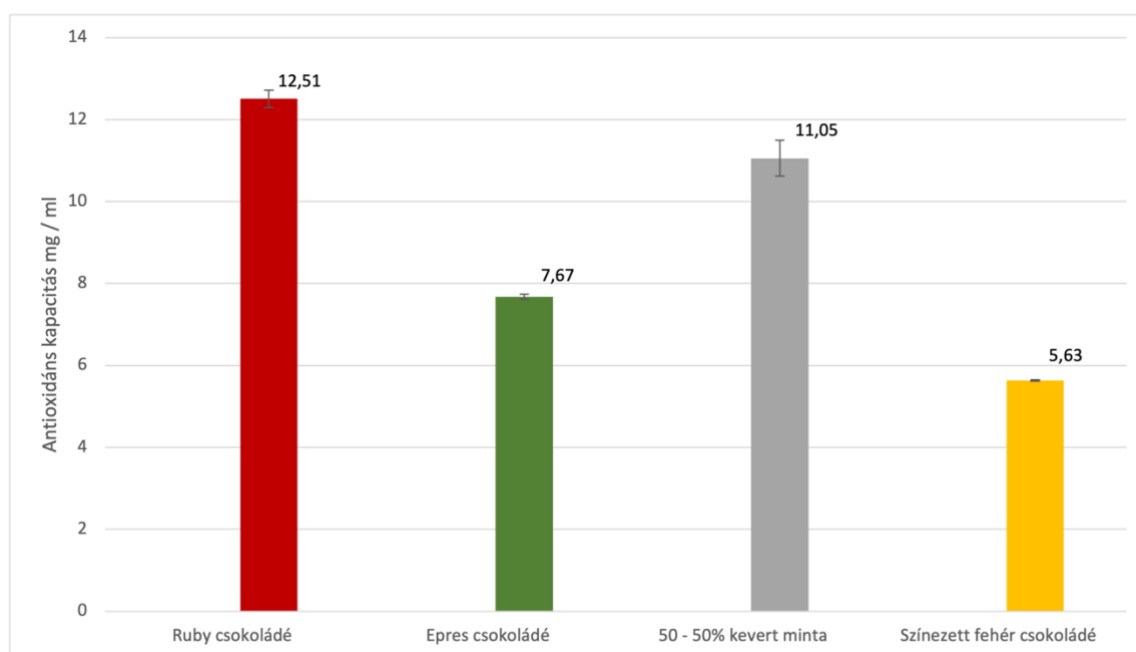
Kérem osztályozza a csokoládék színét!



4.4 A csokoládéminták antioxidáns kapacitás mérés eredménye

Az eredmények kiértékeléséhez az Excelben táblázatot készítettem a vak és a kalibrációs soron mért abszorbancia adataiból. Majd koordináta rendszerben illeszttem az aszkorbinsav koncentráció adataival. Így megkaptam az egyenes egyenletét: $y = 7,0806x + 0,1785$. Táblázatba rendeztem a mintáknak a bemért mennyiségét (mg), a mért abszorbanciájukat és az előbbi egyenletből számolt antioxidáns kapacitásukat.

36. ábra: A mért csokoládéminták antioxidáns kapacitása
(Forrás: saját munka)



A 36. ábrán látható az eredmény, amit átszámítottam mg / ml-re, hogy könnyebben értelmezhető legyen a kapott érték. A mérésből az derül ki, hogy a minták alapján a Ruby csokoládében található a legmagasabb antioxidáns kapacitás 12,51 mg / ml. Ezt követi a 50-50%-ban kevert minta 11,05 mg / ml. Míg az Epres csokoládében 7,67 mg / ml és a legkevesebb a színezett fehér csokoládében 5,63 mg / ml a mért érték. Tehát az 50-50% kevert csokoládénál mért eredmény nem a Ruby és az epres csokoládé számtani átlagát adja, hanem a Ruby csokoládé értékéhez áll közelebb.

4.5 A csokoládéminták viszkozitásának mérés eredménye

A csokoládéminták viszkozitásának eredményeit összefoglaltam egy Excel táblázatba, amely az 3. táblázatban látható. A fordulatszámot a mérőműszer mérési határa miatt a színezett fehér csokoládéminta esetében át kellett állítani, illetve az Epres minta felhasználási hőmérsékleténél is, ami arra enged következtetni, hogy az epres minta esetében a hőmérséklet szignifikánsan befolyásolja a viszkozitást.

