

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék

Különböző édesítőszerrel készült zabkekszek összehasonlítása

Dowden Debra Ann szakdolgozat

Dowden Debra Ann

Budapest

2023

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

**Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki
Édes- és zsidradékipari technológiák és minőségügy**

Szakdolgozat készítés helye: Gabona és Iparnövény Technológia Tanszék

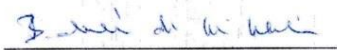
Hallgató: Dowden Debra Ann

A szakdolgozat címe:

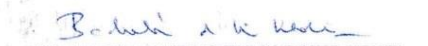
Különböző édesítőszerrel készült zabkekszek összehasonlítása

Konzulens: Dr. Soós Anita
Külső konzulens esetén tanszéki felelős: -

Beadás dátuma: 2023. április


szakdolgozat készítés helyének vezetője
(Badakné dr. Kerti Katalin)


konzulens
Dr. Soós Anita


Badakné dr. Kerti Katalin
Édes- és zsidradékipari technológiák és minőségügy

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	4
2. Célkitűzés.....	5
3. Irodalmi áttekintés.....	6
3.1. Cukor.....	6
3.2. A cukormentes termékek megjelenésének fontossága	7
3.3. Cukor hatása a kekszekben	8
3.4. Édesítőszer fajtái, szabályozás	10
3.5. Eritrit	13
3.6. Maltitol.....	15
3.7. Édesítőszer hatása a kekszekben	16
3.8. Alternatívák a finomított búzaliszt kiváltására a rosttartalom növelése érdekében és ezek hatásai a kekszekben	19
3.9. Olajok és zsírok hatása a kekszekben.....	23
4. Anyagok és módszerek.....	27
4.1. Alapanyagok	27
4.2. Elkészítéshez és méréshez felhasznált eszközök.....	27
4.3. Receptúra.....	27
4.4. Elkészítés és sütés	29
4.5. Színmérés	29
4.6. Állománymérés	31
4.7. Tápértékszámítás.....	32
4.8. Érzékszervi bírálat.....	33
5. Eredmények kiértékelése.....	34
5.1. Sütési tesztek.....	34
5.2. Színmérés	35
5.3. Állománymérés	37
5.4. Tápértékszámítás.....	39
5.5. Érzékszervi bírálat.....	42
6. Összegzés	47
7. Irodalomjegyzék.....	48

1. Bevezetés

A kekszek egyszerűen beszerezhető és pillanatok alatt el is fogyasztható késztermékek, így nem csoda, hogy napjainkra már világszerte, minden korosztályban népszerűvé váltak. Ennek kiváltója könnyen lehet a manapság jellemző lendületes és tempósabb életvitel, ami időben korlátozott. A munkával és egyéb fontos elfoglaltsággal töltött órák mellett, sokaknak nincs lehetősége saját maguknak elkészíteni a teljesértékű ételleket, így kénytelenek, az azonnal megehető alternatívákat választani, de akár baráti összejöveteleken vagy nassolnivalóként is kielégíthetik az igényt. Azonban a tápanyagpótlásra a magas cukortartalmú, búzaliszttel, telített-, illetve transzsírsavakkal készült termékek nem a legideálisabbak, mivel ezek különböző egészségügyi kockázatokat okozhatnak. Ehhez alkalmazkodva az élelmiszeriparnak szükségessé vált az alacsonyabb cukortartalmú, rostban gazdagabb áruk gyártása és egészségesebb összetételű zsírok és olajok használata.

A száraz lisztes áruk étrendbe való kényelmes és gyors beilleszthetőségének esetén, lényeges megemlíteni az olyanokat is, akik valamilyen intoleranciában, ételallergiában vagy egyéb krónikus betegségben, mint diabétesz szenvednek. Számukra nagyon fontos diétájuk helyes megtartása, hogy egyes kellemetlenségeket okozó tünetek kiküszöbölhetőek legyenek. A mentes termékek, így elsősorban nekik elengedhetetlenek, mivel jó közérzetük függ a megfelelő összetevőktől. Mára már egyre bővülő kínálattal szolgál a piac az ilyen termékek terén is, azonban előfordulnak olyan, például hozzáadott cukrot nem tartalmazó áruk, amik más, a diétába nem illő hozzávalót tartalmaznak, így azok lényegében nem elfogyaszthatók a valós, beteg célcsoportnak.

A hosszútávon is kifogástalanul működő szervezethez nélkülözhetetlennek tartom az optimális életmód kialakítását és a kedvező hatású alapanyagok használatát. A témám kiválasztásánál, fontos szempont volt, hogy a fejlesztendő termék is ilyen jellegű elemekből álljon, mint például lassan felszívódó szénhidrátok vagy a koleszterin szintre mérsékelten ható olaj. A fő kritérium, a cukortól való mentessége jelentősen csökkenti a tételek energiatartalmát, ami elősegíti az elhízásban szenvedők súlyvesztését. A cukormentes kekszeket felépítő fő szénhidrátok zabpehelyből és teljes kiőrlésű búzalisztből származnak, melyek biztosítják a magas rosttartalmat, illetve ezeket nagy olajsav tartalmú napraforgó olaj egészíti ki, így a készített lisztes áru tökéletesen beépíthető cukorbeteg, szénhidrátanyagcsere-problémákkal küzdők és a tudatos táplálkozást követők étrendjébe is. A felhasznált összetevőkben és azok alkalmazott arányában a Gullón márkát viselő zabkeksz szolgált inspirációként.

2. Célkitűzés

Az ízérzékelés során öt alapízt különböztetünk meg, ezek az édes, savanyú, keserű, sós és umami. Kedveltségüket egy 2017-es online kutatásban mérték, ahol 939 nagykorú internetező válasza alapján az édes íz bizonyult a legnépszerűbbnek (43%), ezt követte a sós (25%), valamint a nincs preferált lehetőség (20%). (Bíró et al., 2019) Ezen íz elfogadását, már újszülöttökön is igazolták, ebből következően szeretete vélhetőleg egy velünk született adottság, mely az egyénnek pozitív érzetet és élvezeti értéket biztosít. (Beauchamp, 2016) Minden édesízű molekula, mint cukrok, mesterséges édesítőszer, cukoralkoholok, az ilyen jellegű aminosavak és fehérjék érzékelése egy receptoron keresztül történik, így akármelyikkel kiváltható a kívánt válasz. (Bíró et al., 2019) Ezt kihasználva az édes íz élvezetét biztosíthatjuk a szacharóz kicserélésével is. Azonban kérdésként merülhet fel, hogy egy termék kialakításánál, mely vegyület lehet a legmegfelelőbb gyártási és élettani szempontból, illetve fontos a fogyasztók róluk való tudásával és elfogadásával is számolni. Szakdolgozatom főként a kekszeken való különböző édesítőszerre fókuszál, azonban szemrevételezésre kerülnek a további alapanyagok technológiai hatásai is. Összetételt tekintve a négy mintában csak az édesítőszerben van eltérés, ugyanis az általam összeállított receptúrának is a bolti kekszben lévő alkotók és azok arányai adtak alapot. Az édesítőszer az üzletben vett tételben maltitol volt, akárcsak a legtöbb kereskedelmi forgalomban lévő hozzáadott cukor nélküli áruban, így az összehasonlításhoz is készítettem maltitolos mintákat, mindemellett még cukrot, mint etalont, fő édes ízű elemet és eritritet alkalmaztam. A maltitol mellett próbáltam egy olyan édesítőszer választani, amit többen ismernek és a mindennapjaik során valamilyen formában fogyasztják és használják is. A döntésben segítségemre volt Dóczi és munkatársai (2020) kutatása, akik 522 rendszeresen édesítőszer fogyasztó magyarral végezték el felmérésüket a természetes és mesterséges édesítőszer megítéléséről és alkalmazásáról. Eredményükből kiderült, hogy a kitöltők legnagyobb részének az eritritről, majd a steviáról és xilitről van leginkább tudomása, így ezen információ és személyes preferenciám alapján az eritrit mellett határoztam el magam. A szakirodalmi áttekintésben főként a felhasznált hozzávalók hatását a késztermékre, illetve cukormentes termékek fontosságát ismertetem, míg saját kísérletemben az elkészült minták keménységének, színének, tápértékének és érzékszervi tulajdonságainak összehasonlítása kerül előtérbe. A kapott adatok alapján célom megállapítani, hogy az egyes édesítőszer milyen mértékben befolyásolják az előbb említett jellemzőket, illetve mennyire hasonlíthat az otthon elkészített lisztes áru a tömeggyártásban előállítottéhoz.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. Cukor

A különböző cukrok mindegyike a szénhidrátok (szacharidok) közé tartozik, ezek - ahogy nevük is mutatja - szénből, hidrogénből és oxigénből épülnek fel, a legjellemzőbb H:O arány 2:1, emiatt régen a szén hidrátjainak is nevezték őket. Emészthetetlen és emészthető szénhidrátokként csoportosíthatók, az utóbbi csoporton belül, pedig megkülönböztetünk egyszerűeket és összetetteket is. (Bíró et al., 2009) Az egyszerű szénhidrátok a monoszacharidok, ezek nem bonthatók savas hidrolízissel egyszerűbb cukrokká, ilyenek például a ribóz, glükóz, fruktóz. Az összetett szénhidrátok, pedig diszacharidok, oligoszacharidok és poliszacharidok csoportjára bonthatók. A diszacharidok két monoszacharid molekulából állnak, vízdékonyak, édes ízű, fehér és kristályos anyagok, melyeket oxidálószerekkel való kapcsolatuk alapján redukálónak vagy nem redukálónak nevezhetünk. A redukáló diszacharidok esetében az egyik monoszacharid-egység glikozidos hidroxilcsoportja szabad, ilyen például a laktóz, míg a nem redukáló nem tartalmaznak szabad glikozidos hidroxilcsoportot, mint a szacharóz. Az oligoszacharidok kondenzáció által néhány monoszacharidból felépülő vegyületek. A poliszacharidok az előbbi csoportokkal ellentétben vízben nem oldódó, nem édes ízű óriásmolekulák, melyek nagyszámú monoszacharidból épülnek fel, ilyen a keményítő és a cellulóz. (Internet 1.)

A köznapi életben cukorként emlegetett szacharóz, tehát egy nem redukáló diszacharid. Létrejöttékor α -D-glükóz és a β -D-fruktóz egy víz molekula kilépésével kapcsolódik, glikozidos kötéssel. Összekapcsolódásukkor az α -D-glükóz alaphelyzetben van, emellett, pedig a β -D-fruktóz molekula elfordulására van szükség. (Preedy, 2012)

Természetes úton történő kialakulásában jelentős szerepe van a fotoszintézisnek, ugyanis a napfény energiájával, a levegő széndioxid tartalmából és vízből cukor képződik, melyet tartalék tápanyagként hasznosíthat a növény. (Bíró et al., 2009) A cukrot cukorrépából és cukornádból nyerik ki, ezek szacharóztartalma nagyon magas, jellemzően 14-18%. Növénytől függően nevezzük répacukornak vagy nádcukornak is, ezek 99,7%-nál több szacharózt tartalmaznak, nagy tisztaságúak. (Babcsány et al., 2005)

Ajánlások szerint a napi energiabevitelünk legnagyobb részét szénhidrátoknak kell kitennie, ez 50-55%-ot jelent, ami átszámítva egy átlagos 2000 kcal-t elfogyasztó felnőttél 245-270 grammnyi mennyiség. Ebbe beleszámít az élelmiszerekhez pluszban hozzáadott cukor is, melyből csupán 10 energiaszázalék ajánlott. A zöldségekben és gyümölcsökben összetett és

egyszerű szénhidrátok is megtalálhatók, melyeket nem számítunk hozzáadott cukornak, azonban összes szénhidrát tartalmukat figyelembe kell venni a napi bevitelnél. (Bíró et al., 2009) A cukor energiataralma grammonként 4 kalória. (Priya et al., 2011)

3.2. A cukormentes termékek megjelenésének fontossága

A változatos, kiegyensúlyozott táplálkozás és rendszeres testmozgás mellett a cukor fogyasztás mindennapjaink részévé válhat, azonban a 21. század rohanó életmódja, divatdiétái és - a már népbetegséggé vált - elhízás és ennek következményei, mégis elvárják az élelmiszeripartól, hogy a szacharóz helyettesítésére megfelelő alternatívákat kínáljon. A boltokban gyakran lehet találkozni csupán gyümölcsökkel ízesített különböző szeletekkel, lekvárral, azonban ezek szabadcukor tartalma hasonló a cukorral ízesített társaikhoz, így csupán magát a hozzáadott cukrot tudjuk elkerülni. Egy vizsgálatban cukorral édesített és 100%-ban gyümölcsöt tartalmazó üdítőitalokat hasonlítottak össze, azonban arról nem kaptak pontos eredményt, hogy a csak gyümölcsöt tartalmazó ital szabadcukor tartalma hasonló mennyiség fogyasztása esetén ugyanolyan anyagcsere problémákhoz vezethet-e, mint a cukorral készülté. (Pepin et al., 2019) Egy másik kísérletben ahol a 2.-es típusú cukorbetegség elterjedését és előfordulását vették alapul meghatározták, hogy a csak gyümölccsel készült italok nem lennének megfelelő alternatívái a cukorral készüteknek a cukorbetegség megelőzésében, viszont az ok-okozati összefüggést megnézve a cukros üdítőitalok éveken keresztüli fogyasztása kapcsolatba hozható az újonnan megjelenő nagyszámú cukorbetegséggel. (Imamura et al, 2015) További lehetőségként szolgálnak az édesítőszerke, melyeken belül megkülönböztetünk cukorhelyettesítőket (bulk édesítők) és intenzív édesítőszerkeket is, amik nem csak a hozzáadott cukor elkerülését segítik, hanem a szabad cukrok által okozott magasabb szénhidrát tartalomét is. (O'Donnel, Kearsley, 2012) A cukormentes termékek elsősorban olyan embereknek kiváló lehetőségek az édes íz élvezetére, akik valamilyen egészségügyi okból nem fogyaszthatnak nagy mennyiségű szénhidrátot, de rengetegen vannak olyanok is, akik akármiféle rendellenesség nélkül csak a tudatosság érdekében követnek valamilyen speciális diétát. Fontos odafigyelni azonban, hogy az alacsony szénhidrát tartalmú táplálkozás mellékhatása lehet a rossz lehelet, székrekedés, fejfájás, izomgörcsök, irritáltság, koncentráció hiánya, láz, valamint a változatosság és az étellel való elégedettség is kihívás lehet. (Craig, 2019) Ezentúl azonban a túlzott cukor- és szénhidrát fogyasztás, illetve az ehhez társuló csökkent fizikai aktivitás, talán legsúlyosabb eredménye, az elhízás. Az 1975-ös évekhez képest az elhízottak száma globálisan körülbelül a triplájára növekedett, ezzel arányosan, pedig a túlsúlyból fakadó

megbetegedések is emelkedtek, így nem meglepő tény, hogy a világ népességének nagyobb része él olyan országokban, ahol a túltápláltság több áldozatot követel, mint az alultápláltság. (WHO, 2021) Az elhízásból következő egészségügyi problémák közé tartoznak a keringési betegségek, stroke, egyes rákok kialakulása és az egyik legjellemzőbb táplálkozáshoz köthető rendellenesség, a cukorbetegség, mely akkor alakul ki, ha a szervezetünkbe kerülő cukorra nem termelődik kellő mennyiségű inzulin, így a cukor nem jut a sejtekbe és a vérben felhalmozódva emeli a vércukorszintet. (Asif, 2013) Három típusát különböztetjük meg az 1-es, 2-es és gesztációs (terhességi) diabéteszt. Az 1-es típus jellemzően serdülő- és gyermekkorban alakul ki, míg a 2-es típus az idősebb korosztályt veszélyezteti, ahol a betegségben szenvedők többsége túlsúlyos. Megkülönböztetünk úgy nevezett prediabéteszt is, mely a szénhidrát-anyagcsere zavar egy enyhébb változata, de itt is szükséges a diéta követése. (Bakó et al. 2017) A cukorbetegség száma az utóbbi évtizedekben jelentősen növekedett, 1980-ban 108 millióan voltak, míg 2014-re már 422 millió beteget tartottak számon. Veszélyességét az is mutatja, hogy olyan betegségek fő okozója, mint vakság, vese elégtelenség, szívroham, stroke és alsó végtagok amputálása. (WHO, 2022). Továbbá a korlátozott cukorfogyasztás a gyermekek számára is ajánlott, ugyanis a szájban található baktériumok fermentálják a cukrokat, amely fogszuvasodást eredményezhet. (Asif, 2013) Ezekre a problémákra, modern életvitelre és új trendekre reagálva válnak egyre népszerűbbé az édesítőszer az élelmiszeriparban is.

