

SZAKDOLGOZAT

Andráskó Angelika

2023

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Táplálkozástudományi Tanszék



**Monoflorális virágporcsonókkal dúsított kekszek
tápértékének és színjellemezőinek vizsgálata**

Andráskó Angelika

Budapest

2023

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

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Táplálkozás-élelmiszertechnológia**


Szakedolgozat készítés helye: Táplálkozástudományi Tanszék


Hallgató: Andráskó Angelika


A szakedolgozat címe: Monoflorális virágporsomókkal dúsított kekszek tápértékének és színjellemzőinek vizsgálata

Konzulens: Végh Rita

Beadás dátuma: 2023. 05. 03.


szakedolgozat készítés helyének vezetője
Dr. Mednyánszky Zsuzsanna


konzulens
Végh Rita


Dr. Mednyánszky Zsuzsanna
Táplálkozás-élelmiszertechnológia ismeretkör felelős

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés	5
2. A munka célja	7
3. Irodalmi áttekintés	8
3.1. A keksz meghatározása	8
3.2. A keksz eredete	8
3.3. Kekszfogyasztás	9
3.4. Mi a virágpor?	10
3.5. A virágporcsomó előállítása	10
3.6. A virágpor összetevői	11
3.6.1. Szénhidrátok	12
3.6.2. Fehérjék és aminosavak	12
3.6.3. Lipidek	13
3.6.4. Színanyagok	13
3.6.5. Vitaminok	14
3.6.6. Antioxidánsok	15
3.6.7. Ásványi anyagok	16
3.7. A virágpor terápiás tulajdonságai	16
3.8. Virágpor alkalmazása funkcionális élelmiszerösszetevőként	17
3.9. Virágpor mint kekszek funkcionális összetevője	18
4. Anyagok és módszerek	20
4.1. Felhasznált anyagok	20
4.2. Alkalmazott módszerek	21
4.2.1. A kekszek makrotápanyag összetételének a vizsgálata	21
4.2.2. Energiatartalom becslése	26
4.2.3. Antioxidáns tulajdonságok vizsgálata	26
4.2.4. Színmérés	28
4.2.5. Statisztikai elemzés	29
5. Kísérleti eredmények és értékelésük	30
5.1. Szárazanyag-tartalom vizsgálat eredményei	30
5.2. Makrotápanyagok vizsgálata	31
5.3. Energiatartalom vizsgálata	33

5.4. A polifenol- és antioxidáns kapacitás vizsgálatok eredményei	34
5.4.1. Az összes polifenol tartalom eredményei.....	34
5.4.2. Az antioxidáns kapacitás eredményei	35
5.5. Színmérés eredményei	38
6. Összefoglalás	41
7. Felhasznált irodalom	42
8. Ábra- és táblázatjegyzék.....	50
9. Köszönetnyilvánítás	51

1. Bevezetés

A funkcionális élelmiszerek napjainkban egyre nagyobb teret hódítanak, ezen élelmiszerek jelentőségét először Hippocrates fogalmazta meg, mintegy 2500 évvel ezelőtt. A gyógyszerek atyját idézve „Legyen az étel a gyógyszered és a gyógyszer az ételed”. Bár sokáig nem tulajdonítottak az élelmiszerek betegségmegelőző és egészségmegőrző hatásának sok szerepet, a 20. század első felében a táplálkozástudomány elkezdett foglalkozni a vitaminokkal mint esszenciális tápanyagokkal, és azok jótékony hatásaival. A 70'-es években a kutatások szerint a „túltáplálás” lett az elsődleges oka a betegségek kialakulásának, melyet vélhetőleg az élelmiszerellátás mennyiségének növekedése és színvonalának emelkedése okozott. A társadalmi trendek vonalán az egészség új értelmezésével ma már nem a betegségek leküzdése, hanem az egészség fenntartása jelenti azt a célt, aminek érdekében egyre több új piac és piaci rés nyílik meg (Töröcsik, 2006).

A funkcionális élelmiszer fogalmának meghatározására – a fogalom komplexitásából adódóan – jelenleg többféle megközelítés, megfogalmazás is létezik, még az ezzel foglalkozó szervezetek definíciója is eltér egymástól. Az egyik legelfogadottabb meghatározás a következő: „A funkcionális élelmiszer olyan természetes vagy feldolgozott élelmiszer, amely ismert biológiailag aktív vegyületeket tartalmaz, amelyet, ha a meghatározott mennyiségben és minőségben adagoljuk, klinikailag bizonyított és dokumentált egészségügyi hatása kimutatható” (Herdon és Nábrádi, 2014). A funkcionális élelmiszerek koncepcióját 1984-ben, Japánban dolgozták ki, majd a Japán Egészségügyi Minisztérium 1991-ben hagyta jóvá egy speciális élelmiszercsoport, az úgynevezett FOSHU (Food for Specified Health Uses) megjelenését, ami magában foglalta az alkalmazható egészségre vonatkozó állítások szabályozását is (Ohama et al., 2006). Japán Egészségügyi és Jóléti Minisztériumának hivatalos definíciója szerint a funkcionális élelmiszerek „olyan feldolgozott élelmiszerek, amelyek a tápértékükön túl sajátos testi funkciókra ható összetevőket tartalmaznak” (Ichikawa, 1994). Az ILSI Europe (International Life Science Institute) meghatározása szerint funkcionális élelmiszer az, amelynek egy vagy több egészségfunkcióra való kedvező hatása bizonyított a táplálkozási hatás mellett, így az relevánsan kapcsolódik az egészség, a jólét javításához és/vagy a betegségek kockázatának csökkentéséhez (Lehota és Komáromi, 2008). 1999-ben a European Commission Concerted Action on Functional Food Science (FuFoS-Group) csoporttól érkezett egy javaslat a fogalom meghatározására: „Az élelmiszer akkor tekinthető funkcionálisnak, ha a

megfelelő táplálkozás-élettani hatásokon túlmenően, a szervezetben egy vagy több funkcionál kimutatható pozitív hatása van, ami a jobb egészségügyi állapotban, kedvezőbb közérzetben és/vagy egyes betegségek kockázatának csökkenésében mutatkozik meg.” Eddy (1986) szerint olyan táplálékokat, illetve táplálék összetevőket tekinthetünk funkcionálisnak, amelyek a meglévő tápérték mellett valamilyen kiemelkedő, az egészségre kedvező élettani hatást is magáévá tudhat.

Közelmúltban publikált tanulmányok a virágport funkcionális élelmiszerként (Ghouizi et al., 2023) és funkcionális élelmiszer-összetevőként is ismerik (Kostič et al., 2020). A virágpor vagy pollen mikroszkopikus méretű, szemcsés anyag, amely a virágos növények hím genetikai állományát szolgáltatja (Lukács, 1997). A virágpor szolgál ugyanakkor a méhek egyik fő táplálékként, biztosítja számukra a megfelelő fehérje, lipid, vitamin és nyomelem forrásokat is (Huang, 2010). Tápértékének és lehetséges gyógyászati hatásainak köszönhetően a méhek által gyűjtött virágporcsomónak a humán táplálkozásban is szerepe van. A virágporcsomót elsősorban étrend-kiegészítőként fogyasztják, de számos kutatás foglalkozik a termék terápiás hatásaival, illetve funkcionális élelmiszer-összetevőként való alkalmazhatóságával is (Kostič et al., 2020).

A virágpor táplálkozás-élettani értékét elsősorban a benne nagy mennyiségben fellelhető, antioxidáns hatású tápanyagok adják. Az antioxidánsok fontos szerepet játszhatnak különböző betegségek megelőzésében, jelentős mennyiségben történő fogyasztással számos betegség kialakulásának a kockázatát csökkenthetjük. Az antioxidánsok megfelelő védelmet nyújtanak a szabadgyökök ellen, számos élettani folyamatban jótékony hatással bírnak, segítségükkel megelőzhetjük számos civilizációs betegség kialakulását is. Az antioxidánsok egy részét a szervezet termeli meg, de megtalálhatóak olyanok is, melyeket csak táplálkozásunk során különböző élelmiszerekkel tudunk bejuttatni szervezetünkbe.

2. A munka célja

Napjainkban a tudatos táplálkozás jegyében egyre népszerűbbek és egyre nagyobb teret hódítanak az egészségtudatos étrendbe könnyebben beilleszthető édes- és sütőipari termékek, sokan keresik a boltok polcain a számukra megfelelő beltartalmi értékkel rendelkező alternatívákat, például a fehérjében, rostban, illetve antioxidánsokban gazdag vagy cukor- és szénhidrátcsökkentett termékeket.

Munkám során célul tűztem ki egy közkedvelt sütőipari termék, a keksz tápértékének javítását, melynek érdekében a kekszeket különféle forrásnövényekről származó virágporcsomókkal dúsítottam. Céлом volt, hogy a Magyarországon nagy területen termesztett, komoly méhészeti jelentőséggel bíró növényfajok pollenjei közül kiválasszam, hogy melyik a legalkalmasabb a kekszek tápértékének a javítására. A kísérlet során repce (*Brassica napus* L.), napraforgó (*Helianthus annuus* L.) és mézontófü (*Phacelia tanacetifolia* L.) polleneket használtunk 2, 5 és 10%-os dúsítási szinten (a liszt százalékában kifejezve). Ezen termékek makrotápanyag-összetételét, energiatartalmát, antioxidáns tulajdonságait és színparamétereit vizsgáltuk, majd hasonlítottuk össze őket egymással.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A keksz meghatározása

A Magyar Élelmiszerkönyv a kekszet a következőképpen definiálja (MÉ 2-82/01/1): “Búzalisztből, esetenként egyéb gabonaőrleményből, zsiradékból, cukorból, ízesítőanyagok hozzáadását követően egyneműsített, lazított, formázott, sütéssel készült tartós édesipari lisztes készítmény. A vegyszeres lazításhoz kémiai lazítószereket használnak fel. A termék édes vagy sós, dúsított, töltetlen vagy töltött, bevonat nélküli, részben vagy teljesen bevont, díszített változatban készülhet.” Követelmények alapján a keksz típusai közé tartoznak:

- vajas kekszek, melyek zsíralapanyagát nevéből adódóan vajból kell biztosítani
- omlós kekszek, ahol a zsírtartalom legalább 11% (m/m), szárazanyagra számítva
- sós kekszek, ahol a konyhasótartalom 0,8 – 4,0% (m/m) szárazanyagra számítva
- háztartási kekszek, amelyek tej és tojás felhasználása nélkül készülnek, töltetlenek, bevonat és dúsítás nélküliek, zsírtartalmuk pedig legfeljebb 14% (m/m) szárazanyagra számítva (Magyar Élelmiszerkönyv, 2004).

3.2. A keksz eredete

Egyes források szerint a kekszek ötletét európai telepések vitték magukkal az Egyesült Államokba. Olcsó megoldást kerestek, így örölt búzát melegítettek össze különféle mártásokkal. Ezt az ötletet fejlesztette tovább a haditengerészet, ahol olyan megoldást próbáltak keresni, melyet a hósszú hónapokig tartó hajóútra magukkal tudnak vinni, tápláló, és nem romlik meg egykönnyen. Erre a célra fejlesztettek egy bizonyos kétszer-sültet lisztpépől, mely a második hőkezelés során kellőképpen megszilárdult, kemény, hordozható élelmiszerré vált, amely tökéletes az utazáshoz. E szerint az eredettörténet szerint az angol “biscuit” szó magára a technikára utal vissza, mint “kétszer megsütve” (Internet-1).

A Közel-Kelet ősi civilizációinak szakácsai inkább a kulináris élvezetekre fókuszáltak az eltarthatóság helyett. A pasztakeverékhez tojást, vaját és tejszínt adagoltak a világosítás és kedvezőbb textúra kialakításának céljából, gyümölcscsel és mézzel édesítették, majd később, a középkor végén ezt felváltotta a cukor. A Krisztus előtt hetedik századi Perzsa Birodalomban már ismertek voltak különböző keksz receptúrák, és a kereszties hadjáratokkal fejlődő fűszerkereskedelem megismertette Észak-Európával az arab főzési technikákat és

alapanyagokat. Innen eredeztethető vissza a “cookie” szó, mely a holland “Koeptje” szóból származik, jelentése kis sütemény (Internet-1).

Hazánkban az 1920-as, ezen kívül 1930-as évek során még írásban a kéksz angolra utaló alakváltozatot használták, a későbbiekben vált ismertté a mai keksz fogalom. Hazánkban az első kekszüzem 1880-ban Győrben alakult, ahol a valódi termelés viszont csak később, 1900-ban kezdődött meg. Az elmúlt századelőn gyártott kekszeket az első világháború alatt megugrott kereslet okán cvibaknak (katonai kétszersültnek) nevezték, melyeknek célja szintén az eltarthatóság volt (Gippert-Vaszelka, 2010).

3.3. Kekszfogyasztás

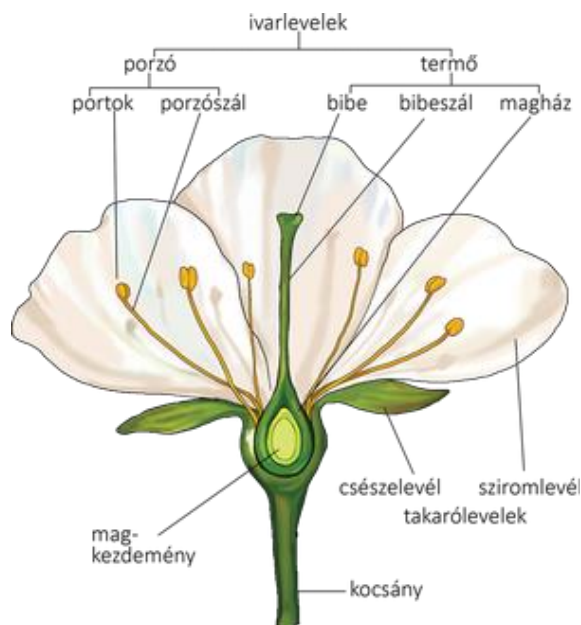
A CAOBRISCO (2013), az Európai Édességgyártók Szövetsége gyakran végez kutatást az európai országok édességfogyasztásának szokásairól, és annak változásairól. Tanulmányaiban a cukorkák, a csokoládék és a finom pékáruk népszerűségét vizsgálja a fogyasztók köreiben, utóbbiak közé tartoznak a mézeskalácsok, csokoládéval bevont kekszek és ostyák, édes és sós kekszek, kétszersültek, a pászka, extrudált termékek, torták és sütemények. 2013-as statisztikai kiadványuk alapján 29 európai tagországot vizsgálva az egy főre vetített éves fogyasztás a finom pékáruk esetében, beleértve a kekszeket is, 11 kg körül mozgott. Ezzel megelőzte mind a cukorkák, melyből csupán 3 kg/fő/év volt a fogyasztás, mind a csokoládék csoportját, amelyből 6 kg-ot fogyasztott el egy fő egy év lefolyása alatt átlagosan. Hazánkban a Magyar Édességgyártók Szövetségének adatai szerint az egy főre jutó átlagfogyasztás kekszekből a 2008-as évben 4,8 kg volt, ez az érték 2013-ra lecsökkent csupán 3,3 kg-ra. A CAOBRISCO (2013) adatai szerint Írországból volt a legmagasabb az egy főre jutó kekszfogyasztás (21,76 kg). Írországot Hollandia követi 12,86 kg-mal, majd Olaszország (10,40 kg/fő/év) és Belgium (10,09 kg/fő/év) következik.

A többi élelmiszerhez hasonlóan a kekszfogyasztás esetén is megfigyelhető a tendencia, hogy a fogyasztók egyre nagyobb érdeklődést mutatnak az egészségtudatos táplálkozásba könnyebben beilleszthető termékek iránt (Konar et al., 2022). Ennek az igénynek a kielégítése érdekében ipari termékfejlesztéseket végeznek, valamint nagyszámú tudományos kutatás is foglalkozik a funkcionális összetevőket tartalmazó kekszek jellemzésével (Goubgou et al., 2021; Martins et al., 2017). Kekszek funkcionális összetevőjeként alkalmazhatók az egészségre

bizonyítottan jótékony hatású komponensekben gazdag termékek, a virágporcsomót is beleértve (Kostiĉ et al., 2020).