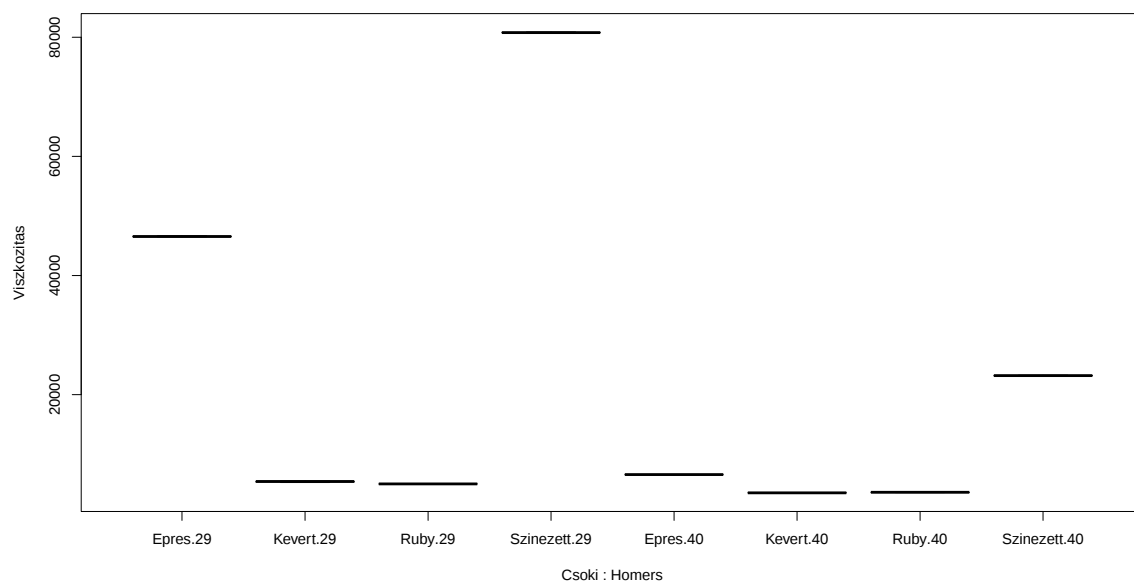
3. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatai
(Forrás: saját munka)

Vizsgált minta:	Ruby	Vizsgált minta:	Epres	Vizsgált minta:	50-50	Vizsgált minta:	Színezett fehér csokoládé
Vizsgált hőmérséklet:	40°C	Vizsgált hőmérséklet:	40°C	Vizsgált hőmérséklet:	40°C	Vizsgált hőmérséklet:	40°C
Fordulatszám:	30 rpm	Fordulatszám:	30 rpm	Fordulatszám:	30 rpm	Fordulatszám:	10 rpm
Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc
Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)
Átlag:	3605	Átlag:	6581	Átlag:	3517	Átlag:	23198
Szórás:	50,21	Szórás:	17,21	Szórás:	46,61	Szórás:	56,54

Vizsgált minta:	Ruby	Vizsgált minta:	Epres	Vizsgált minta:	50-50	Vizsgált minta:	Színezett fehér csokoládé
Vizsgált hőmérséklet:	29°C	Vizsgált hőmérséklet:	29°C	Vizsgált hőmérséklet:	29°C	Vizsgált hőmérséklet:	29°C
Fordulatszám:	30 rpm	Fordulatszám:	5 rpm	Fordulatszám:	30 rpm	Fordulatszám:	1 rpm
Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc	Vizsgált idő:	1 perc
Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)	Viszkozitás:	η (mPa.s)
Átlag:	5011	Átlag:	46567	Átlag:	5390	Átlag:	80804
Szórás:	17,21	Szórás:	76,38	Szórás:	127,67	Szórás:	68,63