3.3. Cukor hatása a kekszeken

A cukor megfelelő alternatívájának megtalálásához, fontos szemügyre venni azt is, maga a szacharóz milyen hatást gyakorol a kekszeken, illetve miért fontos a különböző tulajdonságok kialakításának szempontjából.

A kekszék alapvető összetevői közé sorolható a búzaliszt vagy más gabonaőrlemény, valamilyen zsiradék és a cukor. (Magyar Élelmiszerkönyv 2-84. irányelv) Az utolsóként említett alkotó legfőbb feladata az édes íz biztosítása, azonban még hatással van, egyaránt a tészta és a késztermék állományára, valamint a színek kialakításában is szerepe van. A végtermék elvárt jellemzői az aranybarna szín, valamint az omlós, ropogós állomány, melyhez nélkülözhetetlen a tészta megfelelő állaga. (Manohar és Rao, 1997)

A cukor az egyes összetevőkre is hatást gyakorol. A búzalisztet alkotó siker fejlődését korlátozza, azáltal, hogy felszívja előle a keksz gyártáshoz használt amúgy is kis mennyiségű vizet, kontrollálja a hidratációt és hajlamos a fehérje és keményítő molekulák diszpergálására, amivel elősegíti a kívánt textúra elérését. A víz jelenlététől függően a cukor

részben vagy teljes mértékben feloldódhat az összedolgozott tésztában. Később a sütést követően, a keksz kihülésekor a cukor kikristályosodik, ami végezt erősebb kötéseket hoz létre az alkotók között és, mint szilárdító anyag biztosítja a termék ropogósságát, melyet befolyásol a szemcsézettségének mértéke és a sütés előtt fel nem oldott kristályok aránya is. (Manohar és Rao, 1997, Maache-Rezzoug et al., 1998, Arepally et al., 2020.) Továbbá feltehetően ez a hozzávaló juttatja a levegőt a zsír komponensbe a tészta készítése során. (Pareyt et al., 2009)

Számos kutatás készült a cukor mennyiségének függvényében változó jellemzők vizsgálatára, melyek többségében a tészta reológiai tulajdonságait és a keksz minőségét tanulmányozták. Az egyes vizsgálatok eredményeiben kimutatásra került, hogy a nagyobb cukor mennyiség puhábbá, összefüggőbbé, tapadóbbá és ragadósabbá teszi a tésztát, valamint szignifikánsan csökkenti az extrudálási időt, a rugalmasságot, a viszkozitást, a konzisztenciát és a keménységet. (Manohar és Rao, 1997, Maache-Rezzoug et al., 1998) Maache-Rezzoug és munkatársai (1998) szerint 25% cukortartalom alatt a keverék nem áll össze megfelelően, míg 50%-ot meghaladva egy nagyon puha állományú tésztát sikerül elérni a nagyobb mértékű hidratáció és a felesleges cukor, vízzel és keményítővel való, fiziko-kémiai kapcsolatában betöltött funkciója miatt. A viszkozitás esetét, ez a tésztára gyakorolt puhító hatás magyarázza, valamint a gyúrás során a tészta hőmérsékletének növelésével, így a cukor olvadásával történő víz felszabadulása, míg a rugalmasság csökkenésének oka feltehetőleg a cukor befolyása a gluténre. (Manohar és Rao, 1997, Arepally et al., 2020)

Manohar és Rao (1997) kutatásában a kisült kekszek esetén növekvő cukor mennyiség mellett nagyobb területet és vastagságot, míg a kisebb sűrűséget jegyezték fel. A szerzők által megjelölt néhány forrás, valamint Maache-Rezzoug és munkatársainak (1998) vizsgálatai, a terület növekedését illetően egyetértettek az előbbiekkal, azonban a vastagság esetében éppen ellentétesen csökkenést tapasztaltak. Az előbbiekből, arra lehet következtetni, hogy a cukor mennyiségének növelésével a kekszek tömege is arányosan csökken a sütést követően. A terület oka a homogenizálás során fel nem olvadt cukorkristályok fokozatos olvadása a sütés során, melyet a szemcsék nagysága is befolyásol. A durvább méretű kristályok, kisebb területet okoznak, de a kekszek felszínét repedtebbé teszik. A legnagyobb mértékű területet a nagyarányú és finom szemcséjű cukrot tartalmazó kekszekben lehet észlelni. (Arepally et al., 2020, Pareyt et al., 2009) Az 1990-es években kétféle magyarázat is megfogalmazódott kekszek tetején megjelenő repedezettségre. Némely forrás szerint, a szacharóz átkristályosodása a felületre, míg mások a sütés végén lévő hőfok hatására keletkező

összeesést feltételezték problémának. Pareyt és munkatársai (2009) erre a kérdésre is kívántak válaszolni. Kutatásukban arra jutottak, hogy az átkristályosodás lehet a jelenség fő oka, mivel az összeesés mértéke minden mintájuk esetén megegyező volt, viszont azt tapasztalták, hogy kevesebb zsiradékhoz viszonylag sok cukrot használva alakult ki repedezettség a felületeken. Kissel és munkatársai (1973) a cukor szemcsézettségének függvényében történő vizsgálatokor is hasonló megfigyeléseket tettek, ugyanis a kisebb méretű kristályok esetén nagyobb területet és kisebb repedezettséget, jobb megjelenést tulajdonítottak a vizsgált kekszeknek. A színkialakítást illetően, a magasabb cukortartalom elősegítette a kívánt szín megjelenését, azonban még a legnagyobb szacharóztartalom mellett is csak világosbarna szín elérése sikerült. A célként megjelölt aranybarna szín feltűnéséhez segítséget nyújthat, ha redukáló cukrot, például invert cukrot vagy magas fruktóz tartalmú kukoricaszirupot adunk a tésztahoz, mivel ezek elősegítik a Maillard-reakció során kialakuló barna színanyagok megjelenését. (Manohar és Rao, 1997)

3.4. Édesítőszeresek fajtái, szabályozás

A manapság jellemző életmód és ezek következményei miatt, az édesítőszeresek egyre nagyobb teret hódítanak a világban. Ennek jele az is, hogy már saját piacuk is létrejött, melynek kialakulásáért, nagyrészt a vásárlók egészségük visszanyeréséért való vágya a felelős. (Regnat et al., 2017) A rengeteg édesítőszer az édesítő erejük alapján kétféleképpen csoportosítjuk, így megkülönböztetünk intenzív és bulk édesítőszereseket. (Grenby, 1991)

Az intenzív vagy más néven nem nutritív édesítőszeresek fő jellemzője, hogy egyáltalán nem vagy csak nagyon kis mennyiségben biztosítanak energiát a szervezetnek, úgy, hogy közben sokkal édesebbek, mint a szacharóz, amit az 1. táblázatban feltüntetett értékek is szemléltetnek. Emiatt hátrányuk, hogy érzékelhetően más az ízük a hagyományos cukorhoz képest, így sok esetben keverik egyéb vegyületekkel, azonban önállóan használva költséghatékony opciók lehetnek, mivel kis mennyiség is elég belőlük. Az elfogadható napi beviteli érték (ADI) mutatja azt a mennyiséget, ami egy teljes életen át naponta fogyasztható minden egészségügyi probléma nélkül. Az 1. táblázatban látható, hogy a legnagyobb mennyiségű dózis az aszpartámból, míg a legkisebb a neotámból juttatható a szervezetbe. A megjelölt ide tartozó vegyületek közül, a stevia és a taumatinnal kivételével, egyik sem található meg természetes formában, előállításuk kémiai szintézissel történik. (Rzechonek et al., 2017, Grembecka, 2015a)

1. táblázat – Intenzív édesítőszer neve (E-szám), édesítő ereje és ADI
(Gallagher et al., 2020 nyomán)

INTENZÍV ÉDESÍTŐSZEREK		
Neve (E-szám)	Édesítő erő*	ADI (mg/kg/testtömeg)
Szacharinok (E 954)	300 - 500	5
Aszpartám (E 951)	180 - 200	40
Aceszulfám-K (E 950)	200	9
Ciklamátok (E 952)	30	7
Taumatín (E 957)	2000 - 3000	nem meghatározott
Neoheszperidin DC (E 959)	1900	5
Aszpartám-aceszulfámsó (E 962)	350	40 ill. 9
Szukralóz (E 955)	600	15
Neotám (E 961)	7000 - 13000	2
Szteviol glikozidok (E 960)	300	4
Advantám (E 969)	37000	5

*cukorhoz viszonyítva (=1); ADI, elfogadható napi beviteli érték

Az élelmiszerekben történő felhasználásukat a szabályozásokon felül még technológiai szempontok is korlátozzák, ugyanis nagyobb mennyiségben negatívan hathatnak a termék minőségére, például nemkívánatos érzékszervi tulajdonságokat hozhatnak létre. Az intenzív édesítőszer egyik problémája, hogy a szervezetben a nutritív típusúakkal ellentétben nem keltenek jóllakottság érzetet, így előfordulhat, hogy növelik az étvágyat, ezzel, pedig az energiabevitelt is. Ebből következően ajánlott energiát biztosító élelmiszerekben fogyasztani, hogy egy másik alkotó kiválthassa a megfelelő fiziológiai választ. (Edwards et al., 2016) Vitatott az egészségre gyakorolt hatásuk, azonban egyes kutatások szerint negatívan befolyásolhatják az élettani folyamatokat, viszont karcinogenitásukat vizsgálatokkal nem tudták alátámasztani. (Rzechonek et al., 2017)

A bulk édesítő anyagok, más néven poliolok vagy cukoralkoholok nutritív édesítőszer, de a cukornál kevesebb kalóriát tartalmaznak és édesítő erejük fajtától függően, a szacharózhhoz viszonyítva 25% és 100% között változik, így könnyen használják térfogatarányosan a gyártás során. A 2. táblázatban látható, hogy a xilit és maltitol áll a legközelebb a cukorhoz az édesítő erő szempontjából, míg ezeket csökkenő sorrendben követi az eritrit, mannit, szorbit, izomalt és laktit.

2. táblázat – Bulk édesítőszer neve (E-szám)
és édesítő ereje (Grembecka, 2015a, b nyomán)

BULK ÉDESÍTŐSZEREK	
Neve (E-szám)	Édesítő erő*
Eritrit (E 968)	0,6 – 0,8
Izomalt (E 953)	0,45 – 0,65
Laktit (E 966)	0,3 – 0,4
Maltitol (E 965)	0,9
Mannit (E 421)	0,5 – 0,7
Szorbit (E 420)	0,5 – 0,7
Xilit (E 967)	1

*cukorhoz viszonyítva (=1)

Szerepet játszanak a tartósításban, a nedvességtartalom és a textúra fenntartásában, azonban megakadályozzák a barnulás folyamatát és hűsítő hatást kelthetnek a termékekben. (Grembecka, 2015a) A cukoralkoholok a különböző cukrokban lévő aldehid és keton csoportok hidrolíziséből kémiai és biotechnológiai módokon állíthatók elő. Természetes formában nagy mennyiségben előfordulnak gyümölcsökben és zöldségekben, mint például a szőlő és a gomba, de az erjesztett élelmiszerekben, mint a szójaszós is megtalálhatóak. (Rzechonek et al., 2017, Regnat et al., 2017) A bélben csak részlegesen szívódnak fel, így a mikrobiom fermentatív lebontást végez, mely következtében rövid szénláncú zsírsavak és gázok képződnek. Nagymértékben fogyasztva hasmenést, puffadást és hasi diszkomfort érzetet okozhatnak egyéni érzékenységtől függően. Ebből következően, a „túlzott fogyasztása hashajtó hatású lehet” feliratot a 10%-nál több hozzáadott poliolt tartalmazó élelmiszereknél a címkén fel kell tüntetni. (Grembecka, 2015b, Bíró et al., 2017) Napjainkban már széleskörben használják fel ezeket a vegyületeket számtalan célra, az élelmiszerektől kezdve akár gyógyszereken át a kozmetikumokig is megjelenhetnek az összetevők listájában. (Regnat et al., 2017)

Kérdésként merülhet fel az emberekben, hogy ezek a nemrégiben felfedezett, már megvásárolható vegyületek mennyire lehetnek biztonságosak. Aggodalomra, azonban semmi ok, ugyanis a forgalmazásra kerülő édesítőszer minden esetben átesnek egy átfogó biztonsági ellenőrzésen, melyet olyan szabályozó szervek végeznek, mint az Európai Élelmiszerbiztonsági Hivatal (EFSA), az Élelmezési és Mezőgazdasági Világszervezet (FAO) és az Egészségügyi Világszervezet (WHO) közös Élelmiszer-Adalékanyag Szakértői

Bizottsága (JECFA), valamint az USA Élelmiszer- és Gyógyszerengedélyeztetési Hivatal (FDA). A vizsgálati eredmények segítségével megállapítható az elfogadható napi beviteli érték (ADI), melynek kiszámításához a nem észlelhető kedvezőtlen hatás szintjét (NOAEL) egy biztonsági faktorról – általában 100 - osztják. (Gallagher et al., 2020) Az ADI csupán az intenzív édesítőszerknél kerül meghatározásra, a poliolok esetében a jó gyártási gyakorlattal összhangban történik a felhasználás. (Grembecka, 2015a)

Az édesítőszer, mint adalékanyagok vannak számon tartva, így E-számmal rendelkeznek és felhasználásukat az Európai Parlament és a Tanács 1333/2008/EK rendelete szabályozza. A jelenleg hatályos rendelet szerint a 2009. január 20. előtt engedélyezett adalékanyagokat biztonságuk szempontjából felül kell vizsgálni. Magyarországon 1169/2011/EU rendelet kötelezővé teszi az adalékanyagok névvel vagy E-számmal való feltüntetését az élelmiszerek címkéjén. A 3. melléklet a 152/2009. (XI.12.) FVM rendelethez a Magyar Élelmiszerkönyv 1-2-94/35 számú előírása az élelmiszerekben használható édesítőszerkekről szabályozza pontosan az egyes termékekben való alkalmazást, illetve a terméken kötelezően megjelenítendő kifejezéseket. Az élelmiszereken feltüntethető egészségre vonatkozó állításokat, mint például „energiamentes”, „energiaszegény”, „hozzáadott cukrot nem tartalmaz” az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendeletébe foglalták.