3.4. Mi a virágpor?

A virágpor, vagy más néven pollen a virágos növények hímivarsejtje, melyet a porzó termel. A pollen a növények szaporodásában játszik fontos szerepet, feladata a bibéhez tapadva a női ivarszervek megtermékenyítése. A pollen mind alakjában, nagyságában, mintázatában hordozza azt a növényt, amelyről származik (Lukács, 1997). A virágpor szemek a megporzás során a szél, a rovarok, vagy a víz segítségével jutnak el a termőlevélre. A pollenszemekben képződő hímivarsejtek víz közvetítése nélkül érik el és megtermékenyítik meg a petesejteket. A megtermékenyítés után a magkezdeményből, a virág női ivarlevelén, más néven termőlevelén kifejlődik a mag, melynek szerepe, hogy védje a kiszáradástól az utódnövény csíráját (Mándics és Molnár, 2008). Az 1. ábra a virág felépítését és részeit ábrázolja.

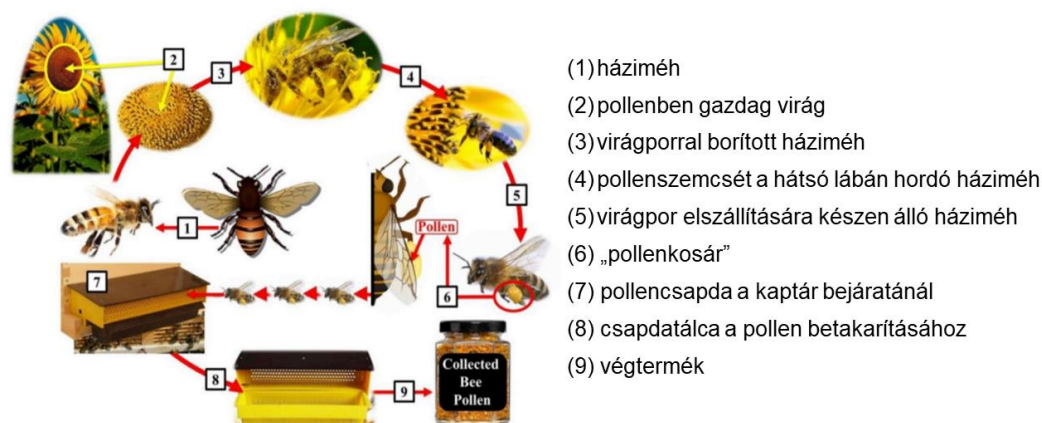


1 ábra: A virág felépítése (Internet-2)

3.5. A virágporcsomó előállítása

A méhek a pollent tápanyagforrásként hasznosítják, de nem közvetlenül a növényen fogyasztják el, hanem a kaptárba szállítják, és lépsejteken érlelik (ezt a terméket nevezzük méhkenyérnek) (Mayda et al., 2020). A pollen gyűjtése úgy történik, hogy a méhek a testükre

tapadt pollent nektárral és mirigyváladékukkal nedvesítik, majd lábaik segítségével csomókat (pelleteket) formálnak ebből az anyagból, amelyeket a hátsó lábaikon lévő “pollenkosarakban” szállítanak el a kaptárba. Ezt a terméket egy pollencsapdának nevezett eszközzel tudja a méhész összegyűjteni, amelyet a kaptár bejárata elé helyez. Működésének a lényege, hogy a perforált felületen a méhek még éppen átférnek, de a pollencsomók lehullanak a gyűjtőedénybe, ahonnan folyamatosan el kell azt szállítani további feldolgozásra, mivel magas nedvességtartalma miatt a mikroorganizmusok el tudnak rajta szaporodni (Thakur & Nanda, 2020). A virágporcsomók feldolgozása történhet szárítással (maximum 42 °C) vagy fagyasztással (Campos et al., 2008). A pollen begyűjtésének folyamatát a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A virággporcsomó begyűjtésének a folyamata (Thakur és Nanda, 2020 nyomán)

3.6. A virággpor összetevői

A pollenekről elmondható, hogy felettebb változatos tápanyag-összetétellel rendelkeznek, valamint a bioaktív komponensek megjelenési aránya is igen magas bennük. Nagy mennyiségben tartalmaznak fehérjéket, aminosavakat, hasznosítható szénhidrátokat és lipideket, továbbá fenolos vegyületek, enzimek, koenzimek, vitaminok, ásványi anyagok és nukleinsavak is fellelhetők bennük (Komosinska-Vassev et al. 2015). Campos és munkatársai (2008), illetve Thakur és Nanda (2020) adatai alapján a virággporban fellelhető makrotápanyagok százalékos összetételét a 3. ábra szemlélteti:



3. ábra: A makrotápanyagok átlagos összetétele a virágpornban (saját szerkesztés)

3.6.1. Szénhidrátok

A szénhidrátok a virágporcsonók legnagyobb arányban jelen lévő makrotápanyagai, melyek a teljes pollen tömegének közel kétharmadát teszik ki (Li et al., 2018). A pollenben leggyakrabban előforduló cukrok a glükóz és a fruktóz, de más szénhidrátok, például diszacharidok (szacharóz), poliszacharidok, oligoszacharidok és élelmi rostok is fellelhetők bennük, kisebb-nagyobb mennyiségben. Ezen komponensek arányát elsősorban a virágpór botanikai eredete határozza meg (Ares et al., 2018). Heslop-Harrison (1971) a rendelkezésükre álló adatok alapján megállapították, hogy a fenyőpollen több, mint 93%-ban tartalmaz szacharózt, míg zárvatermők csak 20-50%-ban. Margaoan és munkatársai (2012) Erdélyből származó virágporcsonók fruktóz- és glükóztartalmát vizsgálták. Eredményeik alapján a fruktóz:glükóz arány 0,78 és 1,92 között alakult, és a minták kétharmadában a fruktóz dominált. A Bertonecelj és munkatársai (2018) által vizsgált, Szlovéniából származó virágporcsonó minták jelentős részében viszont nagyobb arányban volt jelen a glükóz. A szerzők eredményei alapján a virágpórok diétás rosttartalma 10 és 20% között mozog, melynek számottevő részét a vízben oldhatatlan rostok adják.

3.6.2. Fehérjék és aminosavak

A fehérjék a szénhidrátok után a legnagyobb mennyiségben jelen lévő makrokomponensek a virágporcsonókban. Liolios és munkatársai (2015) szerint a virágporcsonók három minőségi osztályba sorolhatók nyersfehérje tartalmuk alapján: kiváló (25% felett), átlagos (20 – 25%), valamint alacsony minőségű (20% alatt). A jelen lévő

aminosavak mennyiségét és összetételét a forrásnövény faja határozza meg elsősorban, de a földrajzi eredet is befolyásolja (Radev, 2019). Roulston és Cane (2000) megállapítása szerint az aszparaginsav, glutaminsav, prolin, leucin, lizin és az arginin adják a pollenek fehérjetartalmának átlagosan 60%-át. A virágporcsomóban jelenlévő aminosavak mintegy 20%-a szabad formában van jelen. A frissen begyűjtött virágpor szabad aminosav tartalmának jelentős részét a glutaminsav adja, amely a szárítás hatására, illetve a hosszas tárolás során prolinná alakul át. A szabad prolin arányából tehát következtetni lehet arra, hogy megfelelően történt-e a virágpor feldolgozása. Ha a szabad prolintartalom meghaladja a 80%-ot az összes szabad aminosavhoz viszonyítva, az arra utal, hogy a terméket valószínűleg túl magas hőmérsékleten szárították (Serra-Bonvehí et al., 1997).

3.6.3. Lipidek

A szénhidrátok és a fehérjék után lipideket találunk a pollenekben a legnagyobb arányban, amelyek mennyisége és összetétele szintén a botanikai eredet függvénye. Dong és munkatársai (2016) 20 növényfaj pollenjét hasonlították össze a nyerszsírtartalmuk és zsírsav profiljuk alapján. Eredményeik szerint a japán rózsa (*Rosa rugosa*) kimagasló (>11%) nyerszsírtartalommal rendelkezik, míg a kínai kúszómagnólia (*Schisandra chinensis*), az izsópfű (*Agastache rugosatache*) és a lóbab (*Vicia faba*) nyerszsírtartalma 3% alatt volt. A szerzők vizsgálatai alapján a palmitinsav, sztearinsav, α -linolénsav, linolsav, eikozénsav és erukasav általánosan jelen vannak a virágporcsomó mintákban. Féas és munkatársai (2012) 22 Spanyolországból származó virágporcsomó vizsgálatával azt állapították meg, hogy a TUFA:SFA (összes telítetlen zsírsav: összes telített zsírsav) arány 1,91 és 5,91 között változik a termékekben, azaz a telítetlen zsírsavak nagyobb mennyiségben vannak jelen. Ezen belül jelentős arányt képviselnek a többszörösen telítetlen zsírsavak, köztük a linolsav (omega-6 zsírsav) és az α -linolénsav (omega-3 zsírsav). Az ω 3/ ω 6 arány átlagosan 2,65 volt, és 1,04 és 9,39 között változott.

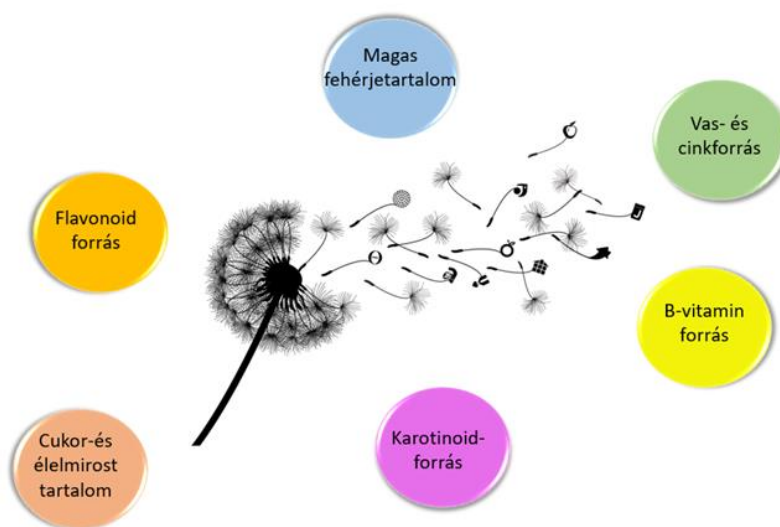
3.6.4. Színanyagok

A pollen minősége hozzávetőlegesen a színe alapján ítéltető meg, amely olyan növényi pigmentekhez kötődik, mint a karotinoidok és az antocianinok, amelyek különböző koncentrációban találhatók meg a pollenben (Sattler et al., 2015). A pollen természetes

fényessége csökken a nedvesség, különösen a nektár hozzáadásával. A méhek pollenjének színét elsősorban a növényi eredet határozza meg, amely a fehértől a feketéig minden színárnyalatot jelenthet. Esetenként az azonos növényi forrásból gyűjtött virágpor valamelyest eltérő színű lehet, illetve a különböző botanikai eredetű virágporok hasonló színűek lehetnek. A színt az elemösszetétel is befolyásolja, amint azt a műszeres színanalízis kimutatta, amely összefüggést mutatott ki a színértékek és a Ca-, Mg- és Fe-tartalom között (Yang et al., 2013).

3.6.5. Vitaminok

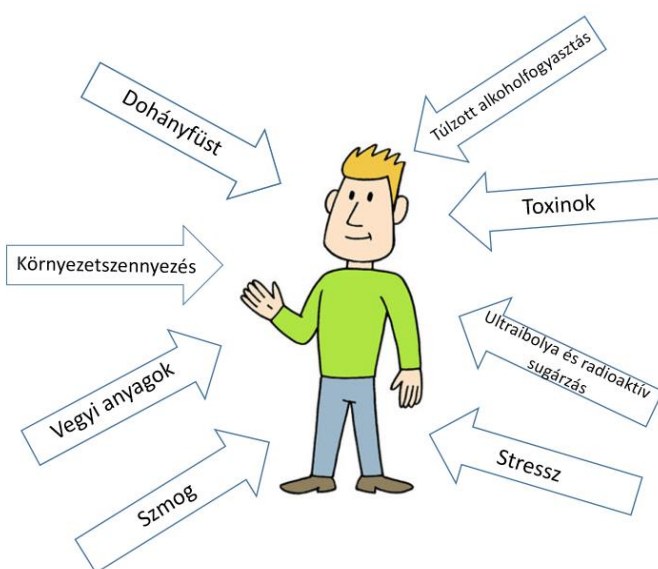
A méhek pollenje általában nagyobb mennyiségben tartalmaz vízben oldódó vitaminokat és karotinoidokat. Zsírolható vitaminok közül a D- és E vitaminok mutathatók ki belőlük csekély mennyiségben. A pollen vitaminban való gazdagsága miatt vonzó a vitaminhiányos, vagy étvágytalansággal küzdő felnőttek és gyerekek étrendjébe való beiktatására is. A felnőttek számára ajánlott napi pollenfogyasztás 20-40 g. A friss vagy szárított pollenszemek azonban gyakran kemény sejtfallal rendelkeznek, amely jelentősen befolyásolhatja az emésztőenzimek bejutását a pollenszemekbe, és ezáltal a fontos tápanyagok emberi emésztőrendszerből való felszívódását (Campos et al., 2008). A pollenben fellelhető tápanyagokat a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra: A pollenben fellelhető tápanyagok (saját szerkesztés)

3.6.6. Antioxidánsok

A természetes antioxidánsok étrendbe való beiktatása segíthet megelőzni az oxidatív stresszt, ennek következtében segít elkerülni egyes betegségeket és a sejtek öregedését (Halliwell, 2007; Lopes et al., 2011). A szabadgyökök külső és belső tényezők, biotikus és abiotikus stresszhatások következményeiként is indukálódhatnak. Az 5. ábrán is látható külső tényezők közül a napjainkat leginkább befolyásoló káros hatások többek között: az ultraibolya és radioaktív sugárzás, a dohányfüst, szmog, a túlzott alkoholfogyasztás, a stressz, a vegyi anyagok, a környezetszennyezés és a toxinok (Dóczi, 2011).



5. ábra: Szabadgyökök külső tényezői (saját szerkesztés)

Morais (2011) megállapította, hogy a virágporoknak magasabb az antioxidáns tartalma, mint a méznek. Tanulmányok arra is kitérnek, hogy a benne megtalálható antioxidánsok mennyisége közel egyezik a vörös gyümölcsökben találhatóak mennyiségével, szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva (Sousa et al., 2011; Huang et al., 2012). A karotinoidok számos növényi eredetű élelmiszer színéért felelősek, színük sárgától a vöröses színig terjedhet, a pollenek színanyagának egyik fő alkotója (El Ghouizi et al., 2023). A méhek pollenjében leggyakrabban a β -karotin fordul elő, de más karotinoidokat is tartalmaz, például α -karotint és luteint (Omar et al., 2018), de Campos és munkatársai (2008) szerint a karotinoidok összetétele jelentősen függ a terület éghajlati körülményeitől, szárítástól és tárolási körülményektől.

Sahin és munkatársai (2018) szerint a virágporok polifenol tartalma átlagosan az összetételük 3-5%-át teszi ki, míg a fenolos savak a méhek pollenjének átlagosan 0,19%-át teszik ki, botanikai eredetüktől függően. A flavonoidok a méhek pollenjében található polifenolok legfontosabb csoportja, amelyek a teljes összetételének a 0,25 - 1,4%-át teszik ki, ezáltal kiváló mutatói a méhek által gyűjtött pollen minőségének. A flavonoidok a méhek pollenjében többnyire glikozidos egységek formájában találhatóak meg. A méhpollenben azonosított fő flavonoidok a kvercetin, a kaempferol és a rutin. A fő flavonoidok az apigenin, a krizin és a luteolin, a flavanonok pedig a naringenin és a pinocembrin, míg a genistein a méhpollenben azonosított fő izoflavon (Rzepecka-Stojko et al., 2015).