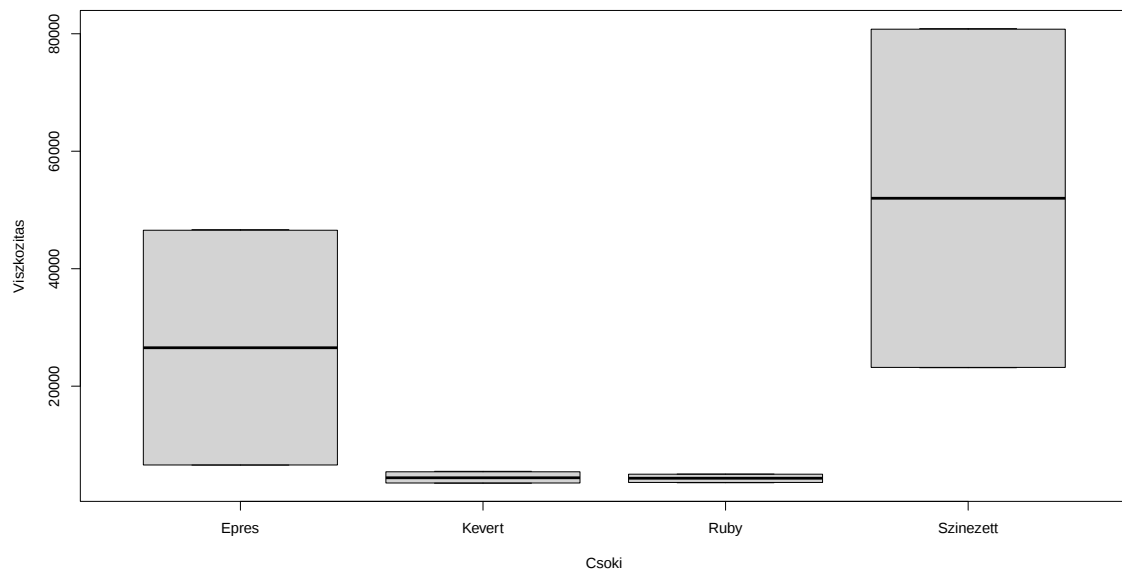
A kapott eredményeket RStudio-ban tovább feldolgoztam. A 37. ábrán látható grafikusán is az előbbi táblázat eredményei. A diagrammon az látszik, hogy a mérések eredményei fajtánként és hőmérsékleteként nagyon közeliek egymáshoz. Viszont, három esetben szignifikáns különbség látszódik. A színezett minta és az epres minta esetében, az alacsonyabb hőmérsékleten, viszkozitásuk nagyságrenddel magasabb.

37. ábra: A csokoládéminták viszkozitásának diagrammja
(Forrás: saját munka)



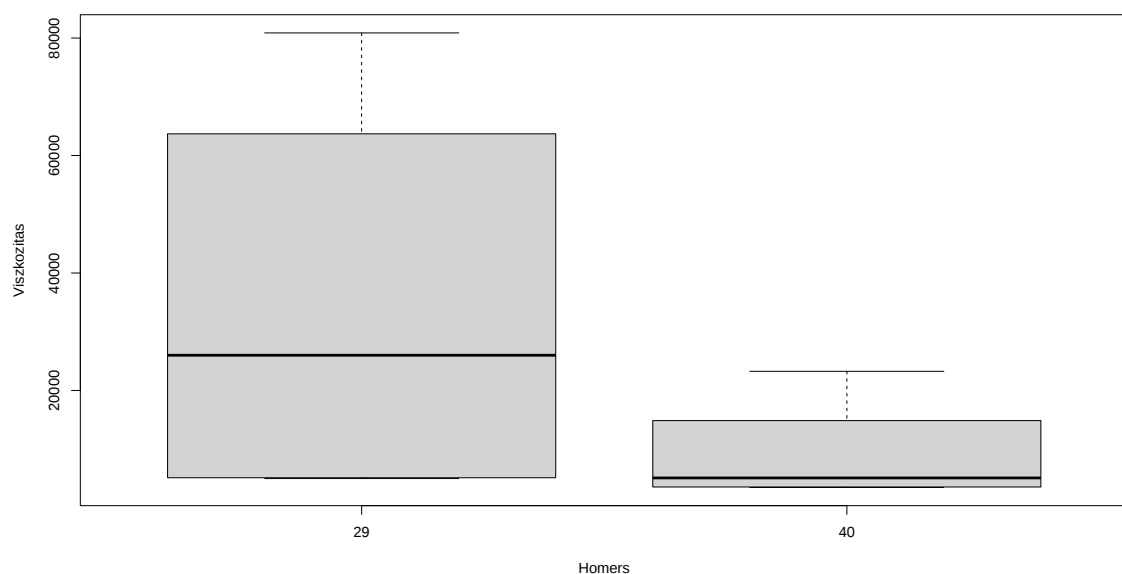
A 38. ábrán a csokoládéminták viszkozitását mutatom be az egyes csokoládé fajták szerint. Látható, hogy a kevert minta és a Ruby csokoládé szűk viszkozitási értéket vett fel a vizsgált hőmérsékleteken, míg a színezett fehér csokoládé és epres minta szélesebb viszkozitási értékek között mozogtak.