3.5. Eritrit

Az eritrit szerkezetét tekintve egy, csak négy szénatomból álló, szimmetrikus molekula, mely kötött vizet nem tartalmazó kristályokból épül fel. A cukoralkoholok közül neki tulajdonítható a legkisebb molekulatömeg, mely utal a némileg eltérő fizikai és kémiai jellemzőire. Egyik legpozitívabb tulajdonsága, hogy nincs utóíze, így keverhető intenzív édesítőszerrel is. Akár azok fanyarságát is elfedheti, illetve a velük járó irritáló hatást, mellyel javíthatja a szájérzetet. Feloldva erős hűsítő hatása van, a magas negatív oldáshőjének köszönhetően. Mivel energiatartalma 0 kcal, a szervezetben nagyrésze nem metabolizálódik, melynek következtében változatlan formában ürül ki a vizelettel, anélkül, hogy a vércukor- vagy inzulinszintet befolyásolná. A vékonybélben teljes mértékben felszívódik, ahhoz, hogy a vastagbélbe jusson, több, mint 80 gramm elfogyasztása szükséges, így nem okoz hasmenést a többi cukoralkohollal ellentétben. A szervezetben csupán kevesebb, mint 10%-a megy keresztül egy reverzibilis metabolikus reakción. Mindemelllett a szabad gyököket is elnyeli, mivel potenciálisan képes antioxidáns hatást gyakorolni. (Regnat et al., 2017, Gordos, 2012) Hartog és munkatársai (2010) cukorbeteg patkányokon végzett kutatásában ezt bizonyították is. Kiindulópontjuk az volt, hogy az

oxidatív stressz, a hiperglikémia és a cukorbetegség szövődményeinek kialakulása szoros kapcsolatban állnak egymással, így az oxidatív stressz csökkentése rendkívüli fontosságú lehet a diabétesz hosszútávú kezelésében. Ehhez olyan forrásra volt szükség, amit könnyen be lehet építeni a cukorbeteg diétájába, az eritrit, pedig tökéletes választásnak bizonyult, hisz kémiai szerkezete a mannitolhoz hasonló, mely egy jól ismert hidroxil-gyökfogó. A kísérlet során megállapították, hogy az eritrit valóban antioxidánsként hat és segíthet a magas vércukorszint okozta érrendszeri károsodás megelőzésében.

Előállítás a többi poliolhoz képest sokkal bonyolultabb és költsége is magasnak mondható. Lehetőségként merülhetne fel a természetes forrásaiból, a kertészeti termékekből történő kivonása, azonban ez olyan elenyésző mennyiség lenne, hogy nem praktikus ezt a módot választani. Regnat és munkatársai (2017) azt állítják, tovább nehezíti a kialakítását, hogy a többi cukoralkohollal ellentétben nem lehet kémiai úton szintetizálni, ám ezzel szemben Rzechonek- (2017), illetve Moon és munkatársai (2010) leírják a lehetséges kémiai előállítási lehetőségeket, azonban abban ők is egyetértenek, hogy az alacsony haszon miatt ez nem alkalmazható az iparban. Előkerült egy másik mód is, a biotechnológiai előállítás, melyet az évek során az eritrit koncentráció, a termelékenység és a terméshozam függvényében fejlesztettek tovább. Erre az eljárásra elsőként 1950-ben világított rá a melaszban nyomokban talált eritrit, melyet élesztőgombák fermentáltak a benne található cukorból, azóta, pedig több, más fajta mikroorganizmussal is megpróbálták a termelését, például baktériumokkal és fonalas gombákkal. (Regnat et al., 2017) Az iparban jellemzően kémiai és enzimátikus úton hidrolizált búza- és kukoricakeményítőből kinyert glükózt alkalmaznak, melyet olyan ozmofil élesztőgombákkal fermentálnak, mint a *Moniliella pollinis* vagy a *Trichosporonoides* fajok. (Rzechonek, et al. 2017, Moon, 2010, Bernt et al., 1996)

Akárcsak a többi poliol, úgy az eritrit is több iparág anyagigényét képes széleskörben kielégíteni, ahol alkalmazhatják akár szilárd vagy folyékony formában is. Az élelmiszeriparban rendkívül kedvelt, az olyan érzékszervi tulajdonságai miatt, mint az íze, színe, textúrája, ezért jellemzően a késztermék kiegyensúlyozására használják. Emellett köszönhetően enyhe édességének, sokkal alkalmasabb a cukor helyettesítésére, mint például a szukralóz, mely észrevehetően befolyásolja a pékáruk jellemző állományát. Édesítőereje a szacharóznak 60-80%-a. Nedvesítő és nem karogén hatása miatt előszeretettel alkalmazzák fogkrémek és szájöblögetők gyártása során is. Nem higroszkópos, így vízérzékeny gyógyszerekben is tökéletesen funkcionál. (Regnat et al., 2017, Priya et al., 2011)

3.6. Maltitol

A polioloik közül, tulajdonságait tekintve a maltitol lehet a legalkalmasabb a szacharóz kiváltására, ugyanis édesítő ereje 75-90% a cukorhoz képest és oldhatósági görbéjük is megközelítően ugyanúgy néz ki. Vizsgálatok során kiderült, hogy vizes oldatuk esetében a mért viszkozitásuk egyenértékű, mely technológiai szempontból fontos, mivel így a maltitollal készült élelmiszerek szájban történő oldódása is hagyományos lesz. A cukornál kevésbé higroszkópos, amivel növelhető az ezzel az édesítőszerrel készült termékek eltarthatósága, valamint cukrászati termékeknél és rágógumiknál burkolatként használva tartós roppanóságot biztosít. Energiatartalma 2,4 kcal/g. Természetes forrásai a többi cukoralkohollal megegyező, azonban kis mennyiségben a pörkölt malátában és a cikória levélben is megtalálható. (Saraiva et al., 2020)

Ipari előállításának alapanyagai a kukorica-, búza- és burgonyakeményítő, melyekből a D-maltóz katalitikus hidrogénezésével egy diszacharidot, vagyis maltitolt állítanak elő, ami egyenlő arányú glükóz és szorbitol kapcsolódásból épül fel. A folyamat során a karbonil csoport csökkentése növeli a képzett molekula termokémiai stabilitását. A kereskedelemben maltitol szirupként (E 965ii) és kristályosított formában (E 965i) is elérhető. (Grembecka, 2015b, Saraiva et al., 2020) A maltitol szirup egy keményítő hidrolizátum, ami 50% és 80% között tartalmaz maltitolt, a fennmaradó része leginkább szorbit és kismennyiségben egyéb cukrok. A kukoricaszirup hidrogénezésével készül. (Awuchi és Echeta, 2019)

A többi poliolhoz hasonlóan kismértékben szívódik fel a vékonybélben. Kísérletek alapján megállapították, hogy felnőtteknél akár 40 g elfogyasztása naponta lehetséges, míg gyerekeknél 15 g a tolerált mennyiség, amely nem okoz tüneteket. (Saraiva et al., 2020) A szervezetből az elfogyasztott mennyiség körülbelül 15%-a ürül változatlanul a széklettel, napi körülbelül 90 g, pedig hasmenést okozhat. (Awuchi és Echeta, 2019)

Felhasználása sokszínű, így akár szájhygiéniát biztosító termékeknél és gyógyszereknél is alkalmazható. Feltételezhetően sütőipar termékekben megakadályozza a nedvesség párolgását, mely képesség a kilenc hidroxil csoportjának lehet köszönhető. Kismértékű higroszkóposága miatt tökéletes áramlási tulajdonságokat biztosít, emellett, pedig magas hőmérsékleten sem veszti el stabilitását. (Saraiva et al., 2020) Az ételeknek krémes állományt ad, így akár zsírpótlóként is alkalmas lehet. Nem redukáló hatása révén nem vesz részt a Maillard-reakcióban, hűsítő hatása, pedig lényegében elhanyagolható. (Grembecka, 2015b) Ezzel szemben Awuchi és Echeta (2019), azonban azt állítja, hogy a kristályos

formából a szacharózhhoz hasonlóan karamellizálódik és barnul, illetve folyósodik el nagy hőhatásra. Alkalmazható még nedvesítő- és lágyítószerként is.

3.7. Édesítőszer hatása a kekszekben

A cukor és az édesítőszer szerkezetileg nem egyformák, így a sütőipari termékekben is másképpen hatnak. Az édesítőszer jelenléte az élelmiszerekben csökkenti a szénhidrát mennyiségét, ezzel együtt, pedig a kalóriatartalmat is, viszont a fehérje-, zsír- és széntartalomban nem történik említésre méltó változás. Ezeket Lin- (2008), Vatankhah- (2015) és munkatársai is igazolták kutatásuk során.

Lin és munkatársai (2008) eritrittel készített kekszeket vizsgáltak. Eredményeikben megállapították, hogy a cukros és az eritrites mintánál egyaránt a kekszre jellemző alacsony nedvességtartalom figyelhető meg, ami biztosítja a mikrobiológiai romlás elkerülését és a hosszabb eltarthatósági időt. Vatankhah és munkatársai (2015) növekvő mennyiségű stevia mellett csökkenést vettek észre a tényezőben, melynek oka az, hogy a cukor növeli a fehérje denaturáció és a keményítő zselatinizáció hőmérsékletét, ami segít eltávolítani a nedvességet a termékből. A szín esetében észrevehető, hogy az eritrit szintjének növekedésével a felület is világosabbá vált. Ennek lehetséges oka, hogy ez az édesítőszer egy polihidroxil vegyület redukáló csoport nélkül, ami nem reagál aminosavakkal a Maillard-reakció és a karamellizáció során. Gong és munkatársai (2020) is hasonló tapasztalatokat írtak le eritrit és xilit használata mellett, azonban a maltitolos minták színei közel egyformák voltak a cukrosokéval. Az eritrit szárazanyag a sütés előtt és után sem változott, így arra lehet következtetni, hogy egy hőstabil vegyületről van szó, melynek hőhatást követően sem tűnik el a termékekből az édes íze. A keménység adatok nem különböztek meghatározóan, azonban jelen helyzetben a szerzők szerint az eredmény oka az lehet, hogy kenyérlisztet használtak, melynek nagyobb a fehérjetartalma, mint a keksz készítéséhez alkalmas lisztnek. Gong és munkatársai (2020) vizsgálatában a keménység és a törékenység adatok szerint a cukros tételhez a maltitollal készültek hasonlítottak leginkább, míg a xilittel való helyettesítés csökkenést mutatott, mely megfigyeléssel Zoulias és munkatársai (2000) is egyetértettek, akik szorbitol mellett is esést fedeztek fel a tulajdonság értékeiben. Az eritrit jelenlétében keletkeztek a legkeményebb kekszek, ugyanis ennek az édesítőszernek van a legalacsonyabb víz oldékonysága, amivel elősegíthette a gluténhálózat kialakulását, illetve nagyobb a kristályosodásra való hajlama is. További felmerülő probléma lehet, hogy az eritrit nem vonzza a vizet, ami a sütőipari termékek gyors kiszáradásához vezethet. Roze és munkatársai (2021) a maltitol és szorbitol között nem

észleltek különbséget a keménységben, azonban a cukrosak puhábbak voltak, mint az azt helyettesítővel készültek, viszont az eltérés statisztikailag nem volt szignifikáns. Ezzel összefüggésben a cukros kekszek jóval porózusabbak voltak, ami arra utalhat, hogy minimális levegő épült be a tésztába a krémesítés során, ebből következően, pedig kevesebb vagy kisebb levegőbuborék fejlődött ki sütés közben, ami tömörebb termékhez vezetett.

A cukor és más édesítőszer jelentősen növelik a búzakeményítő csirizedési hőmérsékletét. Erre magyarázatot ad az, hogy a tészta rendszerében a cukor könnyen hidratálódik a víz molekulák által, így gátolják a folyékonyságot, ami a vízkaktivitás csökkenéséhez vezet. (Allan et al., 2018) Kweon- (2010), Gong (2020) és munkatársai kísérletének eredményei megegyeztek abban, hogy az eritrit, xilit, szacharóz és maltitol sorrend szerint, növekedett a hőmérséklet. A keményítő gélesedésének hőmérséklete szorosan összefügg a kész keksz végső minőségével. A cukorral ellentétben a maltitol, eritrit és xilit gátolják a lipid oxidációt, így meghosszabbítják a kekszek eltarthatósági idejét. (Gong et al., 2020)

A keksz tésztát illetően, a szacharóz teljes hiánya elősegíti a síkérhálózat fejlődését, amivel a nem kívánt elasztikus tulajdonságot biztosítja. Laguna és munkatársai (2013) szerint eritrittel való helyettesítés elasztikusabb kifejeletet adott, mint a szacharózzal vagy maltitollal való. Cukros, eritrites és maltitolos kekszek esetén is a tészta elasztikussága nagyobb volt, mint a viszkozitása. Stefan és munkatársai (2019) farinográffal végzett vizsgálatot steviával és eritrittel készült tésztán. A vízfelvétel mindkét édesítőszer arányának növekedésével csökkent, amire az lehet a magyarázat, hogy a fehérje- és komplex szénhidrát tartalom kevesebb az édesítőszer szintjének növelésével. Stevia mellett a jelenség intenzívebb volt. Összességében ez annyit jelent, hogy a minél több az édesítőszer, annál nagyobb mennyiségű vizet követel ahhoz, hogy a tészta elérje a megfelelő konzisztenciát. Hemada és munkatársai (2016) hasonló tapasztalatokat írtak le steviával. A tészta fejlődési és stabilitási idő növekszik, a lágyulás, pedig csökken mindkét édesítőszer növekvő koncentrációja mellett, azonban elmondható, hogy nélkülük is ugyanennyi időbe telik a búzafehérje fejlődése. A lágyulás esetén a steviás minták kisebb értékeket kaptak, mint az eritritesek. Lehetséges, hogy a több édesítőszer gyengíti a tészta struktúráját, ami a ragadást okozhat gyúrás közben. Elmondható, hogy a liszt erőssége növekszik az édesítőszer szintjével, főleg a steviás mintákban.

Roze és munkatársai (2021) cukrot, maltitolt és szorbitolt alkalmaztak a kekszek készítésekor. A géppel végzett formázást követően nem vehető észre számottevő különbség a vastagságukban és formájukban, viszont a maltitolos minták átmérője valamivel kisebb a

tészta omlósabb állaga végett, ami a végtermék tulajdonságainak befolyásolása nélkül keletkező kis hiba. A tészta kezelhetőségét Zoulias és munkatársai (2000) szerint nem befolyásolta az, hogy a maltitollal készültek alacsonyabb tapadási, összetartó és kicsivel magasabb állomány értékeket adtak, mindemellett ezek a tényezők szorbitol és cukor esetében megegyező adatokat mutattak. Víztartalmuk kezdetben nem volt megegyező, de végül közel egyformává alakult, csupán a szorbitolos tészta bizonyult kissé hidratáltabbnak. A kekszek hő hatására kismértékben zsugorodhatnak, ugyanis a tészta nyer némi elasztikusságot, amikor a síkérhálózat elkezd kifejlődni leginkább az elkészítés során, de akár a keverés és a formázás alatt is előfordulhat. Ez egy nem kívánatos tényező, ami még a víz rendelkezésre állásától is függ. A szacharóz képes korlátozni a gluténhálózatot, míg a poliolok nem, vagy ellensúlyozhatja a hálózat keletkezésének hatását a terjedés által a sütés közben. Sütést követően a cukros kekszek vastagsága szignifikánsan nagyobb volt, mint a szorbitolos és maltitolos mintáké, ez Zoulias és munkatársai (2000) eredményeivel megegyezett. Ezzel szemben Laguna és munkatársai (2013) a cukor csökkentése és az édesítőszer nagyobb arányú használata mellett az átmérő csökkenését és a vastagság növekedését láttak, azonban meghatározó különbséget nem tapasztaltak a maltitol és az eritrit adataiban, ezzel egyetértettek Vatankhah és munkatársai (2015) is, akik steviával végeztek kísérletet, viszont ők jelentős különbséget láttak.