3.6.7. Ásványi anyagok

Körülbelül 20 ásványi anyag van, amelyek nélkülözhetetlenek az emberi táplálkozásban. Az emberi szervezet ásványianyag hiánya anyagcsereproblémával járhat, a terhesség alatt akár fejlődési rendellenességeket is okozhat a magzatnál (Shankar et al., 2013). A virágpor a legmagasabb koncentrációban káliumot (K) tartalmaz, 100 gramm virágporban 400-2000 mg is lehet. Kiemelkedő mennyiségben tartalmaz még foszfort (P) (0,80–6 mg/100 g), magnéziumot (Mg) (20-300 mg/100 g) és kalciumot (Ca) (20–300 mg/100 g) is. Ezek az elemek főként a csontszövet képződésében játszanak fontos szerepet (Campos et al., 2010). A vas (Fe), a cink (Zn), a réz (Cu) és a mangán (Mn) szintén nagy mennyiségben megtalálható a méhek pollenjében, ezek az elemek a vérképzés mellett a növekedésben, fejlődésben támogatják az emberi szervezetet (Bogdanov et al., 2012). Emellett tartalmaz más nyomelemeket is, mint például kobalt (Co), szelén (Se), molibdén (Mo) és bór (B), ezek az ásványi anyagok felelnek többek között az agy egészséges működéséért (Sattler és munkatársai, 2016). Thakur és Nanda (2020) szerint ugyanakkor a különböző botanikai eredetű pollenek ásványianyag összetétele jelentősen eltérhet egymástól.

3.7. A virágpor terápiás tulajdonságai

A virágport már őseink is előszeretettel fogyasztották jótékony hatásai miatt. Az ókori egyiptomiak a virágport „életadó pornak” nevezték. Hippokratész és Pitagorasz terápiás jelleggel ajánlotta a méz és a virágpor fogyasztását (Campos et al., 2008). A virágpor az apiterápiában ma is gyakran alkalmazott termék. Az apiterápia egy természetgyógyászati ág,

amely méhészeti termékeket (méz, virágpor, méhpempő, propolisz, méhkenyér, méhméreg) használ különböző betegségek megelőzésére és kezelésére. A virágpor a kutatások alapján a benne található bioaktív vegyületeknek köszönhetően számos pozitív egészségügyi hatással bír, ilyen például a gyulladáscsökkentő, antiobakteriális, antikarcinogén, illetve daganatellenes hatások, de baktérium- és gombaellenes, májvédő és érlemeszesedést gátló hatásokat is felfedeztek benne (Denisow & Denisow-Pietrzyk, 2016).

Mivel a méhek pollenje makro- és mikrotápanyagokban gazdag, felhasználhatóságára a szépségipar is felfigyelt. Kozmetikai tulajdonságait laboratóriumban is megvizsgálták, és bebizonyították, hogy a pollen fokozza a védekezőképességet mind a bőröregedés, a bőrszárazság, ultraibolyasugárzás és a gyulladás ellen (Kurek-Górecka et al., 2020; Xi et al., 2018). Ezeknek a tudományos bizonyításoknak köszönhetően a kozmetikusok is egyre gyakrabban alkalmazzák ezt az összetevőt szépségápolási szereikben, ezzel is növelve a termékek funkcionalitását.

3.8. Virágpor alkalmazása funkcionális élelmiszerösszetevőként

A pollenek jótékony hatásait természetesen az élelmiszeripar is felfedezte és igyekszik hasznosítani. A virággal dúsított élelmiszerek célja egyértelműen a termék összetételének és szerkezetre gyakorolt hatásának fejlesztése. Számos tudományos kutatás foglalkozik a virágpollennel történő termékfejlesztés kísérleteivel, legyen szó akár pékárukról, cukrászati, tejipari vagy akár húsipari termékekről.

Conte és munkatársai (2018) Olaszországban méhektől gyűjtött pollenekkel dúsított gluténmentes kenyérről készítettek tanulmányt. A vizsgálat célja a gluténmentes kenyér gyártása során különböző koncentrációjú pollen hozzáadása, a kontroll kenyérmintával való összehasonlítás, valamint a kifejlesztett termékek fizikai-kémiai, technológiai és érzékszervi tulajdonságainak további felmérése volt. Az eredmények alapján megfigyelhető volt, hogy a pollennel való dúsítás nem befolyásolta a reológiai tulajdonságokat. Másrészt a hozzáadott pollen jelentősen javította a technológiai jellemzőket, az érzékszervi jellemzőket és a termék elfogadhatóságát. Legnagyobb népszerűségnek a 3%-ban pollent tartalmazó kenyér örvendhetett, amely minden mért tulajdonság esetén az ideális egyensúlyt mutatta.

Thakur és Nanda 2019-ben Indiában a méhektől gyűjtött pollennel dúsított tejpor készítésére tett kísérletét vizsgálták. A kísérlet során káposzterepece (*Brassica napus*) pollent és

sovány tejet használtak. Ez a tanulmány egy vákuumszárított, méhektől gyűjtött pollenben gazdag tejpor kifejlesztését tűzte ki célul. Ennek a funkcionális adalékanyagának az előállításához az optimalizált paraméterek a következők voltak: 8,04% pollen, 187,58 °C bemeneti hőmérséklet és 8,94 ml/perc adagolási sebesség. A kapott por a polifenolok jelentős forrásának bizonyult, így a tanulmány mérföldköve annak, hogy különböző iparágakban felhasználják egészségesebb élelmiszerek előállítására.

Egy Törökországban végzett kísérlet során (Turhan et al., 2014) különböző mennyiségű pollen hozzáadásával készült húsgombócok tápanyag minőségét figyelték meg a gyártást és a tárolást vizsgálva. Az eredmények szerint a pollennel történő dúsítás a fehérje- és többszörösen telítetlen zsírsav-tartalom növekedéséhez vezetett, ezzel szemben nedvességtartalom-csökkenés és állagváltozások is jelentkeztek, elsősorban a húsgombócok keménységének és ragacsosságának csökkenése volt számottevő. A virágpork hozzáadás gátolta a lipidoxidációt és a baktériumok növekedését a húsgombócokban. Ez alapján megállapították, hogy a méhek által gyűjtött pollen hozzáadása a húsgombócok táplálkozási és tárolási minőségét javította, minimális összetétel- és érzékszervi tulajdonságok változása mellett.

Braziliában Almeida és munkatársai (2017) liofilizált, méhek által gyűjtött pollenből készült kivonattal dúsított sertéskolbászokkal kapcsolatban végeztek kutatásokat. A korábban meghatározott magas polifenoltartalom és a pollen antioxidáns potenciálja miatt ennek a tanulmánynak a célja a liofilizált méhből gyűjtött pollen kivonat sertéskolbász gyártásában való hasznosítása volt abból a szempontból, hogy megakadályozza a termék lipidoxidációját a gyártás és a tárolás során. Az alacsony tárolási hőmérséklettel párosított liofilizált virágporksomóval dúsított kolbászról megállapítható volt, hogy a kolbászgyártásnak ez a módszere nagyon hatékonyan gátolja a lipidoxidációt.

3.9. Virágpork mint kekszek funkcionális összetevője

Krystyjan és munkatársai 2015-ben már kísérletet tettek felhívni az élelmiszeripar figyelmét arra, hogy milyen lehetőség rejlik a kekszek virágporkkal való dúsításában. A kontroll mintába búzaliszt, margarin, porcukor, tojás, vaníliás cukor és sütőpor került. A pollent a búzaliszthez viszonyítva 2,5; 5; 7,5; és 10%-ban adták a kekszekhez, a többi összetevő mennyiségén nem változtattak. A kekszek külsejét tekintve az volt megfigyelhető, hogy színüket a Maillard-reakció is befolyásolta, ami a redukáló cukor és az aminosavak között jött

létre. Ennek a nem enzimes reakciónak az eredményeként a sütés során nagy molekulatömegű makromolekulák, melanoidinok keletkeztek. Mivel a méhek pollenje magasabb fehérjetartalommal rendelkezik, mint a helyettesített búzaliszt, és a tésztában lévő redukáló cukrok virágporból származnak, a dúsított kekszben képződő melanoidinek mennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint a kontroll kekszé. A makrotápanyagok vizsgálata során kiderült, hogy minél nagyobb koncentrációban fordult elő a kekszben a pollen, annál jobban nőtt a fehérjetartalom, a víztartalom, a diétás rosttartalom, az összpolicifenol tartalom (TPC) és az antioxidáns kapacitás (TEAC érték). Az össz szénhidrát tartalom a pollen mennyiségét növelve csökkent, a zsírtartalom viszont egyik mintánál sem változott szignifikánsan. A textúrát tekintve a pollen hozzáadásával készült kekszek sokkal lágyabbak voltak a sütést követően, mint a kontroll minta. A tárolást követően a változások csekélyek voltak, és csak a 7,5 valamint a 10%-ban pollent tartalmazó kekszekenél volt megfigyelhető a keménység enyhe növekedése a kezdeti értékhez képest.

Solgajová és munkatársai (2014) szintén végeztek kísérleteket kekszek virápporral történő dúsítására. A búzalisztet 16 és 32%ban helyettesítették repce pollennel. A virágporcsozókat két szlovákiai területről gyűjtötték a kísérlethez. A kémiai és technológiai paraméterek mellett a kekszek érzékszervi tulajdonságait is vizsgálták. Megállapították, hogy a pollen hozzáadásával nőtt a termék átmérője és súlya, ellenben csökkent a vastagsága. Az érzékszervi vizsgálatok során feljegyezték, hogy a sütitket kellemes, de kissé káposztaillat jellemezte, könnyű volt rágni, és enyhe mézre emlékeztető utóízzel rendelkeztek.

Abd-Elmegaly és munkatársai 2022-ben 2,5; 5; 7,5; és 10%-os koncentrációban dúsították a kekszeket ismeretlen botanikai eredetű pollennel. A kekszek szignifikánsan magasabb összpolicifenol, összflavonoid- és β -karotin tartalmat mutattak a kontrollhoz képest, a legalacsonyabb (2,5%) dúsítási szinten is. Sikerült megállapítaniuk, hogy a kekszek veszítettek a ropogósságukból és keménységükből, ami javarészt a tárolás első húsz napja során következett be. A fogyasztói értékelés eredménye alapján a pollennel dúsított kekszek elfogadható érzékszervi tulajdonságokkal voltak jellemezhetőek, magas dúsítási szinteken is. A mintákat élelmiszer-biztonsági szempontból is értékelték, melynek eredményei szerint nem voltak patogén baktériumok vagy gombaspórák kicsírázására utaló jelek a pollennel dúsított termékekben. A fenti eredmények alátámasztják, hogy a virágpór kiválóan alkalmazható kekszek funkcionális összetevőjeként.

4. Anyagok és módszerek

Munkám során kekszeket dúsítottam repce, napraforgó és facélia pollennel, a liszt 2, 5 és 10%-os helyettesítésével. Vizsgáltam a minták szárazanyag-, nyershamu-, nyerszsír-, nyersfehérje- és szénhidrát tartalmát, becslést végeztem az energiatartalmuk meghatározására, továbbá meghatároztam a kekszek összes polifenoltartalmát és antioxidáns kapacitását (FRAP, TEAC, DPPH). Ezen kívül a minták színparamétereit is vizsgáltam. A vizsgálatokat a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem Táplálkozástudományi Tanszékén végeztem.

4.1. Felhasznált anyagok

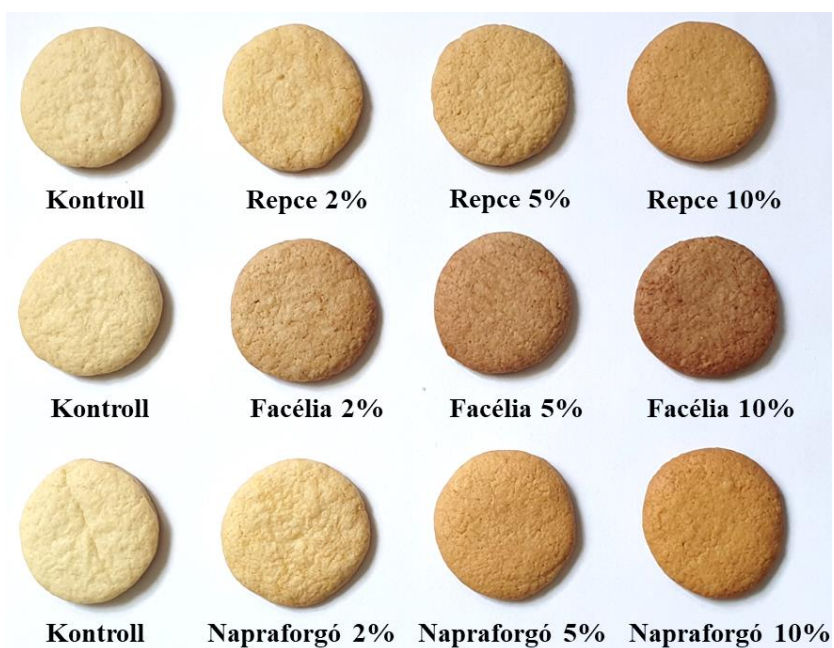
A kekszeket az Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége által közzétett receptúra (AACC, 1980) alapján készítettem, amely az 1. táblázatban kerül bemutatásra. A dúsításhoz szárított, monoflorális (több, mint 80%-ban a megjelölt forrásnövényről származó pollent tartalmazó) virágporokat használtam (6. ábra). Az összetevőket 2 tizedesjegy pontossággal bemértem egy tálba, majd gyúrással homogenizáltam. Az így előállított tésztát 6 mm vastagságúra nyújtottam, majd 50 mm átmérőjű köröket szaggattam belőle. Ezeket 205 °C-ra előmelegített sütőben 10 percig sütöttem légkeverés mellett, majd hűtés után zárható műanyagtasakokban tároltam -20±2 °C-on. Az elkészült kekszek a 7. ábrán láthatók. A beltartalmi tulajdonságok vizsgálatához a kekszeket kávédaráló segítségével homogenizáltam.

1. táblázat: A kekszek elkészítéséhez alkalmazott receptúra (AACC, 1980)

Nyersanyag (g)	Kontroll	Dúsított minták		
		2% pollen	5% pollen	10% pollen
búzaliszt	100,00	98,00	95,00	90,00
virágpor	0,00	2,00	5,00	10,00
porcukor	57,80	57,80	57,80	57,80
margarin	28,40	28,40	28,40	28,40
só	0,93	0,93	0,93	0,93
desztillált víz	7,11	7,11	7,11	7,11
glükóz szirup	14,60	14,60	14,60	14,60
szódabikarbóna	1,11	1,11	1,11	1,11



6. ábra: A kekszek dúsításához használt virágporsomók (repce, facélia, napraforgó)



7. ábra: Kekszminták hűtés után

4.2. Alkalmazott módszerek

4.2.1. A kekszek makrotápanyag összetételének a vizsgálata

A kekszek beltartalmi paramétereinek vizsgálatához klasszikus analitikai módszert alkalmaztam, amelyek a 4.2.1.1 – 4.2.1.5. fejezetekben kerülnek bemutatásra.