38. ábra: A csokoládéminták viszkozitása fajták szerinti diagrammja
(Forrás: saját munka)



A 39. ábrán a diagramban a csokoládéminták viszkozitásának változását szemléltetem a hőmérséklet függvényében. Megfigyelhető, hogy a magasabb hőmérsékleten, azaz 40°C-on, a csokoládék viszkozitása kisebb szórást mutatnak. Ez az érték azért fontos, hogy tisztába legyünk a csokoládé viselkedésével folyékony állapotban a gyártási folyamatok során, mint például a csokoládé szállítása.

39. ábra: A csokoládéminták viszkozitása a hőmérséklet szerinti diagrammja
(Forrás: saját munka)



Az RStudio használatával elvégeztem egyszempontos és több szempontos ANOVA analízist. A 4. táblázatban látható az egyszempontos ANOVA elemzés, melyből látszik, hogy a viszkozitást szignifikánsan befolyásolja mind a hőmérséklet, mind a csokoládé fajtája.

4. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatainak egyszempontos ANOVA elemzése
(Forrás: saját munka)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Csokoládé	3	9.250e+09	3.083e+09	16.42	1.66e-05 ***
Hőmérséklet	1	3.816e+09	3.816e+09	20.32	0.000241 ***
Residuals	19	3.569e+09	1.878e+08		

Az 5. táblázatba foglaltam össze a többszempontos ANOVA elemzést, amely alkalmával a kölcsönhatásokat is figyelembe vettem. Az eredmény azt mutatja meg, hogy szignifikáns befolyásolja a viszkozitást a hőmérséklet, a csokoládé fajtája és ezek kölcsönhatásuk is.

5. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatainak többszempontos ANOVA elemzése
(Forrás: saját munka)

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
Csokoládé	3	9.250e+09	3.083+09	698280	<2e-16 ***
Hőmérséklet	1	3.816e+09	3.816e+09	864088	<2e-16 ***
Kölcsönhatás	3	3.569e+09	1.190e+09	269381	<2e-16 ***
Residuals	16	7.065e+04	4.416e+03		

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Diplomadolgozatom végére érve szeretném összefoglalni az eredményeket és megválaszolni dolgozatom elején feltett hipotéziseimet.

H1: Más módszerekkel is lehetséges olyan csokoládét készíteni, amely hasonló jellemzőkkel rendelkezik, mint a Ruby csokoládé.

Mérési eredményeimből átfogó képet kaptam a vizsgált csokoládémintákról. Első hipotézisemre a válasz, a vizsgált minták eredményei alapján az, hogy nem. Természetesen ez nem zárja ki, hogy nincs más lehetőség a Ruby csokoládéhoz hasonló csokoládét gyártani. De az jól látható, hogy a vizsgált mintáim szignifikánsan különböznek egymástól. A színbeli eltérés jelentős a minták esetén. Fontos megjegyezni, hogy a Ruby csokoládé érzékeny a fényre és tárolás alatt is könnyen változik a színe. Viszkozitását tekintve igazi mártó csokoládéként viselkedik, ami nagy előnyt jelent a többi mintához képest, a hüvelyes termék gyártásához használják. Érdekes eredményt mutatott a hiperspektrális mérés, amin nem mutatkozott a vizsgált minták között jelentős különbség.

H2: A fogyasztók nem képesek megkülönböztetni a csokoládé mintákat csupán szín alapján.