Szteviozidokat használva a vízaktivitásban komoly változás figyelhető meg, ugyanis a 100%-ban ezt tartalmazó mintáké a legnagyobb, míg az, amelyben egyáltalán nem található kapta a legkisebb értékeket, melynek oka az lehet, hogy az édesítőszer nem rendelkezik vízmegkötő tulajdonságokkal, mint a cukor. Továbbá az édesítőszer mellett korábban megkezdődik a keményítő gélesedése a sütés során, ami korlátozza a kekszek normál térfogatának kialakulását, így ennek csökkenése tapasztalható. (Vatankhah et al., 2015)

Az érzékszervi bírálatokból kiderülhet, hogy a fogyasztók számára az alternatívák közül, melyek és milyen arányban lehetnek a legelfogadhatóbbak. Lin és munkatársai (2008) kutatásában a csak szacharózt tartalmazó mintát ítélték a fogyasztók a legédesebbnek, míg a 100% eritrittartalmú a legkevésbé édesnek, mely az eritrit 60-80%-os édesítő erejének tudható be a cukorhoz képest. Az értékelést végzők a cukor mellett 50, 75, illetve a 100%-ban eritritet tartalmazó tételknél hűsítő hatást figyeltek meg, mely az eritrit szájban való oldódása során kialakuló negatív hőhatásnak lehet köszönhető. Az összességében vett kedveltségi eredmények azt mutatják, hogy az 50%-ig eritritet tartalmazó minták, kielégítőek lehetnek a fogyasztók számára és ugyanolyan érzékszervi és fizikai tulajdonságokkal bírnak, mint a 100% szacharózt tartalmazók. Hasonló arányt javasolnak

Laguna és munkatársai (2013), illetve a teljes kiváltásra alkalmas lehet 100% maltitol használata, melyet Gong és munkatársai (2020) is alátámasztanak. Vatankhah és munkatársai (2015) az eritrithez hasonlóan 50%-nyi stevia alkalmazását javasolják. Zoulias és munkatársai (2000) a maltitollal és laktitollal készült kekszeket találták a legjobban a cukrosra hasonlítóknak, míg a szorbitoltartalmúak tulajdonságai is elfogadhatónak bizonyultak. A xilitol és a mannit negatívan befolyásolta az ízt és az utóbbi korlátozta a terjedést és kellemetlen megjelenést kölcsönzött, mellyel alkalmatlanná vált a kekszek előállítására. Általánosságban a poliol tartalmú kekszek kevésbé édesek, mint az elvárt, de aceszulfám-K hozzáadásával fokozható az édes íz, ami javíthatja a vevői kedveltségét. Ezek összefoglalását a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat – Szakirodalmak alapján az ajánlott alkalmazási mennyiségek összefoglalása (források: a táblázatban)

édesítőszer fajtája	arány helyettesítéshez	forrás
eritrit	50%-ig	Lin et al. (2008), Laguna et al. (2013)
maltitol	100%-ig	Laguna et al. (2013), Gong et al. (2020)
stevia	50%-ig	Vatankhah et al. (2015)
mannit	nem ajánlott alkalmazni	Zoulias et al. (2000)
aceszulfám-K	csak poliolok kiegészítésére	Zoulias et al. (2000)

3.8. Alternatívák a finomított búzaliszt kiváltására a rosttartalom növelése érdekében és ezek hatásai a kekszekben

A sütőipari termékeknél egy központi alkotó a liszt, mely felépítői nagyrészt keményítő, fehérje és víz. A technológia kialakításának szempontjából ezen összetevő lényeges jellemzője a vízfelvévőképesség, amit a keményítő- és fehérjeszint szabályoz. A kekszek rendszerében, a kenyérral ellentétben a keményítőszemcsék nem alkotnak folytonos gélhálózatot, így inkább töltőanyagként vannak jelen. Az édesipari lisztes áruk esetében az alacsony, 8-10% fehérjetartalmú lágy búzalisztet tartják ideálisnak, mivel a gluténnek csak minimális hálózatot szükséges kialakítani a tészta kívánt feldolgozásához. (Arepally et al., 2020) A siker százaléka mutatja meg a liszt erősségét és felelős a tészta rugalmassági, összetartó és viszkózus tulajdonságainak kialakításáért. A búzaliszt cseréje megváltoztatná

a fehérje összetételét, ami befolyásolná a víz felszívódását, a tészta reológiai tulajdonságait, tápértékét, fizikai jellemzőit, mint keménység, terjedés, szín. (Klunklin és Savage, 2018) Bár a legmegfelelőbb a búzaliszt, hátulütője, hogy a benne található glutén cöliákiához vezethet, illetve a hozzájárul a keksz komplex szénhidrát tartalmának növeléséhez, melynek következtében elősegíti az elhízást. A felsorolt okok következtében szükségessé vált a finomított búzaliszt részben vagy egészben történő kiváltása az élelmiszeriparban. (Arepally et al., 2020) Ez történhet akár teljeskiőrlésű lisztekkel is, melyek több vitamint, ásványi anyagot, antioxidánst és rostot tartalmaznak, valamint akár hüvelyesek vagy pszeudocereáliák felhasználásával is. (Alioglu és Özülkü, 2021, Cairano et al., 2018)

A kekszek minden korosztályban való népszerűsége végett a szakemberek szükségesnek látták az egészségre pozitív hatást gyakorló gabonák alkalmazását ezen áruk esetében is. Erre egy megfelelő alternatívaként kínálkozik fel a zab, mely már muffinokban és kenyerekben is helyállt. (Swapna és Rao, 2015) Már közismert a táplálkozásban betöltött szerepük és előnyeik, magas vitamin- és ásványi anyag tartalmuk. Tökéletes forrása a β -glükánnak, ami egy oldható, nem keményítő tartalmú, az aleuronréteg sejtfalában megtalálható élelmi rost. A sütőipari termékekben történő felhasználása, azonban korlátozott, ugyanis nem képes összetartó, viszkoelasztikus tésztát alkotni, amely úgy tartja meg a gázokat, mint a búza gluténhálózata. (Zaki et al., 2018)

A tészta kialakításánál a fehér lisztes mintákkal összehasonlítva, a finomra őrölt zabot tartalmazók puhább és kevésbé tapadós eredményt mutattak, azonban nagyobb mennyiség használata nem okozott jelentős változást ezekben a tényezőkben. Ennek oka az lehet, hogy a finomított liszt vízzel történő elkeverését és gyúrását követően a keményítő abszorbeálja a vizet és megdagad, mellyel ragadóssá válik. A tésztaképződés a glutén fejlődését elősegítő vízfelvétel révén történik. A zab által kiváltott csökkenés feltételezhetően a búzalisztben található poliszacharidok és a fehérjék közötti kölcsönhatásnak tulajdonítható. (Swapna és Rao, 2015) Teljes kiőrlésű búza- és minél nagyobb mennyiségű zabliszt együttes használata mellett, a tészta vízfelvétele növekedett, ami a zab nagy rost- és nem cellulóz poliszacharid (β -glükán és pentozánok) tartalmának lehet köszönhető, ugyanis a rostot nagy víztartó képesség jellemzi. (Hussein et al., 2010) Ezzel Duchonová- (2013), Zaki- (2018), Mousa (2022) és munkatársai is egyetértettek vizsgálataik során. Farinográffal végzett mérések során Zaki- (2018), Mousa- (2022), és munkatársai a vízfelvétel idejében, valamint az ellágyulás értékeiben növekedést tapasztaltak a kontrol mintákhoz képest, mindemellett a tészta kialakulásának és az alaktartó és gáztartó képességét bemutató, úgy nevezett stabilitás

ideje csökkent. A nagyobb mennyiségű zab mellett való esés a tészta elkészítésének idejében a gyengébb gluténhálózat kialakulásának tudható be.

A kisült kekszek különböző sajátosságainak vizsgálata során több szakember is hasonló eredményeket kapott. Khalil és munkatársai (2015) növekvő arányú zab felhasználása mellett alacsonyabb fényesség adatokat mértek, mindemelett a szín világosbarnából sötétbarnává való átmenetét figyelték meg, mely a Maillard-reakció oka lehet, ami a redukáló cukrok és aminosavak között játszódik le. A többletben hozzáadott zab befolyására az átmérő és a terjedés csökkent, míg a vastagság nőtt. Az érzékszervi vizsgálatok során azt tapasztálták, hogy a nagyobb mennyiségű zabot tartalmazó minták összességében tekintve kevésbé voltak kedveltek a fogyasztók körében. Zaki és munkatársai (2018) az előbbiekhöz képest eltérést az átmérőben írtak le, ugyanis ők nagyobb mértékű zab használata esetén növekedést tapasztaltak, akár csak a térfogatnál, ami ezen gabona magas rosttartalmához és emulgeáló tulajdonságához lehet köthető. Mousa és munkatársai (2022) a legutóbb említett jellemzőnél csökkenést tapasztaltak, illetve a nagymértékű zab jelenléte keményebb és nehezebb kekszeket eredményezett. Összetételüket vizsgálva Zaki- (2018) és Mousa (2022) és munkatársai egyetértettek abban, hogy a több zabot tartalmazó mintáknál csökkent a fehérje- és a szénhidrát-tartalom, valamint nőtt a nedvesség-, hamu-, zsír- és a rosttartalom. Shebini- (2014), Youssef (2016) és munkatársai ezzel megegyező adatokat kaptak, azonban a fehérjetartalom esetében növekedést tapasztaltak. Ásványi anyag tartalmuk is növekedett. (Mousa et al., 2022) Az őrlés mértékét szem előtt tartva elmondható, hogy a nagyobb méretben alkalmazott zab az elvárthoz közelebbi minőséget biztosít, mint a finomra őrlt. (Khalil et al., 2015) Egyes források szerint a fogyasztók számára legelfogadhatóbb termék a finomított búzaliszt 10% zabbal való helyettesítésével elérhető, (Khalil et al., 2015, Youssef et al., 2016) azonban egy későbbi kutatásban a búzaliszt zabliszttel való 80%-os kiváltása esetén nagymértékű kedveltséget tapasztaltak. (Mousa et al., 2022)

Rostdús keksz készítéséhez felhasználható akár búza-, zab-, rizs-, árpakorpa, rezisztens keményítő, zöldség- vagy gyümölcsrost is. A különböző rostok hatása mind a teljes élelmi rosttartalmán és oldhatóságán is múlik. A jóllakottságot fokozó termékek előállításához elengedhetetlen a nagy viszkozitású, oldható rostok használata, melyek a tészta készítéséhez szükséges víz egy részét a keverés során abszorbeálják, ezáltal elérhetetlenné teszik és megakadályozzák, hogy formázásra alkalmassá váljon. Ebből következően a rost hozzáadása megköveteli a tészta víztartalmának növelését, ami miatt a keksz keményebbé válhat. A felsorolt okok miatt fontos a pontos, hozzáadott minimális víz mennyiség meghatározása. Ilyen oldható rostok például a β -glükán és a guar gum. (Villemejane et al.,

2013) A rostok nagyobb számú hidroxil csoportja több víz felvételét teszi lehetővé a hidrogén kötések keresztül, emiatt sok az abszorbeált víz. (Sudha et al., 2007)

Villemejeane és munkatársai (2013) zab-, árpakorpa, teljes kiőrlésű árpából kivont β -glükán koncentrátum és guargumi (oldható rost: 21,6%, 27,4%, 70,8%, 66,9%, nem oldható rost: 22,4%, 16,7%, 0,4%, 11%, nedvesség: 5,3%, 9,2%, 4,4%, 13,9% tartalmú) használatával tettek kísérletet egy rostban gazdag keksz elkészítésére és vizsgálták az egyes jellemzőket. Beigazolódott az az elvárás, hogy a tészta hidratáltságának növelése szükséges. A legnagyobb vízfelvevő képessége a nagy oldható rosttartalmú guargumi és béta-glükán koncentrátumnak volt, míg a csak részben oldható rostot tartalmazó zab- és árpakorpa hasonlóan kevesebb vizet vett fel. Sudha és munkatársai (2007) búza-, rizs-, zab- és árpakorpát (teljes ételmi rost: 47,5%, 40%, 20,4%, 45%, ebből oldható rost: 5,01%, 4,33%, 8,9%, 10,8%, nedvesség: 7,68%, 10,56%, 6,45%, 4,92% tartalmú) használtak, mely alkotókkal ők is megerősítették a felvett víz megnövekedett mennyiségét. Esetükben a zab- és árpakorpa különböző mennyiségű vizet vett fel, azonban megjegyzendő, hogy a zab rosttartalma kevesebb volt az árpához képest, míg az előbb említett kutatásban szinte ugyanolyan rosttartalommal dolgoztak. További tapasztalatuk, hogy a legnagyobb vízfelvétel növekedést, a 10%-tól 40%-ig terjedő hozzáadás esetén az árpa- és búzakorpa okozta. A tészta kialakulás idejében nagyobb növekedés mutatkozik a búza- és rizskorpánál, a stabilitási idő, pedig jelentősen csökkent a zabnál és az árpánál. Nagymértékű korpa használata a tészta lágyulásához vezet, később a végterméknél, pedig egyre keményebbé válnak a kekszek. A nyújthatósági teszt során az értékek minden esetben szignifikánsan csökkentek. A 205°C-on, 9-10 percig tartó sütést követően vaskosabbak és sötétebbek lettek. Az érzékszervi minősítés során az íz- és a szájérzet 20% korpa mellett száraznak bizonyult. Erre magyarázatot adhat Stanyon és Costello (1990) munkássága, akik búzakorpa hozzáadásával végeztek vizsgálatokat. Megfigyelésük az, hogy a nagyobb mértékű búzakorpa használata szárazabbá, törekenyebbé és morzsalékossá tette a kekszeket, így azok rágásához több nyálra volt szükség. A szárító hatás a már ismertett vízfelszívó tulajdonság és a sütés során a lisztnél gyorsabb párolgásnak tudható be. A búza és a zab az érzékszervi vizsgálatok során hasonló adatokat adott. A fogyasztók által elfogadottnak minősült a 20% búza-, vagy árpa- és 30% zabkorpás kekszek, azonban összességében elmondható, hogy 10% hozzáadása egyik korpából sem befolyásolja a keksz minőségét.