4.2.1.1. Szárazanyag-tartalom meghatározása

A minták szárazanyag-tartalmát szárítószekevény alkalmazásával vizsgáltam. Ennek a módszernek a lényege, hogy 100°C feletti hőmérsékleten a víz elpárologtatható a mintából. A mérés megkezdése előtt a mintákat homogenizáltam. A vizsgálathoz használt üvegedények

tömegét lemértem, súlyukat 4 tizedes pontossággal rögzítettem. Ezt követően bemértem az edényekbe 2 grammot a mintákból. A mintákat tartalmazó üvegedényeket 105 °C-ra előmelegített szárítószekrénybe helyeztem, tömegállandóságig szárítottam, majd hagytam kihűlni. Miután lehűlt, rögzítettem a minta és az edény tömegét, majd a bemért és a visszamért tömegből kiszámoltam a nedvességtartalmat, százalékos értékben kifejezve, a következő képlet szerint:

$$\text{Nedvesség (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

m_0 : üres edény tömege grammban meghatározva

m_1 : az edény és a nedves minta tömege grammban meghatározva

m_2 : az edény és a száraz minta tömege grammban meghatározva

A szárazanyag tartalmat pedig a következő egyenlet szerint határoztam meg:

$$\text{Szárazanyag (\%)} = 100 - \text{Nedvesség\%}$$

4.2.1.2. Hamutartalom meghatározása

A hamutartalom vizsgálatot hamvasztással végeztük, melynek lényege, hogy magas hőmérsékleten (>500 °C) a szerves anyagok elégnak, és csak a szervetlen anyagok maradnak vissza. A vizsgált mintákban lévő összes hamu tartalom meghatározásához először lemértem a kihűlt állapotban lévő kiizzított tégely tömegét, ezt 4 tizedes pontossággal rögzítettem, majd a tégelybe helyeztem a mintából 3 grammot, feljegyezve a minta tömegét. A mintákat nyílt láng felett elszenesítettük, majd a mintákat tartalmazó tégelyeket 525 °C-ra felmelegített izzítókemencébe tettük. Az izzítást a tömegállandóság eléréséig végeztük. A kivett mintát lehűtöttem, majd visszamértem a tömegét. A bemért és a visszamért tömegből kiszámoltam a nyershamu-tartalmat, százalékos értékben kifejezve, az alábbi képlet szerint:

$$\text{Nyershamu (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

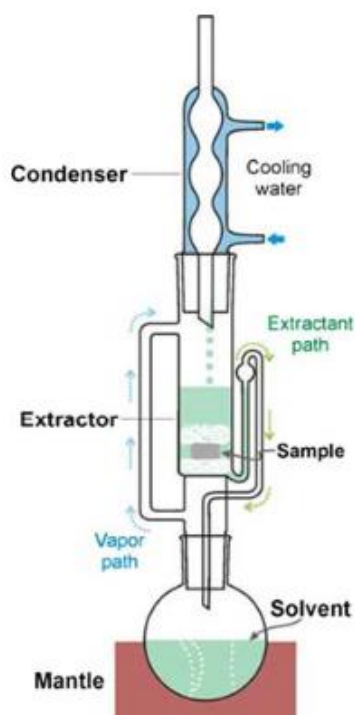
m_0 : a vizsgálathoz bemért minta tömege grammban meghatározva

m_1 : a tégely és a minta tömege hamvasztás után grammban meghatározva

m_2 : a tégely tömege grammban meghatározva

4.2.1.3. Nyerszsírtartalom meghatározása

A nyerszsírtartalom meghatározását Soxhlet-extrakciós módszerrel végeztük. Az extrakció egy elválasztási művelet, melynél megfelelő oldószer használatával egy szilárd vagy folyékony fázisból komponenseket távolítunk el. A nyerssírok megfelelő oldószerrel extrahálva 105 °C-on szárítva nem illannak el. Az extrakció során a folyamatosan párologtatott oldószer kondenzálódik, és eközben kioldja a mintából a zsírok egy részét. Adott folyadékszint elérésekor az oldott zsír és az oldószer visszaáramlik az oldószertartályba, itt újra felmelegszik, párolog, és a folyamat kezdődik előlről. Miközben az oldószer párolog, a benne lévő zsír az oldószertartályban marad. A Soxhlet extraktor vázlatos rajza a 8. ábrán látható.



8. ábra: Soxhlet extraktor vázlatos rajza (Dabbs et al., 2006)

A vizsgálat megkezdése előtt egy gömblombikba (Soxhlet lombik) horzskövet helyeztem, és az együttes tömegüket lemértem négy tizedesjegy pontossággal. A mintákból analitikai mérleg segítségével bemértem egy szűrőpapírra 2,5 grammot, a tömeget 4 tizedes pontossággal rögzítettem. A mintát becsomagoltam, és egy zsírmentes extraháló hüvelybe helyeztem, majd zsírmentes vattával bedugaszoltam. A mintát tartalmazó extraháló hüvelyt a készülék középső részébe (Soxhlet-feltét) helyeztem. A készüléket feltöltöttem oldószerrel, majd összeszereltük a

berendezést, beindítottuk a vízhűtést és a homokfürdős melegítést. A vizsgálat végén kivettük a készülék középső részéből az extraháló hüvelyt, a petrolétert pedig eltávolítottuk. A zsírt tartalmazó lombikot szárítószekrényben szárítottam 105 °C-on 1 órán át, majd lehűtés után 4 tizedes pontossággal visszamértem a tömegét.

A nyerszsírtartalom százalékos értékben kifejezve a következő egyenlettel határozható meg:

$$\text{Nyerszsír (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \times 100, \quad \text{ahol}$$

m_1 : a lombik, a horzsakő és az extraktum együttes tömege grammban meghatározva

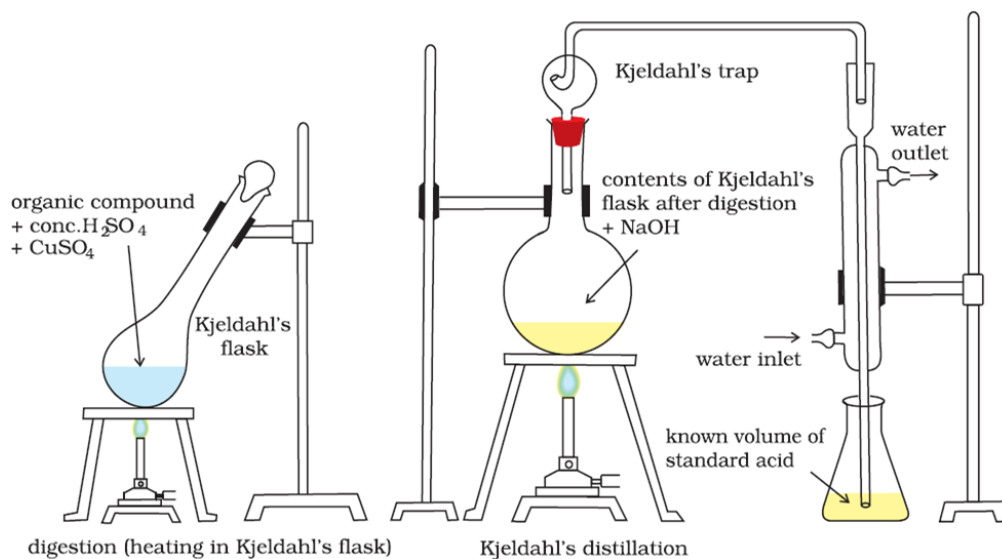
m_2 : az üres lombik és a horzsakő együttes tömege grammban meghatározva

m_0 : a bemért minta tömege grammban meghatározva

4.2.1.4. Nyersehérje tartalom meghatározása

A nyersfehérje tartalmát a Kjeldahl-féle módszer szerint határoztuk meg, amely a nitrogén tartalom mérésén alapszik. A vizsgálat első lépése a roncsolás. Ennek során analitikai mérleg segítségével szűrőpapírra mértem 1 grammot a vizsgálandó mintából, ezt 4 tizedesjegyre rögzítettem. A mintát becsomagoltam a szűrőpapírba, és a Kjeldahl-lombikba helyeztem. Katalizátorként hozzáadtam egy mokaáskánányi CuSO_4 -ot, és forrpontemelőnek két mokaáskánányi K_2SO_4 -et. Mérőhenger segítségével hozzáöntöttem 25 milliliter kénsavat. A lombikot roncsolóállványra tettük, és elszívó fülke alatt addig roncsoltam a mintát forralással, amíg zöldeskék színű lett.

A következő lépés a desztillálás. A lehűlt lombik tartalmát fel kellett hígítanunk, ehhez csapvizet használtunk. Összeszereltem a desztilláló készüléket (9. ábra), ellenáramban csatlakoztattam hozzá a hűtővizet. A Kjeldahl lombikba az egyenletesebb forrás érdekében néhány szem horzsakövet helyeztem. A szedőedénybe pipetta segítségével kimértem 20 ml 0,1 M sósavat, belecseppentettem három csepp metilvörös indikátort. A Kjeldahl lombikba beleöntünk előzetesen kimért 100 ml 33%-os NaOH oldatot. Elkezdjük a lombik melegítését, ennek hatására az oldatból sötétbarna zagy keletkezett. A desztillációt addig végeztem, amíg kb. 150 ml párlat összegyűlt a szedőedényben.



9. ábra: A Kjeldahl-féle fehérje meghatározás vázlatos rajza (Internet-3)

Végül a visszatitrálás következett. A szedőedényben lévő sósavfelesleget megtitráltuk 0,1 M NaOH-dal. Az átcsapási szín hagymahéj-sárga. A nyersfehérje tartalmat százalékos értékben kifejezve a következő egyenlettel határoztuk meg, 6,25-ös nitrogén – fehérje konverziós faktor alkalmazásával:

$$\text{Nyersfehérje (\%)} = \left(\frac{[(V_{\text{HCl}} \times f_{\text{HCl}}) - (V_{\text{NaOH}} \times f_{\text{NaOH}})] \times 0,0014 \times 6,25}{m} \right) \times 100, \text{ ahol}$$

V_{HCl} : a bemért sósav térfogata milliliterben meghatározva

f_{HCl} : a sósav oldat faktora

V_{NaOH} : a nátrium-hidroxid fogyása a titrálás során, milliliterben meghatározva

f_{NaOH} : a nátrium-hidroxid oldat faktora

m : a bemért minta tömege grammban kifejezve

4.2.1.5. Szénhidrátartalom meghatározása

A kekszek összes szénhidrátartalmát (%) számítással határoztam meg, oly módon, hogy a nyersfehérjetartalomra, nyerszsírtartalomra, nedvességtartalomra és hamutartalomra kapott eredmények összegét kivontam százból. Az így kapott érték magában foglalja az egyszerű és összetett szénhidrátokat, beleértve a nem emészthő szénhidrátokat (rostokat) is. A meghatározáshoz a következő képletet alkalmaztam:

$$\text{Szénhidrát (\%)} = 100 - (\text{nyersfehérje\%} + \text{nyerszsír\%} + \text{nedvesség\%} + \text{hamu\%})$$

4.2.2. Energiatartalom becslése

A kekszminták energiatartalmát kilokalóriában (kcal) a következő egyenlet szerint becsültem meg (Schakel et al., 1997):

$$\text{Energiatartalom (kcal)} = \text{nyerszsír\%} \times 9 + \text{nyersfehérje\%} \times 4 + \text{szénhidrát\%} \times 4$$

4.2.3. Antioxidáns tulajdonságok vizsgálata

4.2.3.1. Minta extraktumok elkészítése

Az összes polifenol tartalom (TPC) és antioxidáns kapacitás vizsgálatokhoz a kekszekből vizes extraktumokat készítettem a következő módon: 1 g kekszmintát centrifugacsőbe mértem, hozzáadtam 10 ml desztillált vizet, és erőteljes rázással homogenizáltam. Ezután 1 órán át tartó ultrahangos kezelésnek vettem alá, majd 11000 rpm-en centrifugáltam 10 percig. Automata pipettával 1,5 ml felülúszót átvittem Eppendorf csövekbe, és -20 ± 2 °C-on tároltam felhasználásig. Minden mintából négy párhuzamos extraktumot állítottam elő, így az összpolicfenol tartalom és antioxidáns kapacitás méréseket négy ismétlésben végeztem.

4.2.3.2. Összes polifenol tartalom meghatározása

A módszer elve: Az összes polifenol tartalom meghatározáshoz a Singleton és Rossi (1965) által kifejlesztett módszert használtam. A vizsgálat Folin-Ciocalteu reagens alkalmazásával történt. A módszer elvi alapja, hogy a hat vegyértékű, sárga molibdén ion antioxidánsokkal való reakciója során öt vegyértékű, kék molibdén ion alakul ki, ami spektrofotometriásan mérhető.

A mérés menete: 1250 µl Folin-Ciocalteu oldatot automata pipettával tiszta kémcsövekbe mértem, majd hozzáadtam 200 µl metanol:desztillált víz (80:20) elegyet. Ezt követően a minta extraktumokból 100 µl-t adagoltam hozzá. Egy perc után 1000 µl 0,7 M-os NaCO₃ oldatot is hozzáadtam. A kémcsöveket vortexeltem, majd 50 °C-os vízfürdőbe helyeztem a reakció felgyorsítása érdekében. 5 perc elteltével az oldatot áttöltöttem műanyag küvettaiba, és 765 nm-es hullámhosszon mértem az abszorbanciát, vakoldattal szemben. A fenol-vegyületek mennyiségét kalibrációs görbe segítségével határoztam meg. A kalibrációs görbe

felvételéhez galluszsav oldatokat készítettem. Az eredményt mg GAE (galluszsav ekvivalens)/100g mintára vonatkoztatva fejeztem ki.

4.2.3.3. Antioxidáns kapacitás meghatározása vasredukáló képesség mérésén alapuló (FRAP) módszerrel

A módszer elve: A módszer kidolgozása Benzie és Strain (1996) nevéhez köthető. A reakció során a TPTZ komplexet az antioxidánsok redukálják, lila színű reakcióterméket eredményezve, ami spektrofotometriásan mérhető.

A mérés menete: A vizsgálat elős lépése, hogy elkészíttem a FRAP reagenst, amely a következő vegyszereket tartalmazta 10:1:1 arányban: nátrium acetát puffer (300mM, pH=3,6), vas-klorid (III) (20 mM) és TPTZ oldat (10 mM). Ezt követően 1500 µl FRAP reagenst tiszta kémcsövekbe mértem, majd hozzáadtam 50 µl-t a minta extraktumokból. A kémcsövet összeráztam, majd pontosan 5 perc elteltével az oldatot áttöltöttem műanyag küvettába, és 593 nm-es hullámhosszon mértem az abszorbanciáját, vakoldattal szemben. A kalibrációs görbe felvételéhez aszkorbinsav standard oldatokat használtam. Az eredményt mg AAE (aszkorbinsav ekvivalens)/100g mintára vonatkoztatva fejeztem ki.

4.2.3.4. Antioxidáns kapacitás meghatározása troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás (TEAC) módszerrel

A módszer elve: A módszert Miller és munkatársai (1993) írták le. A reakció alapja az ABTS peroxilgyök által előidézett oxidáció, melynek során sötétzöld színű ABTS^{•+} kation gyök keletkezik.

A mérés menete: A folyamat első lépése a peroxil gyök elkészítése, amelyhez 39,2 µl kálium perszulfátot (125 mM) és 1960,8 µl 2,2'-azino-bis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) oldatot összekevertem és homogenizáltam. Az így elkészített oldatot sötét szekrénybe raktam, majd másnap 80-szorosra hígítottam foszfát pufferrel (pH=7,4). Az oldat abszorbanciáját 734 nm-en beállítottuk 700(±2)-ra. A minták vizsgálata során tiszta kémcsöbe pipettáztam 1950 µl ABTS oldatot, majd 40 µl minta extraktumot. 5 percig rázattam, majd 734 nm-en mértem az abszorbanciáját, foszfát pufferrel szemben. A kalibrációs görbe felvételéhez trolox standard oldatokat használtam. Az eredményt mg TE (trolox ekvivalens)/100g mintára vonatkoztatva fejeztem ki.

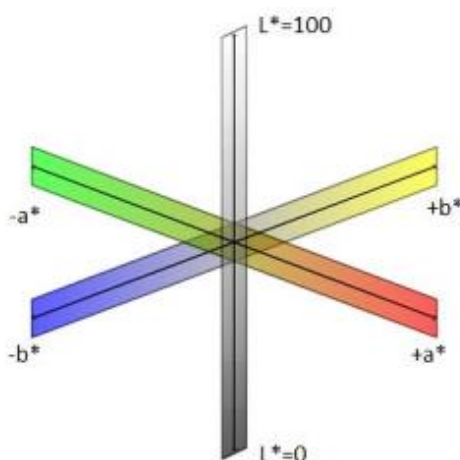
4.2.3.5. Antioxidáns kapacitás meghatározása 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) módszerrel

A módszer elve: A stabil DPPH[•] gyök megkötésén alapuló antioxidáns kapacitást mérő módszer (Blois, 1958) során a stabil, sötétlila színű, szerves nitrogén-gyök antioxidáns vegyülettel reagálva elveszíti a színét, ami spektrofotometriásan nyomon követhető.

A mérés menete: A reagens elkészítéséhez 9 mg 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)-t feloldottam 100 ml metanolban egy sötét színű üvegben. A minták vizsgálatához zárható kémcsövekbe pipettáztam 1000 µl DPPH reagenst, 200 µl minta extraktumot és 800 µl desztillált vizet. 30 percig sötétben tároltam az oldatokat, majd, majd 517 nm-es hullámhosszon mértem az abszorbanciájukat, desztillált vízzel szemben. A kalibrációs görbe felvételéhez trolox standard oldatokat használtam. Az eredményt mg TE (trolox ekvivalens)/100g mintára vonatkoztatva fejeztem ki.