Az egyik legérdekesebb kérdés a dolgozatomban, hogy a fogyasztó meg tudja-e különböztetni a Ruby csokoládét a többi csokoládétól a színe alapján. A jelentősége azért nagy ennek a kérdésnek, mert a szemünkkel vásárolnunk az esetek 80%-ban. Az eredmény pedig meglepő volt. A válaszadók mindössze 36,8% találta el a színe alapján a Ruby csokoládét. A legtöbben 39,7%-uk a kevert mintára gondolta, hogy az a Ruby, 16,2%-a a megkérdezetteknek a színezett fehér csokoládéről hitte, hogy az a Ruby, és csak 7,4%-uk hitte az epres csokoládét Rubynak. Ez az eredmény látszódtott a minták kedveltségén is, ahol a kevert mintát választotta a megkérdezettek 47,1%-a. Így elmondható, hogy valóban a fogyasztóknak kihívás beazonosítani a Ruby csokoládét szín alapján.

H3: A minták színe, beltartalmi és reológiai tulajdonságaik azonosak.

Harmadik hipotézisem megválaszolásához három különböző mérést végeztem el, amely a minták színére, beltartalmi összetételére és reológiai tulajdonságaira adott választ. A színmérés eredménye világossá tette, hogy a minták színei szignifikánsan különböznek egymástól és szemmel látható különbségek vannak a minták között. A beltartalmi kérdésre,

hiperspektrális mérés arra adott választ, hogy a minták nagyon hasonlóak egymáshoz. Spektrumaik között minimális eltérés mutatkozik. A minták viszkozitásukat tekintve már szignifikáns különbséget mutattak különösen a Ruby csokoládéhoz képest az epres és a színezett csokoládéminta volt lényegesen viszkózusabb. Ez a gyártás alkalmával fontos tulajdonság.

6. ÖSSZEGOFLALÁS

Diplomamunkámmal igyekeztem a Ruby csokoládéről átfogó képet alkotni a fogyasztók és a szakmai felhasználók számára. Több mérési vizsgálatot végeztem el, melyek segítettek a Ruby csokoládé minél szélesebb tulajdonságainak megismerésében. A vizsgálataimhoz standardizált, vagyis kézi temperálással, ugyan olyan öntőformába, ugyan olyan körülmények között tárolt mintákat készítettem Ruby csokoládé pasztillából, epres csokoládéból, az előbbi kettő 50-50 %-os keverékéből és egy színezett fehér csokoládéból. A minták beltartalmi vizsgálatához hiperspektrális képfeldolgozást végeztem. hogy beltartalmilag a mintákban ugyan úgy megtalálhatóak a szénhidrátok, a fehérjék és a zsírok. A hiperspektrális mérési módszerrel nem találtam szignifikáns eltéréseket a minták között.

Színmérést is alkalmaztam a csokoládé mintákon. A színmérés eredménye szignifikáns különbséget mutatott ki a minták között. A színmérést kiegészítettem egy érzékszervi vizsgálattal, mely során a megkérdezettek megpróbálták beazonosítani a Ruby csokoládét a színe alapján. A megkérdezettek mindössze 36,8%-a tudta azonosítani a Ruby csokoládét. Köszönhető annak a ténynek is, hogy a Ruby színe igen érzékeny fényre és a tárolásra is, így a piacon több árnyatával is találkozhat a vásárló.

Antioxidáns kapacitás mérést is végeztem a mintákon, annak érdekében, hogy esetleg a Ruby csokoládében magasabb-e ez a szint a gyümölcsös csokoládéhoz képest. A mérés eredménye megerősítette a Ruby csokoládében volt a legmagasabb az antioxidáns szint a többi mintához képest.

Végül a csokoládéminták reológiai tulajdonságát vizsgáltam meg. A mérés eredményéből az derült ki, hogy a minták viszkozitásához mind a hőmérséklet, mind a csokoládé fajtája szignifikáns hatással van. A színezett fehér csokoládé és az epres esetén mértem szignifikánsan magasabb viszkozitási értékeket. A Ruby csokoládé esetében a hőmérséklet befolyásolja a minta viszkozitását, de kisebb mértékben. Ez a felhasználás folyamán fontos paraméter különösen hüvelyes bon-bon vagy figura öntés esetén.