3.9. Olajok és zsírok hatása a kekszekben

A kekszekben a zsír a harmadik legfontosabb elem a lisztet és a cukrot követően, melynek általánosan ismert jelentősége, hogy puha, omlós állományt és a szájban történő kellemes érzést adjon. Ehhez a leggyakrabban laurikus zsírokat, nagy olajsav tartalmú napraforgó olajat vagy pálmaoleint szoktak felhasználni. Fajtájuk és a receptben használt arányuk befolyásolja az elkészült termékek sajátságait. (Arepally et al., 2020) Technológiai szempontból, bár nagyon hasonló a szacharózhoz, fiziko-kémiai rendeltetésüket tekintve mások. (Pareyt et al., 2009)

Már elfogadott tény, hogy a zsírok és olajok rövidítő funkciót töltenek be a tésztában azáltal, hogy megakadályozzák a gluténhálózat kialakulását. (Devi és Khatkar, 2017) Ennek eléréséhez a liszttel még a hidratációja előtt össze kell keverni, mellyel egy kevésbé elasztikus tésztát lehet létrehozni, ami Maache-Rezzoug és munkatársai (1998) szerint a gyártás során lényeges lehet, ugyanis a túl rugalmas tészta a laminálás folyamatát követően zsugorodna, viszont Khatkar és munkatársai (2013) elmélete, hogy a kisebb rugalmasság nehezíti a végtermék formázását. Gátolják a szén-dioxid diffúziójának kelesztő hatását azáltal, hogy a liszt alkotói körül bevonó réteget képeznek. A sikért és a keményítőszemcséket körülvéve elkülönítik és megakadályozzák a polimerek kialakulását, így csökkentik a hálózat sűrűségét, amivel a sütést követően puhább és törekenyebb terméket lehet elérni. (Pareyt et al., 2009, Arepally et al., 2020, Maache-Rezzoug et al., 1998) Diszpergálják az összetevőket, mely képességük a vízben való oldhatatlanságuknak köszönhető. Adott konzisztenciánál célszerű a zsiradék növelése esetén, a víz mennyiségének csökkentése, illetve fordítva. (Maache-Rezzoug et al., 1998) A zsírok és olajok végtermékben betöltött szerepe a zsírsav összetételüktől is függ, befolyásolják a fiziko-kémiai paramétereket a keményítő tartalmú élelmiszerekben, mely az amilóz-lipid komplex képződésének tulajdonítható. (Devi és Khatkar, 2017)

A zsír hatásának vizsgálatára számos kísérlet történt. A tészta készítés során a zsírtartalom növekedésével csökkent a keverési energia, a keverék elasztikus tulajdonsága, tömege, sűrűsége, keménysége és ezek mellett nagyjából exponenciálisan a viszkozitás is. A többlet zsír felhasználásával a keverés során kisebb fajlagos energia értékek kaphatóak, ami sokkal homogénebbé és puhábbá alakítja a tésztát, viszont a homogenizálását és a hálózat kialakulását követően ezek az eredmények egyenletesek voltak. Egy elmélet szerint a zsír stabilizálja a tészta sejtjeit, melynek következtében a sűrűség és a keménység csökkenés, a zsír által bevont nagyobb mennyiségű levegő miatt jöhet létre. A relaxációs idő és a

viszkozitás csökkenése, azt a feltételezést erősíti meg, hogy a zsír hozzájárul a plasztikusághoz a beépült levegő volumenétől függően. (Maache-Rezzoug et al., 1998, Pareyt et al., 2009)

A sütés során a hozzáadott zsír növelte a kekszek terjedését, melynek oka, hogy a nagyobb mennyiségű olajfázis növeli a mobilitást a rendszerben a zsír olvadásával. Egy kutatás szerint ez a jellemző, 20% és felette való zsírarány esetén stabilizálódni kezd, azonban a növelt zsír jelenlétében lassabban történik a folyamat. A késztermékek tömege a tészta súlyával arányosan, a zsír növelésével csökken. A vastagság értékeinek esése, a növekvő terjedés eredménye, ahol a csökkenés 10% és 20% között jelentősebb. A magas zsírkoncentráció törékeny, nem ropogós struktúrát eredményez, omlásra való hajlammal. (Maache-Rezzoug et al., 1998)

A nagymértékű cukorfogyasztáshoz hasonlóan, a túlzott zsírbevitel is krónikus egészségügyi rendellenességekhez vezethet, mint rák, magas koleszterinszint vagy érrendszeri betegségek, így szükségessé vált a pótlásukra megfelelő egészségesebb alternatívák, mint egyes olajok vagy más zsírpótlók megkeresése. (Arepally et al., 2020) A zsírfogyasztás a telített- és a transzszírsavak miatt válik problémássá. A telített zsírsavak nagyrészt a pálmaolajban találhatóak meg, palmitinsav formájában, míg a transzszírsavak rendszerint a zsír hidrogénezésének folyamatában alakulnak ki, mikor a folyékony halmazállapotból szilárdra válik a zsíradék. Hátrányos hatásuk a szervezetben, hogy emelik az LDL koleszterin szintjét a vérben. Mindkét zsírsav magas olvadásponttal rendelkezik. (Onacik-Gür et al., 2015)

A zsír helyettesítése, azonban továbbra is kérdéseket vet fel, ugyanis ezen összetevő jobban befolyásolja a jellemzőket, mint a cukor vagy a liszt. A zsírpótlók típusait tekintve megkülönböztetünk szénhidrát-, fehérje-, lipid-, emulgeálószer- és szintetikus zsír alapúakat. (Arepally et al., 2020)

A kekszekben főként zsírokat alkalmaznak a kívánt sajátosságok eléréséhez, így azok növényi olajjal történő helyettesítése olyan problémákat okozhat, mint az elvárt érzékszervi paraméterek megváltozása vagy az oxidáció miatti kevesebb eltarthatósági idő. (Devi és Khatkar, 2017)

Számottevő vizsgálatok készültek arról, hogy ezen alapanyagok közül, az egyes halmazállapotúak milyen hatást gyakorolnak a kekszek tésztájára, illetve a sütést követő tulajdonságokra. Manohar és Rao (1999), Mamat és Hill (2012), Devi és Khatkar (2017) egyetértettek abban, hogy a hidrogénezett zsír, a sütőmargarinnal és az olajjal szemben a tésztának keményebb állagot ad. Baltsavias és munkatársai (1997) arra a megfigyelésre jutottak, hogy kevesebb zsír mellett vagy olajat használva szignifikáns csökkenés vehető

észre a tészta merevségében, ami magyarázza a puhább állományt az olajok esetében, melyek a tésztában kis zsírgömbökké diszpergálódnak, így kevésbé hatékony a rövidítő és levegőztető hatásuk. Ebből és ragadós természetükből adódóan, a zsírokhöz képest jóval tapadósabb és összetartóbb tésztát alkotnak. (Devi és Khatkar, 2017) Manohar és Rao (2002) szerint a tészta sűrűsége a legjobb előrejelzője a keksz érzékszervi jellemzőinek. Állítják, hogy a kisebb sűrűség ropogósabb és jobb textúrájú végterméket ad. Devi és Khatkar (2017) észrevétele pedig, az hogy a kevesebb levegőt tartalmazó tészta sűrűbb, melynek oka, hogy az olajok nem képesek a keverés befejezéséig benntartani a levegőt. Ezeket a tapasztalatokat Baltsavias és munkatársai (1997) is megerősítették munkásságuk során. A szilárd zsír index (SFI) is a befolyásoló tényezők közé tartozik, ugyanis a nagyobb SFI értékű zsírok merevebb tésztát eredményeznek. (Manohar és Rao, 1999)

A késztermékeket szemügyre véve, megállapítható, hogy az olajok nagyobb átmérőt és terjedést, valamint laposabb kekszeket biztosítanak, melynek oka, hogy ezek a sajátosságok egymással kapcsolatban állnak, a sütés során, pedig az előbb olvadó lipidek befolyásolják őket. Megfigyelések szerint, azonban a vastagság változékonysága nem szignifikáns a különböző olajok és zsírok esetén. A terjedés egy olyan tényező, ami addig tart, míg a fehérje koaguláció, illetve a keményítő gélesedése végbe nem megy. (Jacob és Leelavathi, 2006, Pareyt et al., 2009, Devi és Khatkar, 2017) A fenti állítással ellentétben, azonban Abboud és munkatársai (1985) arra a következtetésre jutottak, hogy a zsiradék típusa nem befolyásolja jelentősen a terjedést. A törést vizsgálva az tapasztalható, hogy az olajokkal készütek keményebbek és a tészta állománya nem feltétlenül befolyásolja a kisült termékét. (Devi és Khatkar, 2017) Az olajos tételek paraméterei javíthatók, ha más jellegű anyagokkal, például xantángumival vagy hidroxipropil-metilcellulózzal keverve alkalmazzák az édesipari lisztes árukban. (Tarancón et al., 2013)

Devi és Khatkar (2017) kutatása során vajjal, hidrogénezett zsírt, pálma-, kókusz-, földimogyoró- és napraforgó olajat használt. Az eredmények kimutatták, hogy a napraforgó olajjal készült tészta a legpuhább, legtapadósabb, legrugalmasabb, később, pedig a legnagyobb terjedést, legkisebb vastagságot és a legkeményebb állományt mutatta, mindemellett a hidrogénezett zsírral a legmerevebb tészta, a legkisebb terjedés és a legpuhább végtermékek készültek. A vajjal készült tészta bizonyult a legkevesbé tapadósnak, összetartónak és rugalmasnak. A kekszek és a tészta sűrűsége nem mutattak párhuzamot, ugyanis a vajjal és pálmaolajjal készült tészták közel azonos sűrűségűek voltak, míg a végterméknél a vajjal sokkal nagyobb értékeket mutattak, mint a pálmaolajosak. Pálma- és kókuszolajosak hasonló, míg a vajjal készült kekszek terjedése szignifikánsan kevesebb volt

hidrogénezett zsírosokhoz képest. Pálmaolajos, vajjas, hidrogénezett zsíros tételek nem mutattak meghatározó különbséget a törésben. Az pálmaolaj kedvező hatása, annak lehet köszönhető, hogy a legnagyobb szilárd zsírtartalommal rendelkezik az olajok közül, ami ezáltal több levegő bevonására képes a tésztába. Onacik-Gür és munkatársai (2015) a magas olajsav tartalmú napraforgó olajjal készült keksz mintákat vizsgálták zsírral szemben. Tapasztalataik szerint, az olajjal készült kekszek érzékszervi és fizikai szempontból csökkentebb minőségűek, viszont inulint vagy lecitint adva a recepthez, néhány tulajdonság ezek közül kiegyensúlyozásra került. Korábbi forrásokkal megegyezően ebben a tanulmányban is, az olajos minta nagyobb törési értékeket adott. Új tényezőként jelent meg a színmérés, ahol látható, hogy az olaj sötétebb színt váltott ki, ami nagymértékben különbözött a zsíros tételekétől.

A magas olajsav tartalmú olajok – melyek leginkább napraforgó, repce és szója terményekből készülnek -, nemcsak élettani, de ipari szempontból is tökéletes alternatívák lehetnek. A hagyományos változatokhoz képest mindegyik megfelelőbb technológiai és táplálkozási szempontból is, azonban őket összehasonlítva lehet különbséget tenni. A zsírsav összetételét tekintve a legjobb opció a napraforgó, ugyanis magasabb olajsav- (akár 92%), alacsonyabb linolsav- (legfeljebb 1%) és nagyon alacsony linolénsav- (<0,3%) és többszörösen telített zsírsav tartalmú, mely értékek nem találhatóak meg a repce és szója olajokban. (Zambelli, 2020) Összehasonlítva a szokványos napraforgóolajjal (körülbelül 17% olaj- és 71% linolsav-tartalom), elmondható, hogy termikus és – a tárolás során fontos – oxidatív stabilitása nagyobb, mely a linol- és linolénsav alacsony arányához köthető. (Smith et al., 2006)

4. Anyagok és módszerek

4.1. Alapanyagok

Finom őrlésű zabpehely: Happy Harvest (H. & J. Brügger KG)

Teljes kiőrlésű búzaliszt: Nagyi Titka (GoodMills Magyarország Malomipari Kft.)

Nagy olajsav tartalmú napraforgó olaj (továbbiakban: HOSO): BuslakOil (Buslak Oil, s.r.o.)

Eritrit: Happy Harvest (INSTANTINA Ges.m.b.H.)

Maltitol: Paleolit (Paleocentrum Kft.)

Kristálycukor: Koronás (Magyar Cukor Zrt.)

Víz: csapvíz

Sütőpor: Dr. Oetker (Dr. Oetker Magyarország Kft.)

Só: Solinwest (Solinwest 2000 Kft.)

Cukormentes zabkeksz: Gullón (Galletas Gullón, S.A.)

4.2. Elkészítéshez és méréshez felhasznált eszközök

Mérleg: Steinberg SBS-LW-2000A

Sütő: Sveba Dahlen SRP130

Kávédaráló: Gorenje SMK150E – a színmérés során használtam

Shínmérő: Konica Minolta CR-310

Állománymérő: TA.XT.plus SMS gép (Stable Micro System)

4.3. Receptúra

Az általam készített recepthez az összetevőkben és azok alkalmazott arányában inspirációt a kereskedelmi forgalomban megtalálható Gullon cukormentes zabkeksz adott.

A mérésekhez használt Gullon keksz összetevői: teljes kiőrlésű gabonafélék 59,5% (zabpehely, búzaliszt), magas olajsavtartalmú növényi olaj 18 %, édesítőszer: maltitok, növényi rost, térfogatnövelő szer: nátrium-karbonátok és ammónium- karbonátok, étkezési só, természetes aroma.



1. ábra – Használt Gullon cukormentes zabkeksz (forrás: Internet 4.)

4. táblázat – Az általam összeállított keksz összetevői, azok mennyisége, aránya és Gullon zabkeksz összetevőinek aránya (saját készítés, 2023)

összetevő	sütés során használt mennyiség (g)	arány (%) / 100 g tésztához (g)	Gullon keksz arány (%)
finom őrlésű zabpehely	260	32,3	34
teljes kiőrlésű búzaliszt	195	24,2	25
HOSO	140	17,4	18
eritrit / maltitol / cukor	125	15,5	NM
víz	80	9,90	NM
sütőpor	5	0,62	NM
só	0,5	0,062	NM

*NM, nem meghatározott

A 4. táblázat tartalmazza a receptet, ennek 2. oszlopában látható mennyiségekből 805,5 gramm tészta készült, a 3. oszlopban, pedig ezek az értékek átszámítva 100 g tészta előállításához elegendők.

Látható, hogy a vizsgálatokhoz használt bolti kekszben nincs jelölve külön a zabpehely és a teljes kiőrlésű búzaliszt aránya, illetve magas olajsav tartalmú növényi olajat használtak, de nem HOSO-t. Ezen tényezők meghatározása egy másik, az interneten talált Gullon által gyártott zabkeksz segítségével történt, melynek felépítése rendkívül hasonló használtéhoz (összetevői: teljes kiőrlésű gabonák 59% (zabpehely 34%, teljes kiőrlésű búzaliszt), nagy olajsavtartalmú napraforgó étolaj 18%, édesítőszer (maltitol), növényi rost, térfogatnövelő szer (nátrium-hidrogén-karbonát, ammónium-hidrogén-karbonát), só, aroma, antioxidáns (tokoferolban gazdag kivonat)). (Internet 5.) Az utóbb említett keksz beszerzése számomra bonyolultabb volt, kevesebb üzletben megtalálható, ezért döntöttem inkább a másik termék megvásárlása és alkalmazása mellett.