4.2.4. Színmérés

A vizsgált kekszere jellemző színparamétereket Konica Minolta CR-410 színmérő eszköz segítségével mértem. A műszer kalibrálása etalon csempelapra történt. A kekszektől 12 párhuzamos vizsgálatot végeztem úgy, hogy a készülék mérőfejét a kekszek felületére helyeztem, és a villanó fény elsütése után néhány másodperccel a műszer kiírta az L*, a* és b* koordinátákat. Az L* a feketétől (0) fehérig (100) terjedő világosságot jelöli, míg az a* a piros-zöld színt (a* > 0 a vörösséget, az a* < 0 a zöltséget jelöli), a b* pedig a sárga-kék színt írja le (b* > 0 a sárgaságot, a b* < 0 a kékséget) (10. ábra).



10. ábra: A CIELAB színrendszer (Internet 4)

A színárnyalat egy minőségi színparaméter, amely egy pont vagy tengely körüli szöghelyzetre utal a színtér koordinátadiagramján. A színtelítettség (chroma) egy kvantitatív színparaméter, amely egy árnyalat erősségeként definiálható. A minták színárnyalati szögeit (h°) és színtelítettségét (C^*) a következő egyenletekkel számítottuk ki:

$$h^\circ = \tan^{-1} \frac{b^*}{a^*}$$

$$c^* = \sqrt{(a^{*2} + b^{*2})}$$

Ezen kívül minden mintapárra vizsgáltam a teljes színkülönbségeket (ΔE^*_{ab}), a következő képlet segítségével:

$$\Delta E^*_{ab} = \sqrt{(L_x^* - L_y^*)^2 + (a_x^* - a_y^*)^2 + (b_x^* - b_y^*)^2}$$

4.2.5. Statisztikai elemzés

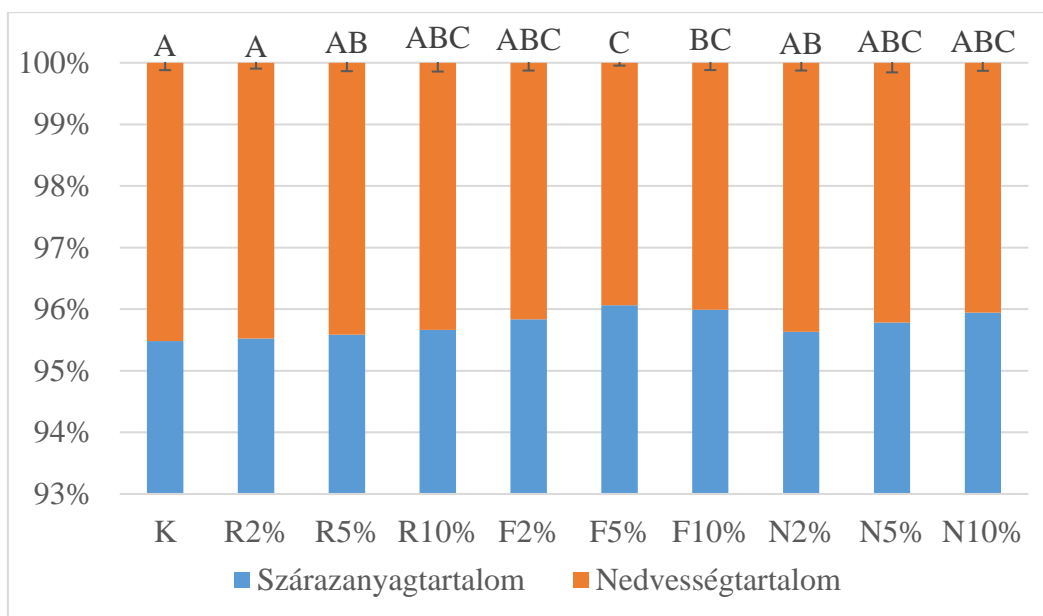
A nedvesség-, nyersfehérje-, nyerszsír-, szénhidrát-, hamu- és energiatartalom meghatározásokat, valamint az összpolicfenol tartalom (TPC) és antioxidáns kapacitás méréseket négy párhuzamosban végeztük, míg a kekszek színparamétereinek vizsgálata 12 párhuzamos méréssel történt. A színparaméterek esetében ANOVA-t alkalmaztunk Tukey HSD post hoc teszttel a kekszek közötti statisztikai különbségek meghatározására ($\alpha = 0,05$). A beltartalmi paraméterek esetében a statisztikai különbségeket Kruskal–Wallis nemparaméteres teszttel és Dunn-féle páronkénti összehasonlítással határoztuk meg, Bonferroni korrekcióval ($\alpha = 0,05$). A statisztikai kiértékeléshez XLSTAT programot (Addinsoft, Long Island, NY, USA, 2016) használtunk.

5. Kísérleti eredmények és értékelésük

Az anyagok és módszerek fejezetben bemutatott mérések és számítások eredményei, valamint kiértékelésük az 5.1.-5.5. fejezetekben kerülnek bemutatásra.

5.1. Szárazanyag-tartalom vizsgálat eredményei

A 11. ábrán látható a párhuzamosan vizsgált minták szárazanyag-tartalmának, illetve nedvességtartalmának átlag értéke százalékosan megosztva, egymáshoz viszonyítva.



11. ábra: A kekszek szárazanyag-és nedvességtartalmának százalékos eloszlása

Ahogy a diagrammon látható, a legnagyobb nedvességtartalma a kontroll mintának van, így ennek a legkevesebb a szárazanyag-tartalma. A legmagasabb szárazanyag-tartalommal az 5%-ban facélia pollenjét tartalmazó keksz rendelkezik, ez 96,06% míg a kontroll mintáé 95,48%. A dúsított kekszek közül a legkevesebb szárazanyag-tartalom a 2%-ban repce pollenjét tartalmazó keksz esetében fordult elő, ez az érték 95,52%. Tehát viszonylag alacsony különbségek figyelhetők meg a nedvességtartalom tekintetében, amelyből arra lehet következtetni, hogy a felhasznált virágporok szárítását azonos vagy hasonló paraméterek mellett végezték.

5.2. Makrotápanyagok vizsgálata

A makrotápanyagok vizsgálata során kapott eredmények az 2. táblázatban kerülnek bemutatásra:

2. táblázat: Makrotápanyagok koncentrációja az elkészített kekszekben

	Szénhidrát tartalom (%)	Nyersfehérje tartalom (%)	Nyerszsírtartalom (%)	Hamutartalom (%)
K	77,66±0,47 ^{abc}	5,43±0,13 ^c	11,35±0,27 ^{ab}	1,05±0,12 ^b
R2%	77,64±0,49 ^{abc}	5,58±0,19 ^{abc}	11,21±0,58 ^{ab}	1,09±0,05 ^b
R5%	77,10±0,17 ^{abc}	5,74±0,08 ^{abc}	11,66±0,37 ^{ab}	1,09±0,15 ^b
R10%	76,08±0,39 ^{bc}	6,49±0,30 ^{ab}	11,72±0,17 ^{ab}	1,38±0,04 ^a
F2%	77,03±0,63 ^{abc}	5,54±0,24 ^{abc}	12,18±0,35 ^a	1,08±0,01 ^{ab}
F5%	75,99±0,67 ^c	6,08±0,20 ^{abc}	12,83±0,5 ^a	1,16±0,02 ^{ab}
F10%	76,24±0,73 ^{bc}	6,56±0,09 ^a	12,06±0,65 ^{ab}	1,13±0,07 ^{ab}
N2%	78,06±0,39 ^{ab}	5,56±0,22 ^{abc}	10,91±0,40 ^b	1,10±0,04 ^{ab}
N5%	78,45±0,61 ^a	5,46±0,24 ^{bc}	10,70±0,66 ^b	1,18±0,10 ^{ab}
N10%	77,32±0,43 ^{abc}	5,44±0,18 ^c	12,08±0,40 ^{ab}	1,10±0,08 ^{ab}

Hamutartalom tekintetében egyedül a 10%-ban repce virágporcsomóval dúsított keksz mutatott szignifikáns eltérést a kontroll mintához képest. Mivel nem figyeltünk meg jelentős különbségeket a kontroll és a napraforgó, illetve facélia pollenekkel dúsított kekszek között, arra következtethetünk, hogy a virágporban nagyságrendileg hasonló mennyiségben vannak jelen ásványi anyagok, mint a búzalisztben.

Krystijan és munkatársai (2015) virágporral dúsított kekszek vizsgálata során megállapították, hogy a virágporral történő dúsítás nem mutatott szignifikáns eltérést a nyerszsírtartalom tekintetében. Ahogy a makrotápanyagokat összefoglaló táblázatban is látszik, a nyerszsírtartalom mérése során az általam kapott eredmények is igazolják, hogy a virágporcsomókkal dúsított kekszek egyik koncentrációban sem különböznek szignifikánsan a kontroll mintától.

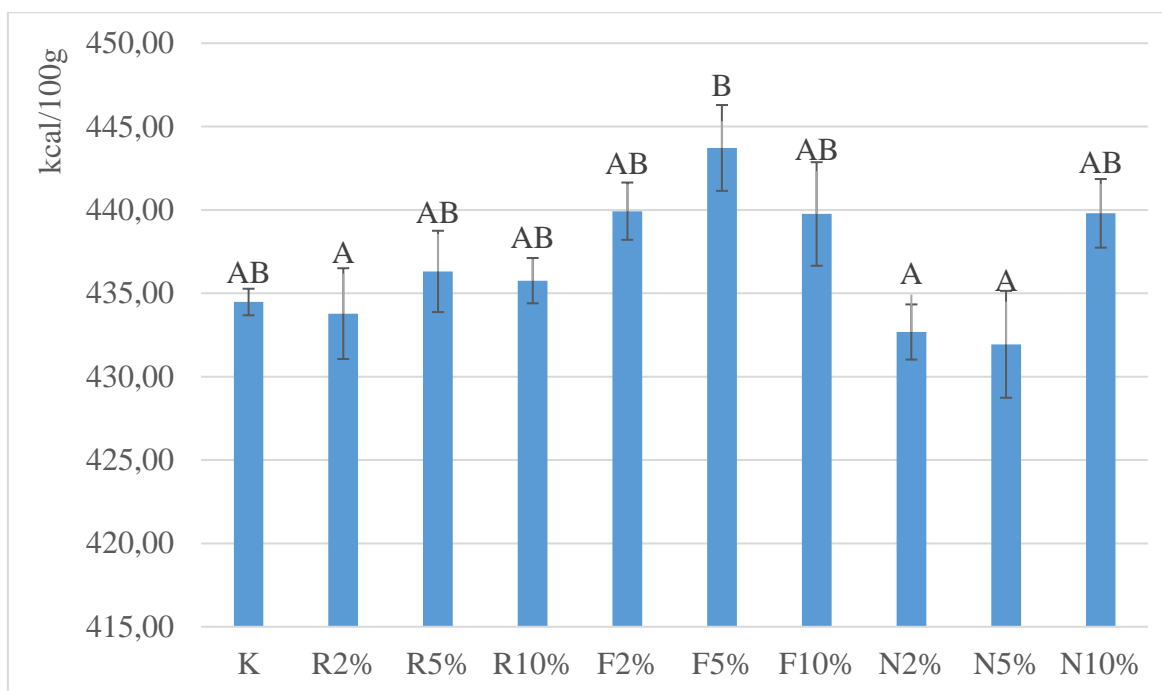
A nyersfehérjetartalom statisztikai értékeit vizsgálva megállapítható, hogy a kontroll mintához képest a 10%-ban facélia virágporcsomót tartalmazó és a 10%-ban repce pollennel dúsított keksz különbözik szignifikánsan. Ahogy Solgajová és munkatársai (2014) is megfigyelték kutatásuk során, a mérés eredményeit tekintve elmondható, hogy minden

pollennel dúsított keksz magasabb nyersfehérje tartalommal rendelkezik, mint a kontroll minta. Megfigyelhető, hogy a 2%-os koncentrációban dúsított kekszek esetében az értékek nagyon hasonlóak, mégis a repce pollennel dúsított mintában található a legtöbb nyersfehérje, míg a napraforgó pollennel dúsítottban a legkevesebb. Az is megfigyelhető, hogy míg a repce és a facélia virágpórárt alkalmazva a mintában a pollen koncentrációjának növekedésével párhuzamosan a bennük található nyersfehérje tartalom is nőtt, a napraforgó pollent tartalmazó kekszek esetében virágpór koncentrációja nem befolyásolta szignifikánsan a nyersfehérje tartalmat. Ennek hátterében az állhat, hogy a repce és a facélia pollennel dúsított kekszek fehérjetartalma általában 25% feletti, míg a napraforgóé csak 15% (Pernal és Currie, 2000).

A szénhidrát-tartalom tekintetében elmondható, hogy a kontroll mintához képest egyik dúsított keksz sem mutatott szignifikáns eltérést. Ennél a mérésnél azt az eredményt kaptuk, hogy a napraforgó pollennel dúsított keksz 5%-os koncentrációban tartalmazó keksz mutatta a legmagasabb értéket. Legalacsonyabb szénhidrát-tartalommal pedig az 5%-ban facélia pollennel dúsított keksz rendelkezik, ezt követi a 10%-ban repce pollent tartalmazó minta. Megfigyelhetjük, hogy a kontroll mintához képest csak a napraforgóból származó virágpórral dúsított kekszek rendelkeznek magasabb szénhidrát-tartalommal, ezek közül is a 2, és 5%-os koncentrációban tartalmazóak, viszont statisztikailag szignifikáns különbségeket nem figyeltünk meg a szénhidrát-tartalom tekintetében. A Krystyjan és munkatársai (2015) által végzett kutatás során az volt megfigyelhető, hogy minél magasabb koncentrációban tartalmazza az adott virágpórcsomót a minta, annál alacsonyabb a szénhidrát-tartalom. Ezt az állítást a mérésünk során kapott eredményeket vizsgálva nem tudjuk egyértelműen igazolni; a 10%-ban facélia virágpórcsomóval dúsított keksz esetében magasabb szénhidrát-tartalmat figyelhetünk meg, mint az 5%-ban tartalmazó esetében. Elmondható, hogy Campos és munkatársai (2008), illetve Thakur és Nanda (2020) adatai alapján, miszerint a virágpór szénhidrát-tartalma átlagosan 54,22%, a kekszek mindegyike magasabb szénhidrát-tartalommal rendelkezik, mint a virágpór. Ennek oka lehet a kekszek liszt tartalma, melynek szénhidrát-tartalma kb. 71% (Internet-5).

5.3. Energiatartalom vizsgálata

Az energiatartalom becslés eredményeit kilokalóriában kifejezve a 12. ábra mutatja be.