Ha a Ruby csokoládé gyártója által kijelentett megfogalmazás, hogy „a Ruby a negyedik fajta csokoládé, ami Ruby kakaóbaból készül”, nem is állja meg a helyét teljes mértékben, a Ruby csokoládé egyedisége vitathatatlan. A minták esetében nem sikerült reprodukálni a Ruby csokoládé egyedi karakterisztikáját.

7. IRODALOMJEGYZÉK

- Callebaut, B. (2021.. január 20.). *Ruby chocolate A true gift from nature*. Letöltés dátuma: 2021. 01, forrás: Barry Callebaut: <https://www.barry-callebaut.com/en/ruby-chocolate-true-gift-nature>
- Salamonné Dr. Huszty, A., Dr. Kozma, T., Fodor, F. I., & Gáspár, S. (2017). Sikeres üzleti modellek a kézműves csokoládéiparban. *Vállalkozásfejlesztés a XXI. században*. Budapest.
- LASKAI, Z., & OLSOVSZKYNÉ NÉMEDI, A. (2016). A CSOKOLÁDÉ FOGYASZTÓI MEGÍTÉSLÉSE. *THE HUNGARIAN JOURNAL OF FOOD NUTRITION AND MARKETING*, 39-45.
- Csapó, J., & Csapóné Kiss, Z. (2003). *Élelmiszer-kémia*. Letöltés dátuma: 2021. június, forrás: Régi Tankönyvtár: https://regi.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Elelmiszer_kemia/ch06s03.html
- Lendvai, E., & Forró, F. (2020). CSOKOLÁDÉN INNEN ÉS TÚL – FÓKUSZCSOPORTOS VIZSGÁLAT A 8-14 ÉVES FIATALOK KÖRÉBEN. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok*, 75–84.
- Terrett, B. (2018. 02 05). *A series of blog posts by Ben Terrett*. Forrás: Noisy Decent Graphics: <https://noisydecentgraphics.typepad.com/design/2018/02/the-pace-of-change-has-never-been-this-fast-yet-it-will-never-be-this-slow-again.html>
- Zheng, L., Zhao, M., Zhu, J., Huang, L., Zhao, J., Liang, D., & Zhang, D. (2023. Január 18). Fusion of hyperspectral imaging (HSI) and RGB for identification of soybean kernel damages using ShuffleNet with convolutional optimization and cross stage partial architecture. (Frontiers in Plant Science). Frontiers.
- Chocolate Academy North America. (2021). *RUBY ENCYCLOPEDIA* (Explore Ruby Like Never Before. kötet). Chicago & Montreal.
- Gyimes, E. (2010). *Eszi vagy nem eszi - tradíció és innováció a táplálkozásban*. Letöltés dátuma: 2021. augusztus 11, forrás: Szegedi Tudományegyetem: <https://u-szeged.hu/download.php?docID=11485>
- Cocoa, S. P. (2024. 01 17). *Swiss Platform for Sustainable Cocoa*, Produced in the south – consumed in the north. (Cocoa facts and figures) Letöltés dátuma: 2024. 01 17, forrás: ICCO: www.kakaoplattform.ch