4.4. Elkészítés és sütés



2. ábra - Az összegyúrt tészta, a formázott sütésre váró kekszek és a kisült kekszek (saját készítésű, 2023)

Első lépésként az olajat és az épp aktuálisan használt édesítő anyagot elkevertem, majd külön a porózus összetevőket is. A végső homogenizálás során egyenletesen adagoltam az édesítőszeres olajos elegyhez a lisztes keveréket, majd mikor már nem volt kellően összetartó, hozzáadtam a vizet. Ezt követően, a kapott tésztából kekszenként 15-16 grammnyi mennyiséget kimértem, majd egy 5,5 cm átmérőjű kerek süteménykiszűrőben formáztam kézzel. A sütés 200 °C-on, 10 percig történt, légkeveréssel. Az elkészítés néhány lépése a 2. ábrán, a kisült kekszek fajtánként kettévágva a 3. ábrán lathatók.



3. ábra - A vizsgált kekszek fajtánként (saját készítésű, 2023)

4.5. Színmérés

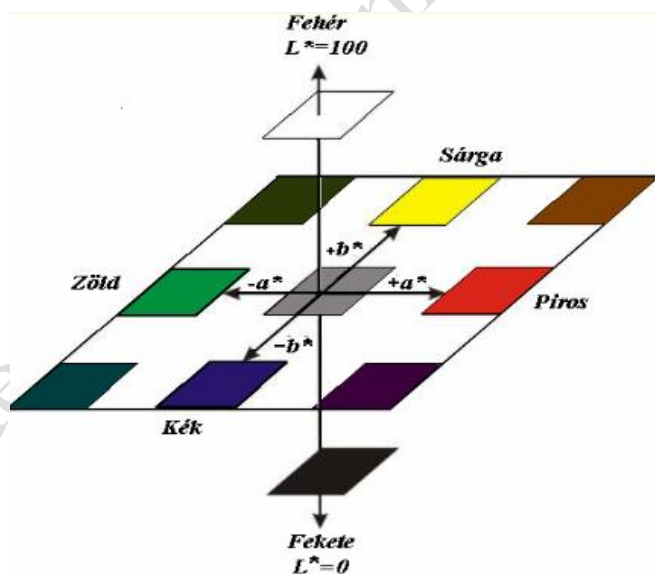
A minták felületének színű néhol világosabb, néhol pedig sötétebb, így az eredményesebb színméréshez azok kávédarálóban történő aprítása mellett döntöttem. A darált kekszeket Petri-csészében eloszlattam, majd annak 12 különböző pontján mérést végeztem (4. ábra).

A pontosság érdekében egy fehér papírlapot használtam háttérnek, a kalibráció is ugyanezzel történt. A mérés a sütést követő első napon valósult meg.



4. ábra - Az aprított minták (sorrend szerint: cukor, eritrit, maltitol, bolti) (saját készítésű, 2023)

A használt mérőeszköz, a Konica Minolta CR-310 egy tristimulusos színmérő, mely a CIE $L^*a^*b^*$ színtér alapján adja meg az adatokat, így alkalmas a visszavert szín és a színekülönbség meghatározására. A színekoordináták közül L^* a világossági tényezőt, a^* a vörös-zöld, b^* a kék-sárga színezetet jelöli. Az 5. ábrán látható, hogy L^* 0 és 100 között a legsötétebbtől a legvilágosabbig terjed, míg a^* és b^* esetén mínusz és plusz értékek vannak.



5. ábra - CIE LAB színtér (forrás: Internet 6.)

A színekülönbséget ΔE^* jelöli, ami két színpont térbeli távolságát jelenti, melynek kiszámításához a következő képlet használható:

$$\Delta E_{C,M,E}^* = \sqrt{(\Delta L_{C,M,E}^*)^2 + (\Delta a_{C,M,E}^*)^2 + (\Delta b_{C,M,E}^*)^2}$$

1. képlet – Színekülönbség kiszámításának képlete

ahol: $\Delta L_{C,M,E}^* = L_{C,M,E}^* - L_B^*$ $\Delta a_{C,M,E}^* = a_{C,M,E}^* - a_B^*$ $\Delta b_{C,M,E}^* = b_{C,M,E}^* - b_B^*$

Az alsó indexben a C a cukros, M a maltitolos, E az eritrites, B a bolti mintát (Gullon zabkeksz) jelöli. A számítás során L^* , a^* , b^* átlagait használtam. Mivel a bolti keksz volt eddig is az alap, így a színkülönbség kiszámításánál is a sütött minták mindegyikét ehhez hasonlítottam, mint etalont használtam. Továbbá érdekes lehet a cukros és maltitolos kekszek összevetése, mivel ez a két molekula rendkívül hasonlóan viselkedik technológiai szempontból. Ez esetben is a fenti képlettel számoltam, a megfelelő behelyettesítéssel.

A kapott értékekhez vizuális érzéklet is kapcsolható:

$\Delta E^* < 0,20$ – észrevehetetlen

$0,20 < \Delta E^* < 0,50$ – igen csekély

$0,50 < \Delta E^* < 1,50$ – csekély

$1,50 < \Delta E^* < 3,00$ – észrevehető

$3,00 < \Delta E^* < 6,00$ – feltűnő

$6,00 < \Delta E^* < 12,00$ – erősen észlelhető

$\Delta E^* > 12,00$ – igen nagy a különbség

A színadatokban hibát okozhat a nem megfelelő sütési idő, hőmérséklet, a morzsák nem egyenletes aprítása, eloszlata és ugyanazok a pontok mérése.

4.6. Állománymérés

Az elvárt élvezeti érték biztosításához elengedhetetlen az édesipari lisztes árukra jellemző kellően ropogós, omlós, nem túl kemény textúra megalkotása. Ennek vizsgálatát TA.XT.plus SMS géppel fajtánként 20 darab kekszen, körülbelül 3,5 másodpercig, egy vágással végeztem. A műszer nyomás hatására mérte a mintákra ható maximális erőt, ahol az eredmény az érintkezést követő egy másodpercben figyelhető meg.

A mérést az alábbi paraméterekkel végeztem el:

- mérés előtti sebesség: 1,5 mm/s
- mérés közbeni sebesség: 2,0 mm/s
- mérés utáni sebesség: 10,0 mm/s
- a mintával való érintkezés utáni távolság: 5 mm
- érzékelési erő: 25 g
- deformáló eszköz: mérőfej

A mérés során fontos, hogy a mintákat a terület közepére, a mérőfej alá kell tenni és azok alakjának, magasságának és átmérőjének közel egyformának kell lennie. Ez jelen helyzetben

teljesült, ugyanis mindegyik kör alakú, magasságuk 0,6-0,7 cm közötti, illetve a saját tételeim 5,5 cm, míg a bolti 6 cm átmérőjű volt. A mérési hibák további elkerülése érdekében a kést és a mintatartó felületet minden keksz vágását követően papírtörllővel kell megszabadítani a morzsáktól. Mivel az eszköz érzékeny a mérendő élelmiszer víztartalmának változására, így arra is figyeltem a mérések között, hogy a tételek minden esetben levegőtől elzárva legyenek. Az állományvizsgálatot a sütést követő első napon végeztem el.

4.7. Tápértékszámítás

A 1169/2001/EU rendelet megfogalmazza a fogyasztók tápértéktartalomról való tájékoztatási kötelezettségét, mely 2016. december 13-ától van érvényben. A jogszabály szerint minden áru esetében a tápértéket 100 grammra/milliliterre kell megadni, valamint kötelezően és önkéntesen feltüntethető tápértékelemek vannak, melyek sorrendje meg van szabva. A következő felsorolás ismerteti ezek felállítását, ahol az önkéntes tápértékelemek dőlt betűvel vannak jelölve: energia; zsír – amelyből telített zsírok, *egyszeresen telített zsírok, többszörösen telített zsírok*; szénhidrát – amelyből cukrok, *poliolok, keményítő, rost*; fehérje; só; *vitaminok és ásványi anyagok*. Az energia mértékegysége kJ vagy kcal, a többi elem mindegyike g-ban kerül megjelenítésre.

Mivel az előrecsomagolt termékeken ezek az adatok kötelezően feltüntetendők, így ebben a szituációban is a megvásárolt Gullon zabkekszen szereplő információkat veszem alapul. A kötelező tápértékelemeken kívül még a rost került jelölésre a csomagoláson, így én is ezeket a tényezőket fogom kiszámolni, valamint saját eritrites és maltitolos mintáimnál a poliolok mennyiségét.

Adott termék tápértékének meghatározásához tudni kell, annak súlyát, a benne lévő alapanyagok nevét, ezek mennyiségét és tápértékét, melyek viszonyításával és összeadásával megkaphatók az egyes adatok. Az energiatartalmat a g-ban kiszámolt jellemzőkből lehet meghatározni, ahol különböző átváltási együtthatókkal kell szorozni, melyeket a fentebb említett rendelet állapít meg az egyes tápértékelemekhez.

Az alábbiakban láthatók azok az átváltási együtthatók (szorzók), melyekre szükségem lesz számításom során:

- szénhidrát (poliolok kivételével) – 17 kJ/g – 4 kcal/g
- fehérje – 17 kJ/g – 4 kcal/g
- zsír - 37 kJ/g – 9 kcal/g

- rost – 8 kJ/g – 2 kcal/g
- poliolok - 10 kJ/g – 2,4 kcal/g
- eritrit - 0 kJ/g – 0 kcal/g

4.8. Érzékszervi bírálat

A műszeres mérések és az ott kapott számadatok mellett a fejlesztésben az emberi érzékszervekkel végzett vizsgálatnak is fontos szerepe van. A résztvevő bírálók képzettségétől és a bírálat jellegétől függően a teszt segíthet a termék egyes tulajdonságainak javításában, hiányosságainak pótlásában, a kedveltségének és egyéb kapcsolódó információk kimutatásában.

A vizsgálatom során 23 laikus bíráló volt segítségemre, akik elsőkörben az édesítőszerkezhöz és zabkekszhez való viszonyukról, fogyasztásukról nyilatkoztak, majd a minták kóstolásánál alkalmazott pontozásos módszerrel, egytől ötig értékelték az különböző jellemzőket. Főként a tényezők kedveltségére és érzett intenzitására voltam kíváncsi. A bírálat a sütést követő első és második napon történt, Google kérdőív formájában, melyet az 1. számú melléklet mutat be.

A mintákat a bírálók befolyásának elkerülése érdekében random generált számokkal kódoltam, melyek a 619 (cukros), 723 (eritrites), 242 (maltitolos) és 368 (bolti (Gullon)). A helyes kódolási gyakorlat szerint célszerű kerülni a növekvő számokkal vagy a betűk ABC sorrendjével történő megjelölést, mivel ez még a szakértő bírálóknak is sejtethet egy minőségi sorrendet. Minden bíráló a fenti sorrend szerint kapta meg a mintákat, ami akár sorrendi hibát is vihetett a kísérletbe.

5. Eredmények kiértékelése

5.1. Sütési tesztek

A 4.3.-as fejezetben ismertetett, megfelelő recept kialakításához sütési tesztekot végeztem otthon. Ezeket nem mértem műszerekkel a 4. fejezetben bemutatott módokon, csupán személyes preferenciáimra hagyatkozva választottam ki az általam legjobbnak talált, végső összeállítást. A tesztek során csak eritritet használtam, mivel számomra ez volt a legkönnyebben elérhető édesítőszer, illetve miután a maltitol és cukor is édesebb nála ideálisnak tűnt az édesség beállítására is. Két sütési teszt volt, egy teszt alatt körülbelül 9 db keksz készült az egyes fajtákból, súlyuk 15-16 g/db volt. Az elkészítésnél minden esetben alapvetően a bolti keksz arányainak megtartására törekedtem.

Az első teszt során az alkalmazott olaj és víz arányát kívántam beállítani, illetve itt egy próba is történt az édesség intenzitását illetően. Kétféle mintát készítettem, az egyikhez 14% (21 g) olaj és 15% (22 g) víz, a másikhoz, pedig 18% (26 g) olaj és 12% (18 g) víz került, a további összetevők aránya és mennyisége mindkét esetben ugyanannyi volt, ezeket az 5. táblázat mutatja.

5. táblázat – Az első sütési teszt során használt összetevők mennyisége és aránya az olaj és víz kivételével (saját készítésű, 2023)

összetevő	mennyiség (g)	arány (%)	bolti keksz arányai (%)
zabpehely	50	34	34
teljes kiőrlésű búzaliszt	37	25	25
eritrit	15	10	X
sütőpor	0,9	0,61	X
só	0,09	0,061	X

A tapasztalatom az volt, hogy az magasabb 18% olaj-, és alacsonyabb 12% víztartalmú minta sokkal ropogósabb, omlósabb és kevésbé száraz volt, mint a 14% olaj és 15% víz arányokkal készült, így arra a következtetésre jutottam célszerű az olajtartalmat 18% körül tartani, míg a víztartalmat csökkenteni. Sajnos, mivel a kekszek nem voltak kellően édesek, így egy második teszt készítése is szükség volt.

A második sütési teszt során továbbra is célom volt, a bolti tétel arányaihoz alkalmazkodni, viszont itt már főként az édesség kialakítása került előtérbe. Próbáltam a víz és eritrit arányának változtatásával megtartani a többi alkotó mennyiségét és megtalálni azt a pontot, ahol a tészta már nem hull szét és kellően tapadós a formázáshoz. Ehhez háromféle alternatívát néztem meg, ahol a hozzávalók mennyisége az eritrit kivételével az 5. táblázatban

található meg, illetve az olaj mennyisége 18% (26 g) maradt. Az 6. táblázatban látható az egyes minták esetén az eritrit és víz felhasznált mennyisége, illetve aránya.

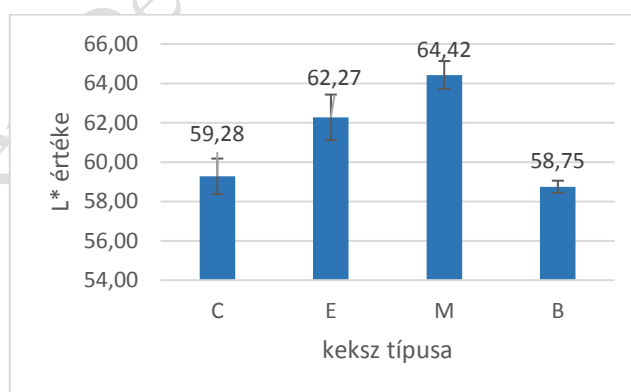
6. táblázat – A második sütési teszt során a három alkalmazott eritrit és víz mennyiségei és arányai (saját készítésű, 2023)

	1. minta	2. minta	3. minta
eritrit (mennyiség, arány)	22 g, 15%	19 g, 13%	25 g, 17%
víz (mennyiség, arány)	12 g, 8%	15 g, 10%	9 g, 6%

A végső recept és a felsorolt lehetőségek között minimális különbségek vannak. Ennek oka, hogy a második sütés 3. mintájánál a 6% víz nem volt elegendő a tészta összetartásához, így mindenképpen szükséges volt a víztartalom növelése, illetve mellette arányosan a többi összetevőit is próbáltam visszapótolni, hogy megmaradjon a megfelelő zab, liszt és olaj arány. Ebből következően a harmadik minta már nem az 6. táblázatban jelöltek szerint, hanem a végső receptben leírtakkal megegyezően készült. Az 1. és 2. minta tésztája az elvártak szerint összeállt, de végeredményben, mégis a legtöbb eritritet tartalmazó, az elkészítés közben módosított 3. minta bizonyult számomra a legelfogadhatóbbnak.