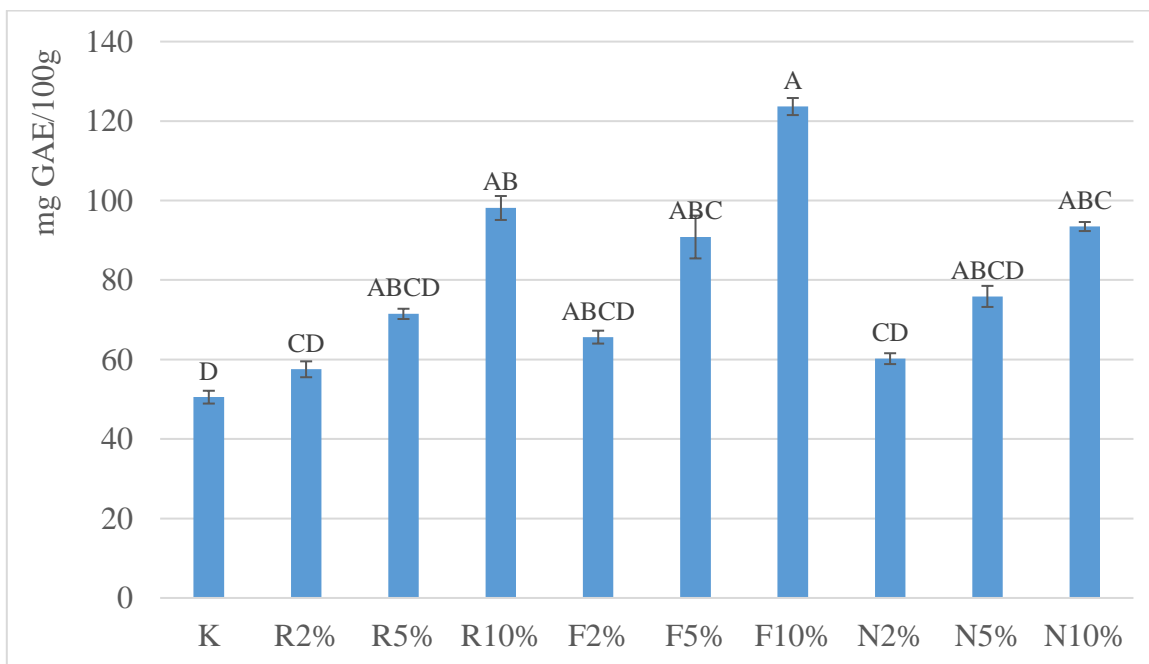
12. ábra: Energiatartalom értékek

A diagrammot vizsgálva elmondhatjuk, hogy a virággporral való dúsítás nem befolyásolta szignifikánsan a minták energiatartalmát a kontroll kekszhez képest. A napi szükséges energiabevitel kortól, nemtől, és fizikai aktivitástól függően változik (Internet 6). Míg a Krystyan és munkatársai (2015) által vizsgált kekszek kcal tartalma 100 grammra vonatkoztatva 474 kcal és 479 kcal között mozog, a kontroll keksz energiatartalma pedig 486 kcal, az általam vizsgált kekszekenél a legalacsonyabb energiatartalom az 5%-ban napraforgó pollenek dúsított keksznél volt megfigyelhető, ennek értéke 430,94 kcal/100 g, a legmagasabb pedig az 5%-ban facéliát tartalmazó keksznél jelentkezett, ami 443,72 kcal/100 g volt. Az általam készített kontroll minta energiatartalma 100 grammra vonatkoztatva 434,48 kcal volt. Véleményem szerint a korábbi tanulmányhoz képest az összetevők mennyiségének különbözősége okozhatta az általam vizsgált kekszek esetében az alacsonyabb energiatartalmat.

5.4. A polifenol- és antioxidáns kapacitás vizsgálatok eredményei

5.4.1. Az összes polifenol tartalom eredményei

Az összes polifenol tartalom (TPC) mérés eredményeit a 13. ábrán foglaltam össze.



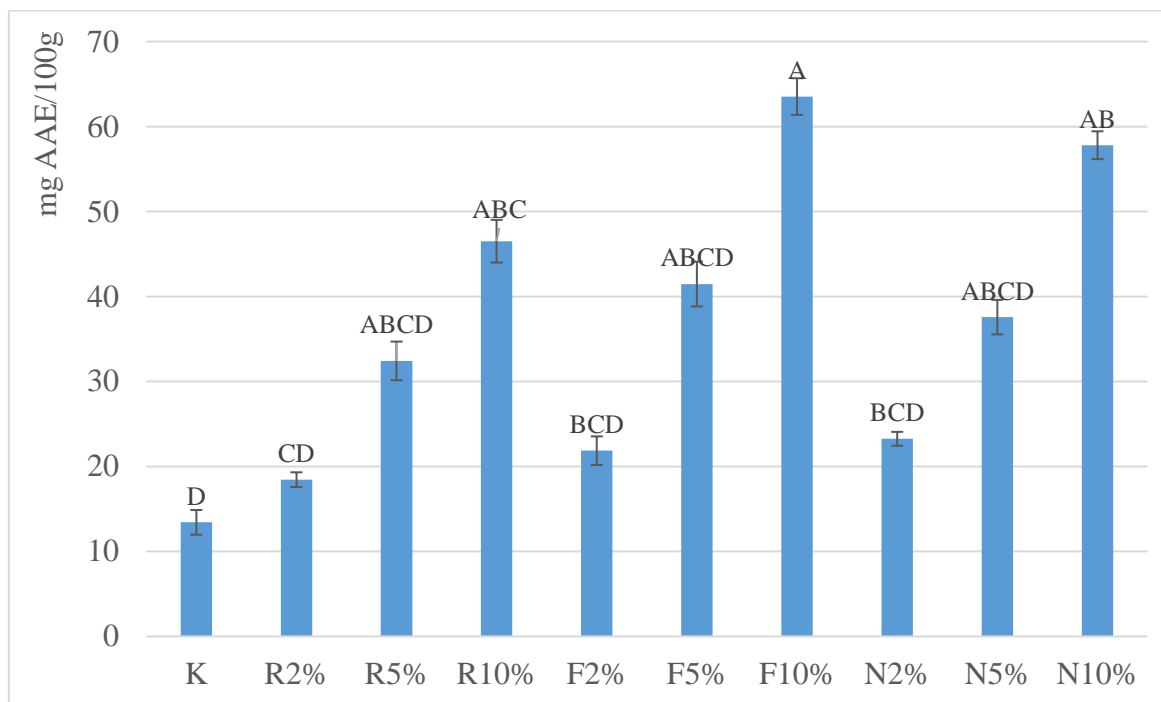
13. ábra: A kekszek összes polifenol tartalma

A táblázat eredményeiből jól látható, hogy a virággal való dúsítás minden pollen fajta és koncentráció esetében megnövelte az összes polifenol tartalomra mért értéket a kontroll mintához képest. A mérés eredményeiből megállapíthatjuk, hogy a 10%-ban facélia virággal dúsított keksz rendelkezik a legnagyobb polifenol tartalommal. Összességében elmondható, hogy az azonos százalékokban dúsított kekszek közül minden esetben a facéliával dúsított minták rendelkeznek a legmagasabb polifenol tartalommal. A kontroll mintához viszonyítva a 10%-ban dúsított kekszek és az 5 %-ban facélia pollennel dúsított keksz mutattak szignifikáns eltérést.

5.4.2. Az antioxidáns kapacitás eredményei

5.4.2.1. Vasredukáló képesség mérésén alapuló (FRAP) módszer eredményei

A vasredukáló képességen alapuló antioxidáns kapacitás (FRAP) eredményeit a 14. ábra tartalmazza.

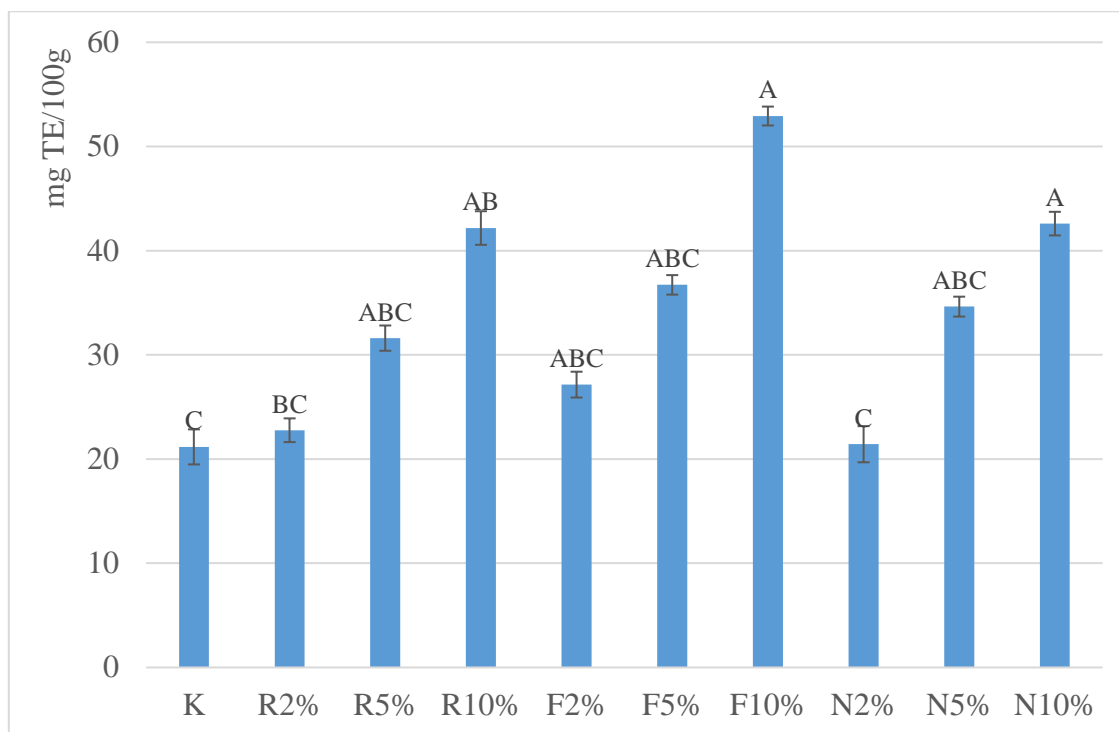


14. ábra: Vasredukáló képesség mérésén alapuló (FRAP) módszerrel mért antioxidáns kapacitás

A diagram értékei azt mutatják, hogy a pollennel dúsított kekszek mindegyikének nagyobb az antioxidáns kapacitása, mint a kontroll mintának. A vizsgálatok alapján a 10%-os koncentrációban facélia pollent tartalmazó keksznek a legnagyobb az antioxidáns kapacitása, ezt követi a 10%-ban napraforgó virágporsomóval dúsított minta. Az elvégzett módszer szerint a legalacsonyabb értéket a kontroll minta, majd a 2%-ban repce pollenjével dúsított keksz produkálta. Az azonos koncentrációban dúsított kekszeket összehasonlítva elmondható, hogy a repce virágporsomóit tartalmazó kekszek rendelkeznek a legalacsonyabb FRAP értékekkel. A statisztikai elemzést áttekintve megállapítható, hogy mind a repce, mind a napraforgó, mind a facélia esetében csak a 10%-os dúsításnál volt megfigyelhető szignifikáns növekedés a kontroll mintához képest.

5.4.2.2. Troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás (TEAC) módszer eredményei

A troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás (TEAC) módszer eredményeit a 15. ábrán foglaltam össze.

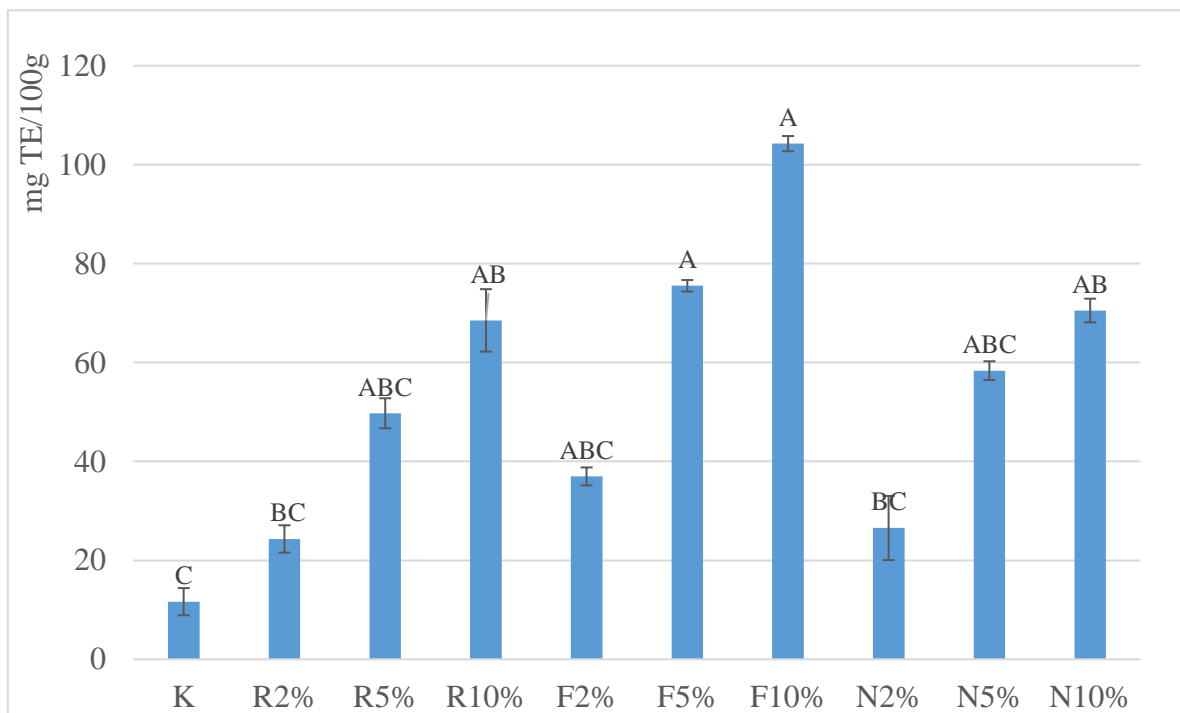


15. ábra: A troloxra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás (TEAC) módszerrel mért antioxidáns kapacitás

A TEAC módszer esetében a legmagasabb antioxidáns kapacitással rendelkező minta szintén a 10%-ban facélia virágporcsomót tartalmazó keksz volt. Ugyanakkor elmondhatjuk, hogy az azonos koncentrációban, különböző virágporcsomókkal dúsított kekszeket összevetve minden esetben a facélia pollent tartalmazó kekszek rendelkeznek a legmagasabb antioxidáns kapacitás értékkel. Krystyjan és munkatársai (2015) az általuk vizsgált kekszek esetében megállapították, hogy az azonos virágporcsomókkal vizsgált kekszek esetében a koncentráció növekedésével az antioxidáns kapacitás is nő. Ezt az állítást az általam mért eredmények is alátámasztják. A statisztikai elemzés során kapott eredményeket vizsgálva megállapíthatjuk, hogy a kontroll mintától szignifikánsan különböznek a 10%-os koncentrációban dúsított kekszek.

5.4.2.3. 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) módszer eredményei

A 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) módszer eredményeit a 16. ábrán foglaltam össze.

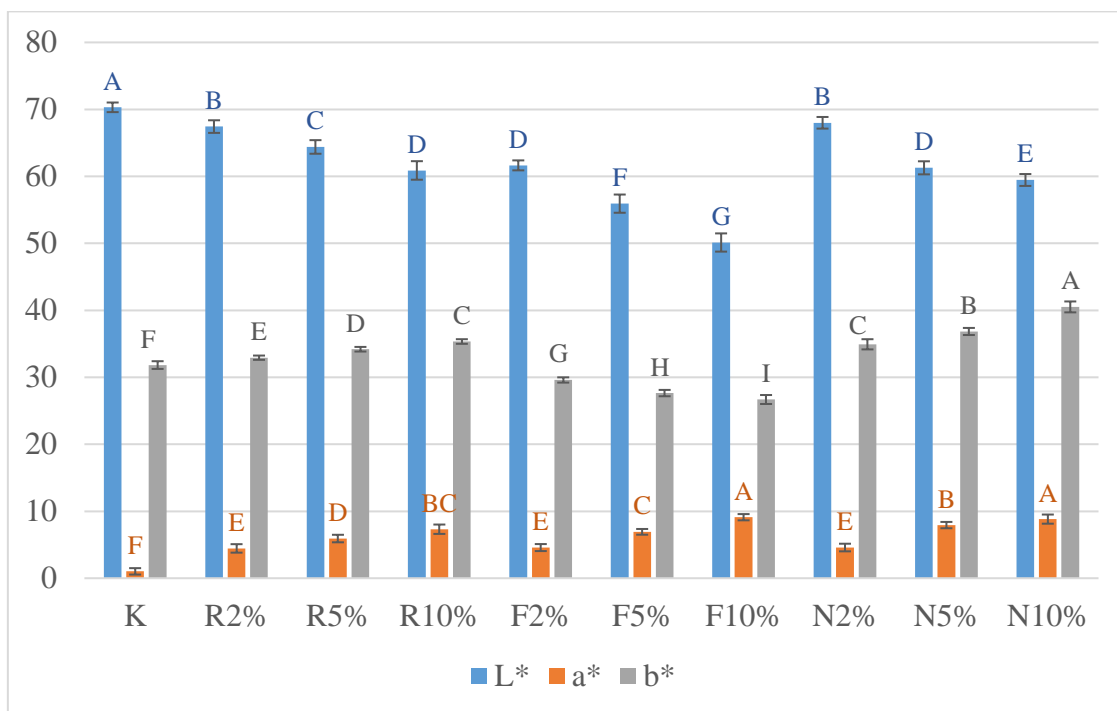


16. ábra: A 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) módszerrel mért antioxidáns kapacitás

A diagram eredményeiből látható, hogy a DPPH módszer alkalmazásával is 10%-ban facélia virágporcsomóval dúsított keksz antioxidáns kapacitása a legmagasabb. Ennél a vizsgálatnál is megállapítható, hogy az azonos koncentrációban különböző virágporcsomókkal dúsított kekszek közül a facélia pollenjével dúsított kekszek rendelkeznek a legmagasabb antioxidáns kapacitás értékkel. Ugyanakkor ennél a mérésnél már 10%-ban dúsított minták mellett az 5%-ban facélia virágporcsomóval való dúsítás is szignifikáns különbséget produkált a kontroll mintához képest.