- Dr. Temesi, Á. (2023). *Funkcionális (egészségvédő) élelmiszerek marketing vonatkozásai.* (Á. Dr. Temesi, Előadó) Budapest, Magyarország.
- Tuenter, E., Sakavitsi, M., Rivera-Mondragón, A., Hermans, N., Foubert, K., Halabalaki, M., & Pieters, L. (2021). Ruby chocolate: A study of its phytochemical composition and quantitative comparison with dark, milk and white chocolate. *Food Chemistry*, 1-12.
- Dumarche, A., Troplin, P., Bernaert, H., Lechevalier, P., Beerens, H., & Landuyt, A. (2013. 06 11). *Process for making red or purple cocoa material.* Letöltés dátuma: 2021. 08, forrás: FreePatentsOnline.com: <https://www.freepatentsonline.com/8460739.html>
- Šeremet, D., Mandura, A., Vojvodić Cebin, A., Oskomić, M., Champion, E., Martinić, A., & Komes, D. (2019). RUBY CHOCOLATE – BIOACTIVE POTENTIAL AND SENSORY QUALITY CHARACTERISTICS COMPARED WITH DARK, MILK AND WHITE CHOCOLATE. *Food in Health and Disease, scientific-professional journal of nutrition and dietetics* , 89-96.
- Badakné Dr. Kerti, K. (2021). Lipidek és tulajdonságaik. *Édes-és zsiradékipari technológiai ismeretek I.* Budapest, Magyarország: Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék.
- Badakné Dr. Kerti, K. (2021). Csokoládégyártás. *Édes- és zsiradékipari technológiák II.* Budapest, Magyarország: Gabona- és Iparinövény Technológiai Tanszék.
- BIACS, P. A., & SZIGETI, O. (1/2006). INNOVÁCIÓ ÉS MINŐSÉG AZ ÉLELMISZERIPARBAN. *THE HUNGARIAN JOURNAL OF FOOD, NUTRITION AND MARKETING*, 51-56.
- Báti, A., Csoma, Z., & Mészáros, M. (2011). ÉDES ÜNNEPEK ÉS CUKORMENTES HÉTKÖZNAPOK. ÉDES SÜLT TÉSztÁK ÉS SÜTEMÉNYEK A KORA ÚJKORTÓL MAGYARORSZÁGON. *STUDIA CAROLIENSIA*, 349-362.
- Burns, D. A., & Ciurczak, E. W. (2008). *Handbook of Near-Infrared Analysis* (Practical Spectroscopy Series Volume 35. kötet). CRC Press.
- Factors, F. &. (2020. március). *Facts & Factors*, Ruby Chocolate Market Size, Share Global Analysis Report, 2020–2026. (F. &. Beverages, Producer) Letöltés dátuma: 2024. január 18, forrás: Facts & Factors: www.fnfresearch.com
- Firtha, F. (2007). HSI adatredukciós algoritmus, sárgarépa alkalmazás, mérés stabilitásának növelése. *Progress in Agricultural Engineering Sciences, Volume III*(pp. 67-88).
- Firtha, F. (2010). Spektrális képfeldolgozás.
- Firtha, F. (2024). Postharvest measurement. Budapest.

- HORTOVÁNYI, L., & BALATON, K. (2016. 12). A VERSENYKÉPESSÉG ÉS AZ INNOVÁCIÓ VÁLLALATI SZINTŰ VIZSGÁLATA. *VEZETÉSTUDOMÁNY*(12), 38-45.
- Jung, A., Kerdeván, P., & Tőkei, L. (2006). Hyperspectral Technology in Vegetation Analysis. *Progress in Agricultural Engineering Sciences* 2.
- Montoya, C. C., Valencia, W. G., Sierra, J. A., & Penagos, L. (2021). Enhanced pink-red hues in processed powders from unfermented cacao beans. *LWT - Food Science and Technology*, 1-7.
- Molnár, C. (2021. 11 9). *jómagyar.hu*. Letöltés dátuma: 2024. 02, forrás: <https://jomagyar.hu>
- Ostrowska-Ligęza, E., Dolatowska-Żebrowska, K., Brzezińska, R., Wirkowska-Wojdyła, M., Bryś, J., Piasecka, I., & Górka, A. (2023. április 22). Characterization of Thermal Properties of Ruby Chocolate Using DSC, PDSC and TGA Methods. *Appleid Sciences*(Appleid Sciences). Warsaw, Poland: MDPI.