5.2. Színmérés

A 4.5.-ös fejezetben már ismertetett módon végeztem el a színmérést és értékeltem a kapott adatokat. Az L^* , a^* , b^* értékek átlagai a 6., 7., 8. ábrából olvashatók ki.

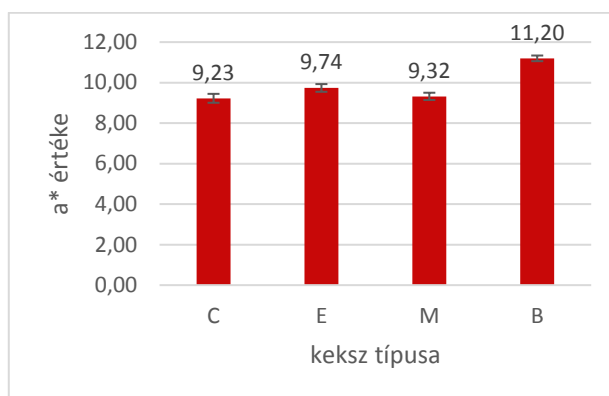


*C, cukros; E, eritrites; M, maltitolos; B, bolti (Gullon zabkeksz)

6. ábra - L^* átlagértékei a különböző típusú kekszek esetén (saját készítésű, 2023)

A világossági tényezőtől (L^*) megállapítható, hogy a minták a feketétől ($L^*=0$) a fehérig ($L^*=100$) terjedő síkon hol helyezkednek el. Az átlagértékek szerint a bolti minta volt a legsötétebb ($L^*=58,75$), majd a cukros ($L^*=59,28$), melyek a szórások alapján statisztikailag

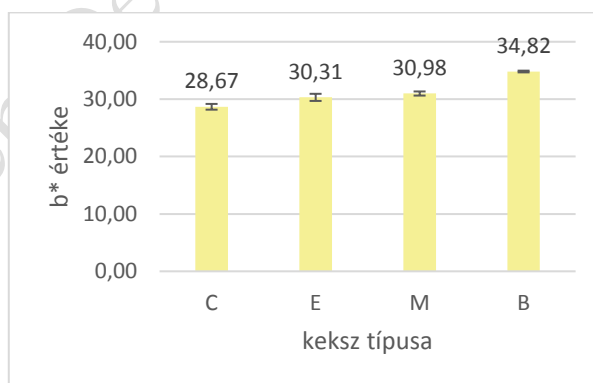
nem különböznek. Ezeket az eritrites követte ($L^*=62,27$), amely párhuzamba állítható a 3.7.-es fejezetben olvasottakkal, ahol Lin és munkatársai (2008) – bár ők kimondottan felületet vizsgáltak – a növekvő mennyiségű eritrit mellett egyre világosabb kekszokról számoltak be. Végül a maltitolos morzsa bizonyult a legvilágosabbnak ($L^*=64,42$). A bolti minta sötét karakterét magyarázhatja akár másabb technológia vagy hosszabb sütési idő, viszont a fennmaradó három keksznél, a cukros minta sötétségének oka a Maillard-reakció lehet.



*C, cukros; E, eritrites; M, maltitolos; B, bolti (Gullon zabkeksz)

7. ábra - a* átlagértékei a különböző típusú kekszok esetén (saját készítésű, 2023)

A vörös-zöld színezet (a^*) értéke minden esetben pozitív, ami azt jelenti, a piros szín dominál. A cukros ($a^*=9,23$) és maltitolos ($a^*=9,32$) között nem figyelhető meg jelentős különbség, az eritrites ($a^*=9,74$) kismértékben erőteljesebb, míg a bolti ($a^*=11,20$) intenzívebb pirosságot mutat, utóbbinál ez utalhat annak aranybarnább megjelenésére.



*C, cukros; E, eritrites; M, maltitolos; B, bolti (Gullon zabkeksz)

8. ábra - b* átlagértékei a különböző típusú kekszok esetén (saját készítésű, 2023)

A kék-sárga színezet (b^*), hasonlóan az előzőhöz szintén pozitív előjelű, így ebben az esetben a sárga szín jelenik meg. A legerősebb sárga színt a bolti minta adja ($b^*=34,82$), a leggyengébbet a cukros ($b^*=28,67$), majd növekvő sorrend szerint az eritrites ($b^*=30,31$) és maltitolos ($b^*=30,98$).

Az adatok összevetéséből következtethető, hogy a bolti mintára jellemzőbb a megszokott és elvárt aranybarna szín.

A színkülönbség vizsgálatában az összes minta a boltihoz (7. táblázat), illetve a maltitolos a cukroshoz is volt hasonlítva. Az utóbbi esetén a színkülönbség értéke 5,64 lett, ami ha vizuális érzetet társítunk hozzá feltűnő eltérésnek mondható. Ezzel ellentétesen Gong és munkatársai (2020) tapasztalata az volt, hogy a maltitolos és cukros mintáik közel azonos színűek voltak.

7. táblázat – Cukros, maltitolos, eritrites keksz színkülönbsége a boltihoz képest (saját készítésű, 2023)

	C	M	E
B	6,48	7,10	5,90

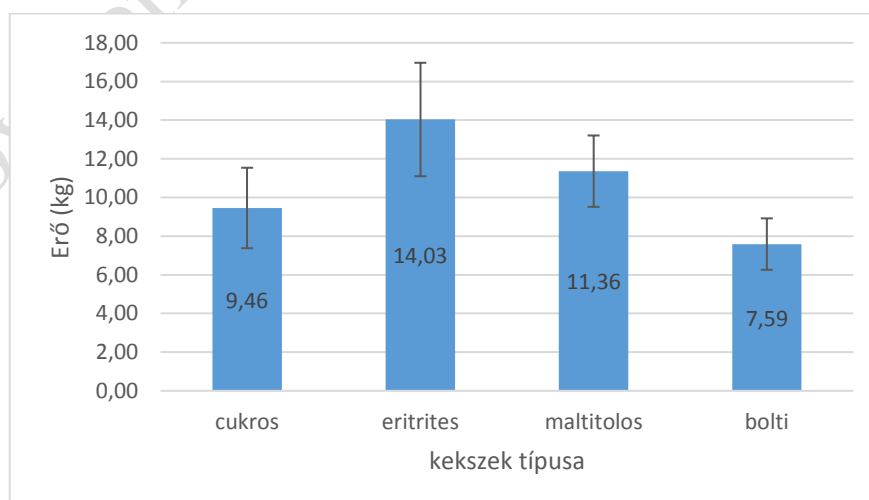
*C, cukros; E, eritrites; M, maltitolos; B, bolti (Gullon zabkeksz)

Ha vizuális érzékletet kapcsolunk a számokhoz, akkor cukros és maltitolos színében erősen észlelhető, míg az eritritesnél feltűnő különbség figyelhető meg a boltihoz képest.

5.3. Állománymérés

Az állománymérés értékeléséhez szükséges háttérinformációk a 4.6.-os fejezetben kerülnek ismertetésre. Az egyes fajták 20 mérés során kapott maximális erőinek átlagát a 9. ábra szemlélteti, a 8. táblázat, pedig ezek összehasonlítását.

Paraméterek: mérés előtti sebesség: 1,5 mm/s; mérés közbeni sebesség: 2,0 mm/s; mérés utáni sebesség: 10,0 mm/s



9. ábra - Maximális erők fajtánként (saját készítésű, 2023)

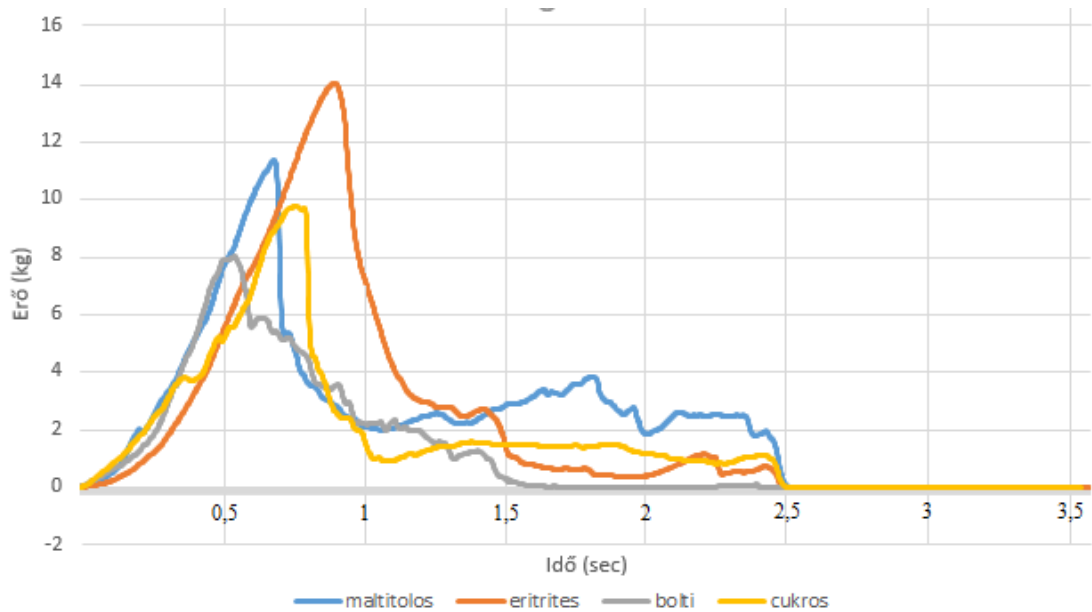
8. táblázat – Tukey féle összehasonlítás az állományra
(saját készítésű, 2023)

kekszek fajtája	szignifikancia szint (p)
cukros – eritrites	$1,24 \cdot 10^{-8}$
cukros – maltitolos	0,030
cukros – bolti	0,034
eritrites – maltitolos	$9,11 \cdot 10^{-4}$
eritrites - bolti	0
maltitolos - bolt	$1,90 \cdot 10^{-6}$

Az adatokból arra lehet következtetni, hogy az édesítőszer fajtája befolyásolja a termékek keménységét. Az a hipotézis, hogy minden várható érték azonos, a lefutott varianciaanalízis szerint 0,05 szignifikancia szinten elutasítható, ugyanis a p-értéke $6,83 \cdot 10^{-14}$, így az eredmény szignifikáns. Minden kapott érték esetén $p < 0,05$, ezért az eredmények ezen a szignifikancia szinten szignifikánsak, azonban, ha $p < 0,01$ esetén vizsgáljuk, akkor cukros – maltitolos, cukros – bolti eltérése nem tekinthető szignifikánsnak. A cukor és maltitol hasonló oldhatósági tulajdonságai, illetve a 3.7.-es fejezetben Gong és munkatársai (2020) által elmondottak alapján, várt volt a hasonlóság köztük. A legkeményebb kekszek az eritrit jelenlétében keletkeztek, ez a vegyület alacsony vízdékonyságához, illetve kristályosodásra való nagyobb hajlamához lehet köthető. Ezzel szemben a bolti minta a legpuhább, ami a többi kekszhez képest való magasabb rosttartalma miatt szembeállítható a 3.8.-as fejezetben leírtakkal, vagyis azzal, hogy több rost használata keményebb kekszeket eredményez. Ebben az esetben viszont fontos megjegyezni, hogy néhány összetevő pontos mennyiségét és a technológiai lépéseket sem tudjuk, így nem állapítható meg erre pontos indok. Az üzletben vett tétel a cukrosra hasonlít a leginkább.



10. ábra – A vágás folyamata időben előre haladva (saját készítésű, 2023)



11. ábra - Kekszekre jellemző SMS görbék felrajzolása

A 10. ábrán látható a vágás folyamata, a 11. ábráról, pedig leolvasható, hogy a maximális erő pontosan melyik időpontban is keletkezett. Ez az idő az eritrites mintánál volt a legkésőbbi, míg boltinál a leghamarabbi, a cukros és maltitolos tételek, pedig közöttük vannak. Hasonlóság figyelhető meg az eritrites és cukros görbe lefutásában, illetve már az előbbieken említett okok miatt a cukros és a maltitolos között is. A bolti minta görbéje eltér a többitől. Mivel a formázás kézzel történt, így a minimális magasság eltérés vagy a felszín kismértékű egyenletlensége a kettévágás idejében hibát okozhatott.

5.4. Tápértékszámítás

A tápértékszámítás során a 4.7.-es fejezetben leírtakat és feltüntetett átváltási együtthatókat alkalmaztam. A 9. táblázat szemlélteti a kapott adatokat, ahol látható, hogy az energiatartalom 1-es és 2-es indexxel is megjelenik. Ennek oka, hogy a bolti mintánál a gyártók, csak a szénhidrát szorzójával számoltak, így ezen értékek megjelenítését is fontosnak gondoltam (energia 2), viszont a relevánsabb összehasonlítás érdekében a különböző elemek szétbontását is szükségesnek láttam, így külön kalkuláltam a szénhidrátok, poliolok, eritrit és rostok szorzójával (energia 1).

9. táblázat – A különböző kekszek tápértéke (a szürke háttérrel jelöltek a csomagolásról leolvasott, nem általam számított adatok) (saját készítésű, 2023)

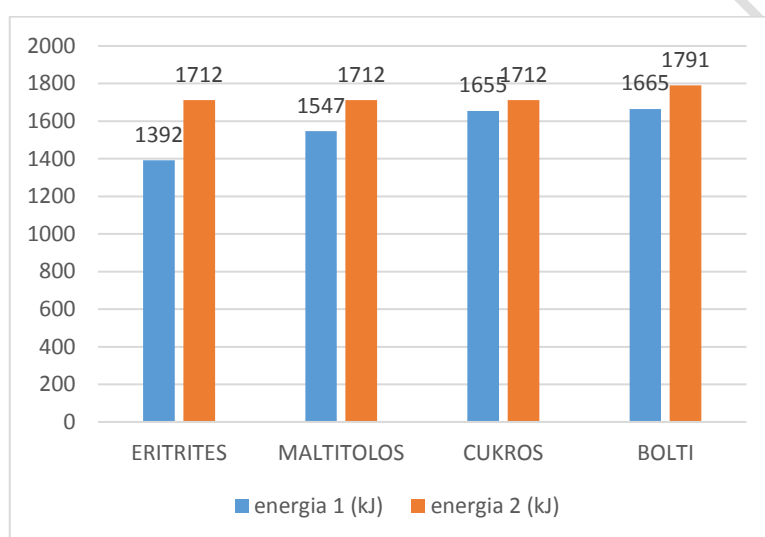
	ERITRITES	MALTITOLOS	CUKROS	BOLTI
100 g-ban				
energia 1 (kJ/kcal)	1392 / 334	1547 / 371	1655 / 396	1665 / 399
energia 2 (kJ/kcal)	1712 / 409	1712 / 409	1712 / 409	1791 / 430
zsír (g)	20,3	20,3	20,3	20
amelyből				
telített zsírok (g)	1,8	1,8	1,8	2
szénhidrát (g)	49,2	49,2	49,2	54
amelyből				
cukrok (g)	0,27	0,27	15,8	1
poliolok (g)	15,5	15,5	0	NM
rost (g)	6,3	6,3	6,3	14
fehérje (g)	7,4	7,4	7,4	7,8
só (g)	0,35	0,35	0,35	0,75

*energia 1, külön használtam a szénhidrátok, poliolok, eritrit és a rostok szorzóját;
energia 2, csak a szénhidrátok szorzójával számoltam; NM, nem meghatározott

A fehérje-, zsír- és ebből telített zsirtartalom az általam készített mintákban ugyanannyi volt, a bolti minta értékeivel összehasonlítva, pedig nem vehető észre jelentős különbség. Szembetűnőbb eltérés figyelhető meg a bolti és saját tételeim között a sótartalomban, ugyanis míg nálam ez minden esetben 0,35 gramm volt, addig az üzletben kapható 0,75 grammot tartalmaz. Ennek oka az lehet, hogy a bolti összetevői között előforduló „térfogatónövelő szer: nátrium-karbonátok és ammónium- karbonátok, étkezési só” nagyobb mennyiségben van jelen a receptben, mint amennyit én alkalmaztam a sütőporból és sóból. Saját mintáimnál a szénhidrátok értéke egyaránt 49,2 g, aminek oka, hogy a poliolok is ide tartoznak. A boltiban valamivel több 54 g figyelhető meg. A kategória részletezése segít abban, hogy a különböző édesítőszeres cukorcsökkentő hatását és a bolti minta nagymértékű eltérését magyarázzuk.