5.5. Színmérés eredményei

A mérés során kapott CIELAB értékeket (L^* , a^* , b^*) a 17. ábra, a számított C^* és h° értékeket pedig a 18. ábra tartalmazza.



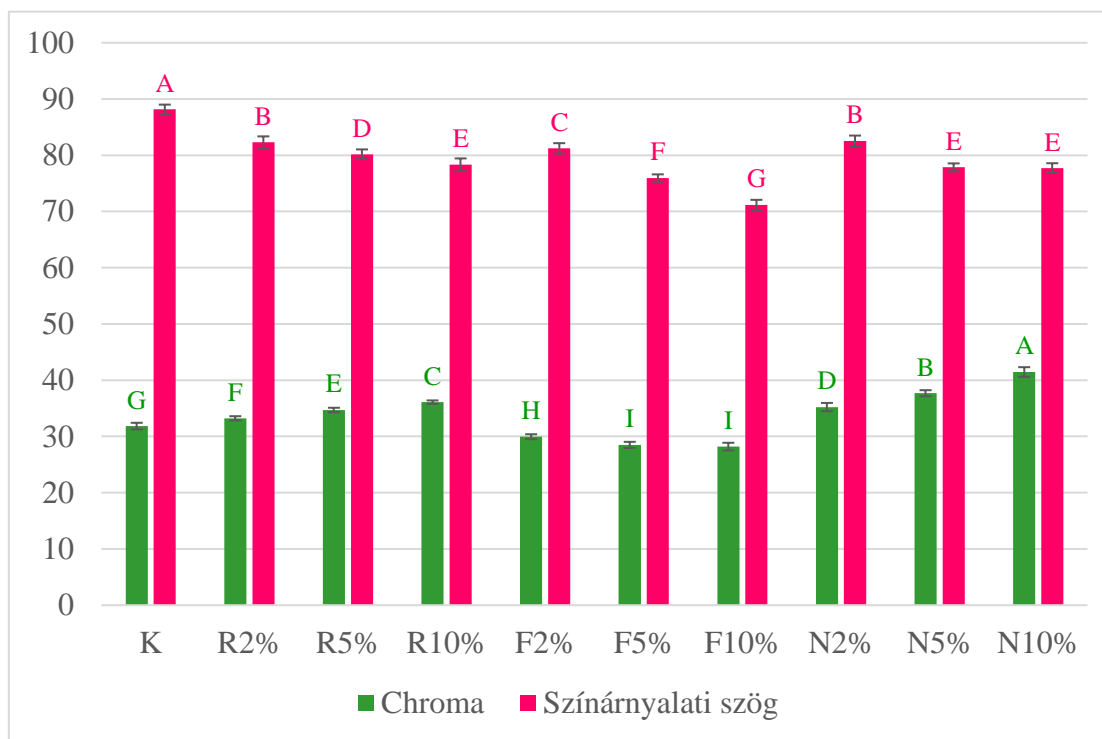
17.ábra: A mérés során kapott színkoordináták

Az eredmények alapján megfigyelhető, hogy a kekszek világossága a pollenkoncentráció növekedésével csökkent. Ez annak tudható be, hogy a kekszhez adott pollenek színe jóval sötétebb árnyalattal rendelkezik, mint a búzaliszt. Ahogy a kekszekről készült kép (7. ábra) is mutatja, és a mérés is alátámasztotta, a 10%-ban facélia pollennel dúsított keksz rendelkezik a legsötétebb színnel. Általánosságban elmondható, hogy az adatokat vizsgálva a virágpor-hozzáadásból adódó világosság-beli különbség a facélia esetében a legnagyobb, ezt követin a napraforgó és a repce pollenjével dúsított kekszek.

Ahogy Krystyjan és munkatársai 2015-ös kutatása is igazolja, a termékek színének kialakulásában a Maillard-reakció is szerepet játszott, ami a redukáló cukor és az aminosavak között jött létre a hőkezelés hatására. Mivel a virágporcsozókkal dúsított kekszek magasabb fehérjetartalommal rendelkeznek, mint a kizárólag búzalisztet tartalmazó kontroll minta, és a

tésztában lévő redukáló cukrok virágporból származnak, a pollent tartalmazó kekszben képződő melanoidinek mennyisége magasabb, mint a kontroll mintában megtalálhatók.

Megfigyelhető, hogy a pollenkoncentráció növekedésével a kekszek vörössége (a^*) is nőtt. A sárga szín értéke (b^*) a repce és a napraforgópollen koncentráció növekedésével nőtt, azonban a facélia pollennel dúsított kekszek esetében ez nem mondható el.



18. ábra: A színkoordinátákból számított chroma (C^*) és színárnyalati szög (h°) értékek

A színtelítettséget (chroma) tekintve a vizsgálat eredményei arra utalnak, hogy a búzaliszt repce vagy napraforgó pollenekkel való helyettesítése növeli ezen paraméter értékét a kekszekben, míg a facélia pollen tartalmú minták szignifikánsan alacsonyabb chroma értéket mutatnak a kontrollhoz képest. Megfigyelhető, hogy ezek a különbségek a pollenkoncentráció növekedésével nőnek. A színárnyalat (h°) a szín minőségi paramétere, amelyet a pollen hozzáadása is befolyásolt, mivel az egyes pollenek színe jelentősen eltért a búzalisztól. A CIELAB színkoordinátáiból minden mintapárra kiszámítottuk a teljes színkülönbséget (ΔE^*ab), ezeknek a számításoknak az értékei a 3. táblázatban kerülnek bemutatásra.

3. táblázat: Minták közötti teljes színelkülönbség vizsgálat eredményei (ΔE^*ab)

	K	R 2%	R 5%	R 10%	F 2%	F 5%	F 10%	N 2%	N5%	N 10%
K	-	4,6	8	11,9	9,6	16,1	22,3	5,3	12,4	15,9
R 2%		-	3,6	7,5	6,7	12,9	19	2,1	8,1	11,8
R 5%			-	3,9	5,5	10,8	16,4	3,9	4,6	8,5
R 10%				-	6,4	9,2	13,9	7,6	1,7	5,6
F 2%					-	6,5	12,7	8,3	8	11,9
F 5%						-	6,3	14,3	10,7	13,5
F 10%							-	20,2	15,1	16,7
N 2%								-	7,8	11,1
N 5%									-	4,2
N 10 %										-

Mokrzycki és munkatársai (2011) tanulmányából idézve az emberi szem által észlelt színelkülönbségeket az alábbiak szerint tudjuk csoportosítani:

- $\Delta E^*ab < 1$ „a megfigyelő nem érzékeli a különbséget”,
- $1 < \Delta E^*ab < 2$ „csak tapasztalt megfigyelő érzékeli a különbséget”,
- $2 < \Delta E^*ab < 3,5$ „a tapasztalatlan megfigyelő is érzékeli a különbséget”,
- $3,5 < \Delta E^*ab < 5$ „egyértelmű színelkülönbség észlelhető”,
- $5 < \Delta E^*ab$ „a megfigyelő két különböző szintet észlel”

A 3. táblázatban szereplő adatokat vizsgálva elmondható, hogy minden keksz megkülönböztethető a többitől, ugyanakkor az 5%-ban napraforgó pollent tartalmazó és a 10%-ban repce pollent tartalmazó kekszek közti színelkülönbséget „csak tapasztalt megfigyelő” veheti észre, hiszen a teljes színelkülönbség érték ennél a két mintánál 1,7 volt.

A számadatok alapján pedig az is megállapítható, hogy a legjelentősebb színbeli különbség ($\Delta E^*ab = 22,3$) a kontroll keksz és a 10%-ban facélia pollennel helyettesítő keksz között áll fent.

6. Összefoglalás

A szakdolgozatomhoz kapcsolódó kísérletek során 2, 5 és 10%-os koncentrációban repce (*Brassica napus* L.), napraforgó (*Helianthus annuus* L.) és facélia (*Phacelia tanacetifolia* L.) pollennel dúsított kekszek makrotápanyag-összetételét, energiatartalmát, antioxidáns tulajdonságait és színparamétereit vizsgáltam, majd hasonlítottam össze őket egymással. Céлом tehát ezen sütőipari termékek tápértékének javítása volt.

Az eredmények kiértékelése alapján megállapítható, hogy táplálkozási szempontból a 10%-ban facéliával dúsított keksz jellemezhető a legjobb tápértékkel, míg a legrosszabbal pedig a kontroll keksz. Azt is láthatjuk, hogy a napraforgóról származó pollen a mért értékek miatt kevésbé alkalmas a dúsításra, mint a facéliáról vagy repcéről származók. A korábbi kísérletekhez hasonlóan az általam elvégzett mérések is igazolják, hogy a virággporral való dúsítás pozitív hatással volt mind a fehérjetartalomra, mind az antioxidáns kapacitásra, mind a polifenoltartalomra. Tehát a pollennel való dúsítás során a vizsgált mintáknak valóban javult a tápértéke a kontroll mintához viszonyítva, így érdemes lehet további vizsgálatokat végezni a pollen, mint funkcionális élelmiszerösszetevő alkalmazására. Eredményeim alapján a pollenek hozzáadása jelentősen befolyásolta a keksz színét. Azt is megfigyeltem, hogy a különböző pollenekkel dúsított kekszek között műszeresen kimutatható, és szemmel is jól látható színekülönbségek vannak.

Véleményem szerint a repce, napraforgó és facélia pollenek mellett hasznos lenne elvégezni más növények pollenjeivel is a kísérleteket, lehetőleg olyanokkal, amiket a méhek előszeretettel gyűjtenek, például szelídgesztenye pollennel. Az általam elvégzett mérések mellett érdemes lehet a virággporcsomókkal dúsított kekszek aminosav összetételének elemzése is, érdekes lenne megvizsgálni, hogy a dúsítás hogyan befolyásolta a kekszek ezen komponensét. Mivel a termékfejlesztés során a kekszek érzékszervi és állománybeli tulajdonságai meghatározó szempontok, így érdemes lenne ezeket is vizsgálni, illetve egy fogyasztói kedveltségtesztet is elvégezni, melyből kiderülne, hogy az esetleges fogyasztók milyen tulajdonságokat vélnek felfedezni a kekszekben, és mennyire preferálják a különféle virággporcsomókkal történő dúsítást.

7. Felhasznált irodalom

1. AACC (1980): AACC Approved Method 10-50D: Baking Quality of Cookie Flour.
2. Adhikari, A., Adhikari, B., Dhungana, S. K., Lee, K. E., GC, A., Kang, S. M., ... & Lee, I. J. (2021): Effect of bee pollen and probiotics on growth performance, organs, and thigh meat pH of broiler cobb 500. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 79-82. DOI: <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2017.7.1.79-82>
3. Ares, A. M., Valverde, S., Bernal, J. L., Nozal, M. J., & Bernal, J. (2018): Extraction and determination of bioactive compounds from bee pollen. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 147, 110-124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jpba.2017.08.009>
4. Asmae, E. G., Nawal, E. M., Bakour, M., & Lyoussi, B. (2021): Moroccan monofloral bee pollen: botanical origin, physicochemical characterization, and antioxidant activities. *Journal of Food Quality*, 2021, 1-10. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/8877266>
5. Benzie, I. F. F., Strain, J. J. (1996): The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power". The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1): 70-76. DOI: 10.1006/abio.1996.0292
6. Bertonecelj, J., Polak, T., Pucihar, T., Lilek, N., Kandolf Borovšak, A., & Korošec, M. (2018): Carbohydrate composition of Slovenian bee pollens. *International Journal of Food Science & Technology*, 53(8), 1880-1888. DOI: <https://doi.org/10.1111/ijfs.13773>
7. Blois, M. S. (1958): Antioxidant determination by the use of stable free radical. *Nature*. 181(1): 1199-1200.
8. Bogdanov, S. (2012): Pollen: Nutrition, functional properties, health. *Magnesium*, 20, 350.
9. Campos, M. G. R., Frigerio, C., Lopes, J., & Bogdanov, S. (2010): What is the future of Bee-Pollen. *Journal of ApiProduct and ApiMedical Science*, 2(4), 131-144.
10. Conte, P., Del Caro, A., Balestra, F., Piga, A., & Fadda, C. (2018): Bee pollen as a functional ingredient in gluten-free bread: A physical-chemical, technological and sensory approach. *LWT*, 90, 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.12.002>
11. Dabbs, D. M., Mulders, N., Aksay, I. A. (2006): Solvothermal removal of the organic template from L3 ("sponge") templated silica
12. de Florio Almeida, J., dos Reis, A. S., Heldt, L. F. S., Pereira, D., Bianchin, M., de Moura, C., ... & Carpes, S. T. (2017): Lyophilized bee pollen extract: A natural antioxidant source

- to prevent lipid oxidation in refrigerated sausages. *LWT-Food Science and Technology*, 76, 299-305. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.017>
13. Denisow, B., & Denisow-Pietrzyk, M. (2016): Biological and therapeutic properties of bee pollen: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96(13), 4303-4309. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.7729>
 14. Dóczy I. T., Fritz P. (2011): Szabadgyökök és antioxidánsok. *Recreation*. 1(4): 26-30. DOI: 10.21486/recreation.2011.1.4.2
 15. Dong, J., Yang, Y., Wang, X., & Zhang, H. (2015): Fatty acid profiles of 20 species of monofloral bee pollen from China. *Journal of Apicultural Research*, 54(5), 503-511. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1173427>
 16. Eddy, D. M. (1986). Setting priorities for cancer control programs. *Journal of the National Cancer Institute*, 76(2), 187-199. DOI: <https://doi.org/10.1093/jnci/76.2.187>
 17. El Ghouizi, A., Bakour, M., Laaroussi, H., Ousaid, D., El Menyiy, N., Hano, C., & Lyoussi, B. (2023): Bee Pollen as Functional Food: Insights into Its Composition and Therapeutic Properties. *Antioxidants*, 12(3), 557. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11130-018-0695-9>
 18. El-Sayed, F. A., Abataleb, T. A., Ahmed, H. E., Eissa, F. M., & El Rady, E. A. (2022): A multi-analytical approach for the archaeometric identification of natural dyes in Coptic Textiles, Nubia museum in Aswan, Egypt. *Aswan University Journal of Sciences and Technology*, 1-13.
 19. Feás, X., Vázquez-Tato, M. P., Estevinho, L., Seijas, J. A., & Iglesias, A. (2012): Organic bee pollen: botanical origin, nutritional value, bioactive compounds, antioxidant activity and microbiological quality. *Molecules*, 17(7), 8359-8377. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules17078359>
 20. Fekete-Frojimovics, Z., Lenkovics, B., & Horváth, K. M. (2017): Háztartási keksz fogyasztási szokásainak vizsgálata a Budapesti Gazdasági Egyetem vendéglátás-szálloda szakos hallgatóinak körében. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(3), 139-151. DOI: <https://doi.org/10.14232/jtgf.2017.3.139-151>
 21. Furusawa, E., Chou, S. C., Hirazumi, A., & Melera, A. (1995): Antitumour potential of pollen extract on lewis lung carcinoma implanted intraperitoneally in syngeneic mice. *Phytotherapy Research*, 9(4), 255-259. DOI: <https://doi.org/10.1002/ptr.2650090405>