8. ÁBRÁK ÉS TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

8.1 Ábrajegyzék

1. ábra: Kakaóbab termelési mennyisége és ára 1962-2023 közötti időszakban.....	5
2. ábra: Kakaóbab termelés adatai földrészekre és országokra lebontva.....	5
3. ábra: Kakaóbab-örlési statisztikája földrészekre és országokra lebontva.....	6
4. ábra: A kakaóbab fogyasztásának statisztikája 2021-ben, kg/fő	7
5. ábra: A kakaóbab importja Svájcba 2022-ben	8
6. ábra: A halálozási okok statisztikája 2016-ban.....	10
7. ábra: A különböző típusú csokoládék kedveltségének megoszlása (%).....	11
8. ábra: Az élelmiszerek szín árnyalatai	13
9. ábra: A Ruby csokoládé íz profilja	15
10. ábra: Lehetséges íz kombinációk a Chocolate Academy ajánlásával	16
11. ábra: A négy csokoládé UPLC-QTOF-MS elemzésének PCA-jának eredménytáblái és betöltési diagramjai ESI+ és ESI- módban. Vörös pöttyök: étcsokoládé, zöld pöttyök: tejcsokoládé, sötétkek pöttyök: Ruby csokoládé, cian pöttyök: fehér csokoládé	19
12. ábra: A Ruby csokoládéból kivont zsír olvadási profilja.....	20
13. ábra: A Ruby csokoládé TGA és DTG görbéje nitrogénben (a) és oxigénben (b)	21
14. ábra: A Ruby csokoládé piaci mérete	22
15. ábra: A spektrofotometria szemléltetése metszeti ábrázolásban.....	23
16. ábra: Az abszorpció szintek különböző hullámhosszon	24
17. ábra: A csokoládéminták elkészítéséhez használt eszközök.....	28
18. ábra: A mérések során használt csokoládéminták fotói.....	29
19. ábra: A hiperspektrális méréshez használt mérőműszer: HeadWall rendszer	31
20. ábra: ARGUS hyperspectral data acquisition software	32
21. ábra: A színméréshez használt ColorLite sph 850 kézi spektrofotométer	33
22. ábra: Az olvasztott csokoládé reológiai jellemzői	37
23. ábra: A CuBrowser hiperspektrális mérés eredménye csokoládémintáimon	41
24. ábra: A csokoládéminták hiperspektrális képe	42
25. ábra: A csokoládéminták hiperspektrális mérés eredményei.....	42
26. ábra: A csokoládéminták világossági tényezői	45

27. ábra: A csokoládéminták vörös-zöld színezeti tényezői.....	45
28. ábra: A csokoládéminták kék-sárga színezeti tényezői	46
29. ábra: A csokoládé minták CIE L*a*b* színjellemzői a színmérést követően	47
30. ábra: A Ruby csokoládé ismertsége.....	49
31. ábra: A Ruby csokoládé kóstoltsági rátája.....	50
32. ábra: A Ruby csokoládé beazonosítása szín alapján.....	51
33. ábra: A csokoládéminták ízprofiljára való következtetés szín alapján	51
34. ábra: A csokoládéminták vásárlói preferenciái.....	52
35. ábra: A csokoládéminták JAR vizsgálatának eredménye	53
36. ábra: A mért csokoládéminták antioxidáns kapacitása	53
37. ábra: A csokoládéminták viszkozitásának diagrammja	55
38. ábra: A csokoládéminták viszkozitása fajták szerinti diagrammja	56
39. ábra: A csokoládéminták viszkozitása a hőmérséklet szerinti diagrammja	56

8.2 Táblajegyzék

1. táblázat: Antioxidáns kapacitás méréshez szükséges kalibrációs sor oldatai	35
2. táblázat: A csokoládéminták számított ΔE értékeik	48
3. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatai	54
4. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatainak egyszempontos ANOVA elemzése	57
5. táblázat: A csokoládéminták viszkozitás adatainak többszempontos ANOVA elemzése	57

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek, Badakné Dr. Kerti Katalinnak és Dr. Firtha Ferencnek, illetve Dr. Baranyai Lászlónak, Dr. Kaszab Tímeának, Lambertné Meretei Anikónak és Remeczki Mártának, akik vállalták, hogy munkámat ellenőrzik és segítik. A segítségük elengedhetetlen volt a dolgozatom elkészítésében. Köszönöm a sok ötletet, kérdést és javaslatot, amit kaptam!

Továbbá szeretném megköszönni a MATE összes oktatójának, munkatársának a munkáját, hogy segítettek abban, hogy nem csak ez a dolgozat elkészüljön, de eljuthassak a megírásához is.

Illetve szeretném megköszönni mindazoknak, akik támogattak, bízattak, segítettek a dolgozat elkészítésében és az alapgondolatok ébresztésében bennem.

10. NYILATKOZAT

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Boros Dániel Tibor
A Hallgató Neptun kódja: OAVEF1
A dolgozat címe: Ruby csokoládé hamisításának lehetősége
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
A konzulens tanszékének a neve: Gabona- és Iparnövény Technológiai Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottnak tudomásul veszem, hogy a záróvizsgabizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2024. év április hó 3. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Boros Dániel Tibor (hallgató Neptun azonosítója: OAVEF1) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / **nem javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024 év 04. hó 11 nap


Belső konzulens