22. Goubgou, M., Songré-Ouattara, L. T., Bationo, F., Lingani-Sawadogo, H., Traoré, Y., & Savadogo, A. (2021). Biscuits: A systematic review and meta-analysis of improving the nutritional quality and health benefits. *Food Production, Processing and Nutrition*, 3(1), 26. DOI: <https://doi.org/10.1186/s43014-021-00071-z>
23. Halliwell, B. (2007). Oxidative stress and cancer: have we moved forward?. *Biochemical Journal*, 401(1), 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1042/BJ20061131>
24. Herdon I., Nábrádi A. (2014): A piacra jutás lehetőségei a funkcionális élelmiszerek területén. *The Hungarian Journal of Nutrition Marketing*. 1(1-2): 55-56.
25. Hilliam, M. (2000): Functional food: how big is the market. *The World of Food Ingredients*, 12(50-52).
26. Huang, Z. (2010). Honey Bee Nutrition. *American Bee Journal*. 150(1): 773-776.
27. Ichikawa T. (1994): Functional Foods in Japan. In: Goldberg, I. (ed.): Functional foods – designer foods, pharmafoods, nutraceuticals. Chapman & Hall, New York. pp. 453-467.
28. Internet 1: The Nibble: History Of Cookies. <https://www.thenibble.com/Reviews/main/cookies/cookies2/cookie-history.asp>
29. Internet 2: Biológia 7. - II. Az élővilág rendszerezése - 17. A zárvatermők törzse (nkp.hu) https://nat2012.nkp.hu/tankonyv/biologia_7/lecke_02_017
30. Internet 3: Kjeldahl's method – India's Most Reliable Learning App for JEE Main, JEE Advanced, Class 11-12- Think Merit <https://blogs.thinkmerit.in/kjeldahls-method/>
31. Internet 4: CIELAB color space | TikZ example (texample.net) <https://texample.net/tikz/examples/cielab/>
32. Internet 5: Búza finomliszt kalória, fehérje, zsír, szénhidrát tartalma - kalóriaGuru.hu <https://www.xn--kalriaguru-ibb.hu/kaloriatablázat/buza-finomliszt-kaloria.php>
33. Internet 6: Napi kalóriaszükséglet: Így tudod kiszámítani [KÉPLET] - DIET.hu <https://diet.hu/napi-kaloriaszukseglet-igy-tudod-kiszamitani-keplet/>
34. Komosinska-Vassev, K., Olczyk, P., Kaźmierczak, J., Mencner, L., & Olczyk, K. (2015): Bee pollen: chemical composition and therapeutic application. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1155/2015/297425>
35. Konar, N., Gunes, R., Palabiyik, I., & Toker, O. S. (2022): Health conscious consumers and sugar confectionery: Present aspects and projections. *Trends in Food Science & Technology*. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.001>

36. Kostić, A. Ž., Barać, M. B., Stanojević, S. P., Milojković-Opsenica, D. M., Tešić, Ž. L., Šikoparija, B., ... & Pešić, M. B. (2015): Physicochemical composition and techno-functional properties of bee pollen collected in Serbia. *LWT-Food Science and Technology*, *62(1)*, 301-309. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.01.031>
37. Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Barać, M. B., Shariati, M. A., Tesić, Ž. L., Pesić, M. B. (2020): The application of pollen as a functional food and feed ingredient - *The present and perspectives. Biomolecules. 10(1)*: 84. DOI: [10.3390/biom10010084](https://doi.org/10.3390/biom10010084)
38. Kostić, A. Ž., Milinčić, D. D., Petrović, T. S., Krnjaja, V. S., Stanojević, S. P., Barać, M. B., ... & Pešić, M. B. (2019): Mycotoxins and mycotoxin producing fungi in pollen. *Toxins*, *11(2)*, 64. DOI: <https://doi.org/10.3390/toxins11020064>
39. Kroyer, G., & Hegedus, N. (2001): Evaluation of bioactive properties of pollen extracts as functional dietary food supplement. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, *2(3)*, 171-174. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1466-8564\(01\)00039-X](https://doi.org/10.1016/S1466-8564(01)00039-X)
40. Krystijan, M., Gumul, D., Ziobro, R., & Korus, A. (2015): The fortification of biscuits with bee pollen and its effect on physicochemical and antioxidant properties in biscuits. *LWT-Food Science and Technology*, *63(1)*, 640-646. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.03.075>
41. Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Rzepecka-Stojko, A., Balwierz, R., & Stojko, J. (2020): Bee products in dermatology and skin care. *Molecules*, *25(3)*, 556. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25030556>
42. Lehota J., Komáromi N. (2008): A funkcionális tejtermékek piaci lehetőségei Magyarországon. *Animal welfare, ethology and housing systems. 4(2)*: 28-530.
43. Liolios, V., Tananaki, C., Dimou, M., Kanelis, D., Goras, G., Karazafiris, E., & Thrasyvoulou, A. (2015): Ranking pollen from bee plants according to their protein contribution to honey bees. *Journal of Apicultural Research*, *54(5)*, 582-592. DOI: <https://doi.org/10.1080/00218839.2016.1173353>
44. Lopes de Faria, J. B., Silva, K. C., & Lopes de Faria, J. M. (2011). The contribution of hypertension to diabetic nephropathy and retinopathy: the role of inflammation and oxidative stress. *Hypertension Research*, *34(4)*, 413-422. DOI: <https://doi.org/10.1038/hr.2010.263>

45. Lukács G. (1997): A méz pollenvizsgálatának alkalmazhatóságáról és használhatóságáról. *Élelmiszervizsgálati Közlemények*. 43(3): 198-206
46. Magyar Élelmiszerkönyv (2004): Codex Alimentarius Hungaricus 2-84 számú irányelv. Édesipari termékek.
47. Mărgăoan, R., Mărghitas, L., Dezmirean, D. S., Bobis, O., & Mihai, C. M. (2012): Physical-Chemical composition of fresh bee pollen from Transylvania. *Bull. UASVM Anim. Sci. Biotechnol*, 69, 351-355.
48. Martins, Z. E., Pinho, O., & Ferreira, I. M. P. L. V. O. (2017): Food industry by-products used as functional ingredients of bakery products. *Trends in Food Science & Technology*, 67, 106-128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.003>
49. Mayda, N., Özkök, A., Ecem Bayram, N., Gerçek, Y. C., & Sorkun, K. (2020): Bee bread and bee pollen of different plant sources: Determination of phenolic content, antioxidant activity, fatty acid and element profiles. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14, 1795-1809. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11694-020-00427-y>
50. Miller, N. J., Rice-Evans, C., Davies, M. J., Gopinathan, V., Milner A. (1993): A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clinical Science*. 84(4): 407-412. DOI: 10.1042/cs0840407
51. Mokrzycki, W. S., & Tatol, M. (2011): Colour difference ΔE -A survey. *Mach. Graph. Vis*, 20(4), 383-411. *Journal of Nanoparticle Research*. 8(1): 603–614. DOI: 10.1007/s11051-005-9063-4
52. Morais, M., Moreira, L., Feás, X., & Estevinho, L. M. (2011): Honeybee-collected pollen from five Portuguese Natural Parks: Palynological origin, phenolic content, antioxidant properties and antimicrobial activity. *Food and Chemical Toxicology*, 49(5), 1096-1101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.01.020>
53. Münstedt, K., Voss, B., Kullmer, U., Schneider, U., & Hübner, J. (2015): Bee pollen and honey for the alleviation of hot flushes and other menopausal symptoms in breast cancer patients. *Molecular and clinical oncology*, 3(4), 869-874.
54. Németh-T A, Vincze-Tóth J, Hegyi J, Torján Sz. (2013): A funkcionális élelmiszerek potenciális fogyasztói és vásárlói csoportjainak felmérése. *Gazdálkodás*. 57(6):579-587.
55. Ohama, H., Ikeda, H., Moriyama, H. (2006): Health foods and foods with health claims in Japan. *Toxicology*. 221(2006): 95-111.

56. Pernal, S. F., & Currie, R. W. (2000). Pollen quality of fresh and 1-year-old single pollen diets for worker honey bees (*Apis mellifera* L.). *Apidologie*, *31*(3), 387-409. DOI: <https://doi.org/10.1051/apido:2000130>
57. Radev, Z. (2018): Variety in protein content of pollen from 50 plants from Bulgaria. *Bee World*, *95*(3), 81-83 DOI: <https://doi.org/10.1080/0005772X.2018.1486276>.
58. Roulston, T. A. H., & Cane, J. H. (2000): Pollen nutritional content and digestibility for animals. *Plant systematics and Evolution*, *222*, 187-209.
59. Rzepecka-Stojko, A., Stojko, J., Kurek-Górecka, A., Górecki, M., Kabała-Dzik, A., Kubina, R., ... & Buszman, E. (2015): Polyphenols from bee pollen: structure, absorption, metabolism and biological activity. *Molecules*, *20*(12), 21732-21749. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules201219800>
60. Şahin, S., & Karkar, B. (2019): The antioxidant properties of the chestnut bee pollen extract and its preventive action against oxidatively induced damage in DNA bases. *Journal of food biochemistry*, *43*(7), e12888. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfbc.12888>
61. Sattler, J. A. G., de Melo, I. L. P., Granato, D., Araújo, E., de Freitas, A. D. S., Barth, O. M., ... & de Almeida-Muradian, L. B. (2015): Impact of origin on bioactive compounds and nutritional composition of bee pollen from southern Brazil: A screening study. *Food Research International*, *77*, 82-91. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.09.013>
62. Sattler, J. A. G., DE-MELO, A. A. M., Nascimento, K. S. D., Melo, I. L. P. D., Mancini-Filho, J., Sattler, A., & ALMEIDA-MURADIAN, L. B. D. (2016): Essential minerals and inorganic contaminants (barium, cadmium, lithium, lead and vanadium) in dried bee pollen produced in Rio Grande do Sul State, Brazil. *Food Science and Technology*, *36*, 505-509. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-457X.0029>
63. Serra Bonvehí, J., & Escolà Jordà, R. (1997): Nutrient composition and microbiological quality of honeybee-collected pollen in Spain. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *45*(3), 725-732. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf960265q>
64. Shah, N. P. (2001): Functional foods from probiotics and prebiotics: Functional Foods from Probiotics and Prebiotics. *Food Technology (Chicago)*, *55*(11), 46-53.
65. Shankar, A. H. (2020): Mineral deficiencies. In *Hunter's Tropical Medicine and Emerging Infectious Diseases* (pp. 1048-1054). Elsevier. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-55512-8.00145-9>

66. Singleton, V. L., Rossi, J. A. (1965): Colometry of total phenolics with phosphomolibdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3): 144-158.
67. Solgajová, M., Nôžková, J., & Kadáková, M. (2014): Quality of durable cookies enriched with rape bee pollen. *Journal of Central European Agriculture*. DOI: <https://doi.org/10.5513/jcea.v15i1.2437>
68. Šulcerová, H., Mihok, M., Jůzl, M., & Haščík, P. (2011): Effect of addition of pollen and propolis to feeding mixtures during the production of broiler chickens ROSS 308 to the colour of thigh and breast muscle and pH determination. *Acta universitatis agriculturae et silviculturae mendelianae brunensis*, 59(6), 359-366.
69. Szakály, Z. (2009): Egészségmagatartás és funkcionális élelmiszerek: hogyan vélekednek a hazai fogyasztók?. *Élelmiszer, táplálkozás és marketing*, 6(1-2), 9-18.
70. Thakur, M., Nanda, V. (2019): Process optimization of polyphenol-rich milk powder using bee pollen based on physicochemical and functional properties. *Journal of Food Process Engineering*, 42(6), e13148. DOI: <https://doi.org/10.1111/jfpe.13148>
71. Thakur, M., Nanda, V. (2020): Composition and functionality of bee pollen: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 98, 82-106. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.02.001>
72. Töröcsik M. (2006): Vásárlói magatartás. Akadémiai Kiadó, Budapest. pp 47-53.
73. Turhan, S., Yazici, F., Saricaoglu, F. T., Mortas, M., & Gencelep, H. (2014): Evaluation of the nutritional and storage quality of meatballs formulated with bee pollen. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 34(4), 423
74. Verbeke, W. (2005): Consumer acceptance of functional foods: socio-demographic, cognitive and attitudinal determinants. *Food quality and preference*, 16(1), 45-57. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2004.01.001>
75. Werfel, T., Asero, R., Ballmer-Weber, B. K., Beyer, K., Enrique, E., Knulst, A. C., ... & Hoffmann-Sommergruber, K. (2015): Position paper of the EAACI: food allergy due to immunological cross-reactions with common inhalant allergens. *Allergy*, 70(9), 1079-1090. DOI: <https://doi.org/10.1111/all.12666>

76. Weststrate, J. A., Van Poppel, G., & Verschuren, P. M. (2002): Functional foods, trends and future. *British Journal of Nutrition*, 88(S2), S233-S235. DOI: <https://doi.org/10.1079/BJN2002688>
77. Xi, X., Li, J., Guo, S., Li, Y., Xu, F., Zheng, M., ..., Han, C. (2018): The potential of using bee pollen in cosmetics: a review. *Journal of Oleo Science*, 67(9), 1071-1082..DOI: <https://doi.org/10.5650/jos.ess18048>
78. Yang, K., Wu, D., Ye, X., Liu, D., Chen, J., Sun, P. (2013): Characterization of chemical composition of bee pollen in China. *Journal of agricultural and food chemistry*, 61(3), 708-718. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf304056b>

8. Ábra- és táblázatjegyzék

1. ábra: A virág felépítése (Internet-2)	10
2. ábra: A virágporcsomó begyűjtésének a folyamata (Thakur és Nanda, 2020 nyomán).....	11
3. ábra: A makrotápanyagok átlagos összetétele a virágporban (saját szerkesztés).....	12
4. ábra: A pollenben fellelhető tápanyagok (saját szerkesztés).....	14
5. ábra: Szabadgyökök külső tényezői (saját szerkesztés)	15
6. ábra: A kekszek dúsításához használt virágporcsomók (repce, facélia, napraforgó)	21
7. ábra: Kekszminták hűtés után	21
8. ábra: Soxhlet extraktor vázlatos rajza (Dabbs et al., 2006).....	23
9. ábra: A Kjeldahl-féle fehérje meghatározás vázlatos rajza (Internet-3).....	25
10. ábra: A CIELAB színrendszer (Internet 4).....	28
11. ábra: A kekszek szárazanyag- és nedvességtartalmának százalékos eloszlása	30
12. ábra: Energiatartalom értékek	33
13. ábra: A kekszek összes polifenol tartalma	34
14. ábra: Vasredukáló képesség mérésén alapuló (FRAP) módszerrel mért antioxidáns kapacitás	35
15. ábra: A troxolra vonatkoztatott antioxidáns kapacitás (TEAC) módszerrel mért antioxidáns kapacitás.....	36
16. ábra: A 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) módszerrel mért antioxidáns kapacitás.....	37
17. ábra: A mérés során kapott színkoordináták	38
18. ábra: A színkoordinátákból számított chroma (C*) és színárnyalati szög (h°) értékek.....	39
1. táblázat: A kekszek elkészítéséhez alkalmazott receptúra (AACCC, 1980).....	20
2. táblázat: Makrotápanyagok koncentrációja az elkészített kekszekben.....	31
3. táblázat: Minták közötti teljes színkülönbség vizsgálat eredményei (ΔE^*ab)	40

9. Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Végh Ritának a szakmai mentorálásért és támogatásért, a laboratóriumi vizsgálatok bemutatásáért és azok során való segítségnyújtásért, hasznos információkért és a szakdolgozatom készítése közben önzetlen és kitartó segítségéért.

Köszönet illeti Dr. Mednyánszky Zsuzsannát, Táplálkozástudományi Tanszék vezetőjét illetve Táplálkozástudomány-élelmiszertechnológia ismeretkör felelős tanáromat, amiért lehetővé tette számomra, hogy a szakdolgozatomhoz szükséges kísérleteket elvégezhessem.

Hálával tartozom ugyanakkor családomnak és barátaimnak, amiért végig ösztönöztek és támogattak a tanulmányaim során.

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Andrásó Angelika

A Hallgató Neptun kódja: CZ5JL2

A dolgozat címe: Monoflorális virágorcsomókkal dúsított kekszek tápértékének és színjellemzőinek vizsgálata

A megjelenés éve: 2023.

A tanszék neve: Táplálkozástudományi Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság 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 mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2023. május 3.

Andrásó Angelika
Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

Andráskó Angelika (hallgató Neptun azonosítója: CZ5JL2) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: 2023. április 26.


Belső konzulens