Látható, hogy az eritritet és maltitolt tartalmazókban csak elenyésző mennyiségben jelenik meg a cukor, mely a zabpehelyből és a teljeskiőrlésű lisztből származik, ezzel szemben a

cukros mintában az édesítésre használt molekula mennyisége (15,5 g) is hozzáadódik az összes cukortartalomhoz. Ehhez köthetően alakult a poliolkok mennyisége is, ugyanis a cukros mintában egyáltalán nincs jelen, míg a másik kettőben az alkalmazott édesítőszer teljes mennyisége megtalálható. A rostok a saját mintáimban megegyezően 6,3 gramm mennyiségben találhatók meg, viszont a boltiban jelentősen több, 14 gramm van. Az összetételét elemezve ez a nagyobb rosttartalom várható volt, ugyanis hozzáadott növényi rost fedezhető fel benne, amit én kihagytam a receptem összeállításakor. Ez a magasabb rost mennyiség magyarázhatja a cukormentes mintákkal összehasonlítva a bolti keksz nagyobb szénhidrát-, illetve a kissé magasabb cukortartalmát, mivel feltételezem az utóbbi tényező növekedése is a növényi rostból ered.



12. ábra - Energia 1 és energia 2 adatok eltérése kJ-ban feltüntetve (saját készítésű, 2023)

A szakirodalmi áttekintés 3.7.-es fejezetében Lin- (2008), Vatankhah- (2015) és munkatársai kutatásaiban olvasottak alapján az édesítőszer alkalmazása mellett bekövetkező energiatartalom csökkenés várható volt. Mint fentebb említettem a tényező számítását kétféleképpen is elvégeztem és látható a 12. ábrán, hogy a módok végeredményében figyelemre méltó különbség van. Az ábrán a könnyebb átláthatóság érdekében csak a kJ-ban lévő értékeket mutatom be, a hozzátartozó kalória adatok a 9. táblázatból kiolvashatók.

Mivel energia 2 számítása során csak a szénhidrátok szorzóját (17 kJ/g – 4 kcal/g) használtam, egyértelmű volt, hogy ezek az adatok magasabbak lesznek energia 1-énél, sőt mivel saját mintáim szénhidrátartalma ez alapján ugyanannyi, így ez esetben eredményeik között sincs változás, mindegyik 1712 kJ energiát biztosít. Szemléletesebb elemzés végezhető a szétbontott tápértékelemekből számított energia 1 adataiból, ahol az általam készített kekszek esetén eritrit, maltitol, cukor sorrendben növekszik az energiatartalom.

Erre magyarázatot ad, hogy az eritritnél a kekszben található 15,5 gramm poliolot 0 kJ/g-mal (0 kcal/g), míg a maltitolnál 10 kJ/g-mal (2,4 kcal/g) szoroztam. A cukros minta esetében, mivel ez az érték 0 g volt, így a benne lévő 15,8 grammnyi cukrot, a szénhidrátok részeként 17 kJ/g-os (4 kcal/g) átváltási együtthatóval számoltam. Sajnos a bolti minta csomagolásán nem kerül meghatározásra a poliolok mennyisége, így ezzel nem is lehet kalkulálni, ami az összehasonlítás során némi hibát okozhat, valószínű, ezen adatok tudatában energiatartalma a kapott 1665 kJ-nál még kevesebb lenne, valahol a maltitolos mintához közel. Jelen helyzetben csak a rostok szénhidrátokból való kivonásával és átváltásával (8 kJ/g - 2 kcal/g) tudtam csökkenteni energiatartalmát, de – akárcsak energia 2 esetén - még így is itt a legmagasabb az érték, megközelítően a cukros mintáéval egyenlő. A kapott eredmények alapján úgy gondolom érdemesebb a részletes, szétbontott lehetőséggel számolni, a pontosabb tanulmányozás érdekében.

5.5. Érzékszervi bírálat

A bírálat részletei a 4.8. fejezetben már feltüntetésre kerültek. A kapott 23 válasz mindegyike értékelhető volt, így ezzel a darabszámmal dolgoztam végig.

Fontosnak tartottam tájékozódni arról, hogy a bírálók milyen gyakran fogyasztanak édesítőszeres terméket, zabkekszet, illetve kedvelik-e őket, mivel ezek az információk befolyásolhatják a kóstolás során adott eredményeket. Az édesítőszeres termékek fogyasztásának gyakoriságára irányuló kérdésnél több bíráló is érdeklődött arról, hogy a reggeli kávéjuk édesítőszerrel való ivása számít-e. Erre igennel válaszoltam, így ők is a „naponta” opciót választották ki. Az itt kapott válaszokat a 10. táblázat összesíti, ahol a válaszlehetőségek az első sorban találhatók meg.

10. táblázat – Édesítőszeres termékek fogyasztásának gyakorisága darabszámmal és százalékban megadva (saját készítésű, 2023)

	naponta	hetente	havonta	soha	2-3 havonta
darabszám (fő)	7	6	5	3	2
százalékos arány (%)	30,43	26,09	21,74	13,04	8,70

A válaszadók többségéről elmondható, hogy havi rendszerességgel biztosan fogyaszt édesítőszeres terméket, így feltételezhető, hogy ismerik, esetleg kedvelik azok ízét. A cukor fogyasztásukra nem irányult kérdés, így azt nem tudhatjuk, hogy szacharózt milyen rendszerességgel fogyasztanak emellett. Ettől függetlenül állítható, hogy potenciális

édesítőszer fogyasztók végezték a bírálatot. Nagyrészt az általam megadott opciók közül választottak, két fő kivételével, akik az egyéb lehetőségnél saját maguk a 2-3 havonta rendszerességet adták meg. A 23 főből csupán hárman nem fogyasztanak soha édesítőszeres termékeket, ennek több oka is lehet, köztük az, hogy annyira nem figyelnek életmódjukra, egyéni érzékenységük van, vagy csak egyszerűen nem szeretik azok érzékszervi tulajdonságait. A leírtakhoz köthető az édesítőszerrel készült termékek kedveltségére vonatkozó kérdés, ahol 43,5%-nak (10 fő) semleges érzelmei vannak velük kapcsolatban, 30,4% (7 fő) nem kedveli, míg 26,1% (6 fő) kedveli őket.

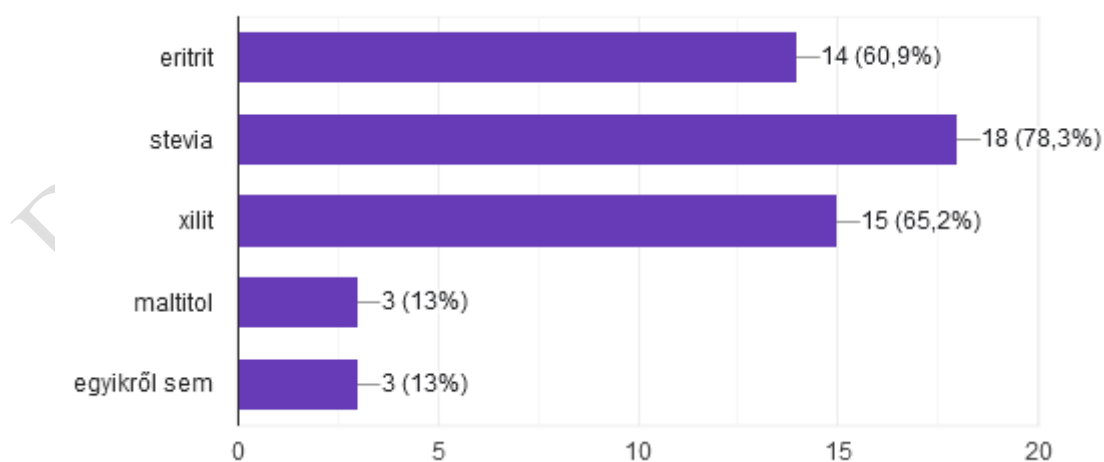
A zabkeksz fogyasztás gyakoriságát a 11. táblázat szemlélteti.

11. táblázat - Édesítőszeres termékek fogyasztásának gyakorisága darabszámmal és százalékban megadva (saját készítésű, 2023)

	naponta	hetente	havonta	soha	2-3 havonta
darabszám (db)	1	4	15	1	2
százalékos arány (%)	4,35	17,39	65,22	4,35	8,70

Jellemzően havonta fogyasztanak zabkekszet az értékelők, így megegyező a helyzet az édesítőszeres termékeknél olvashatókkal, illetve itt is az egyéb lehetőségnél a 2-3 havonta választ írták be. Kiderült még az is, hogy cukormentes zabkekszet ettek-e már, erre 52,2 % (12 fő) nemmel, míg 47,8% (11 fő) igennel válaszolt.

Ahhoz, hogy teljes képet kapjak a fogyasztók ismeretéről, érdeklődtem, hogy hallottak-e már pár népszerűbb édesítőszerrel, erre kapott válaszok a 13. ábrán vannak összesítve.



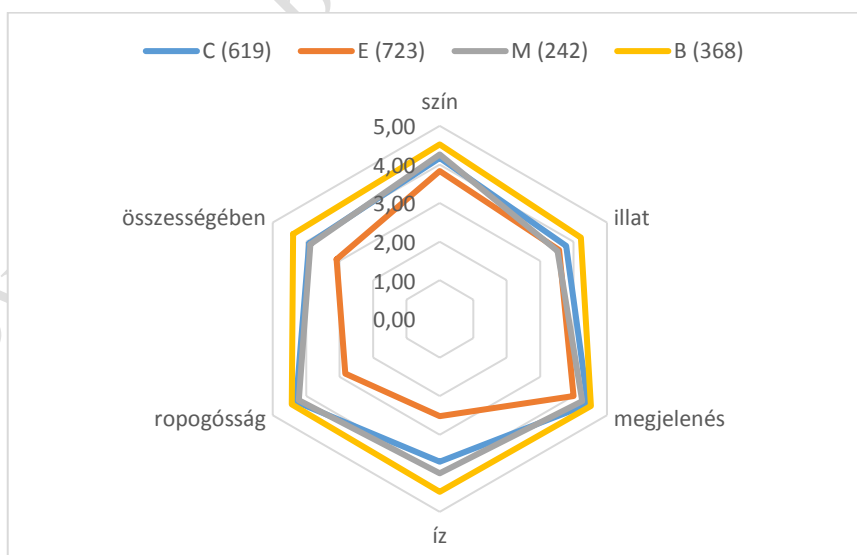
13. ábra - Bírálok által ismert édesítőszeres (forrás: Google kérdőív)

Több válaszlehetőség megadása is lehetséges volt. Rendkívül nagyarányban ismerték a steviát, illetve ezt követte a xilit és majdnem holtversenyben az eritrit. Ez várható volt, hisz ezek az édesítőszeresek találhatóak meg legkönnyebben a boltok polcain, ebből következően vannak jelen a háztartásokban. Valamint említhető még a mai világban, hirdetések és közösségi médiában való felkapottságuk is. A gondolat folytatásaként, nem meglepő, hogy a maltitol ismertsége nem túl magas, hisz ez leginkább egy iparban használatos alapanyag, beszerzése is nehezebb, így, akik nem jártasok ezen a területen, illetve nem olvassák az ilyen termékek címkéit, nem hallhattak róla. Ezek az adatok 20 fő tudásából adódtak össze, mivel hárman egyiket sem ismerték.

12. táblázat – Az egyes tényezők kedveltsége (saját készítésű, 2023)

	C (619)	E (723)	M (242)	B (368)
szín	4,17	3,83	4,26	4,52
illat	3,78	3,57	3,52	4,22
megjelenés	4,43	4,00	4,26	4,52
íz	3,70	2,52	4,00	4,48
ropogósság	4,30	2,83	4,22	4,43
összességében	3,91	3,09	3,87	4,39
átlag alapján vett összesség	4,08	3,35	4,05	4,43

*kapható max. pontszám= 5



14. ábra - Az egyes tényezők kedveltsége (saját készítésű, 2023)

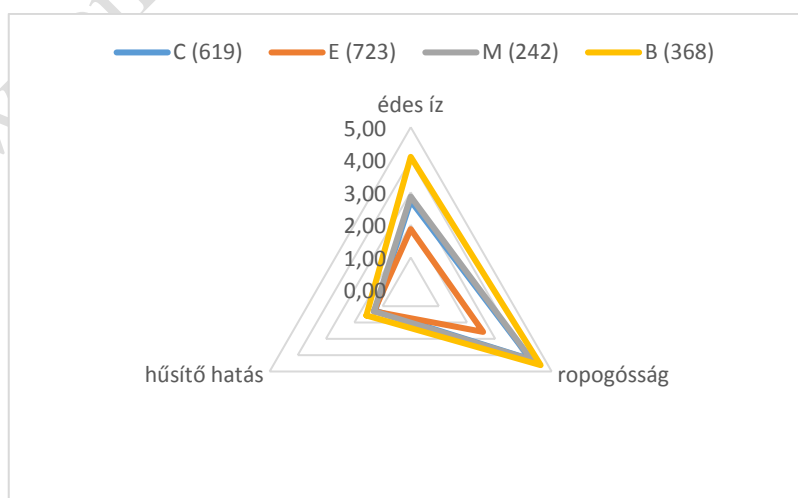
A 12. táblázat és a 14. ábra mutatja, hogy a bírálók a különböző érzékszervi tulajdonságokat milyenek értékelték 1-től 5-ig, illetve a táblázat utolsó sorában látható a szín, illat,

megjelenés, íz és ropogósság átlagolásából számított összesség, ami összehasonlítható a bírálaton kapott eredményekkel. A bolti keksz minden tényezőben a legkedveltebb volt, így a következőkben az egyszerűség érdekében csak a fennmaradó három kekszet állítom párhuzamba. Az eritrites keksz, az illat kivételével, minden esetben a legkisebb pontszámot érte el, leginkább az íz és ropogósság terén látható nagy különbség a többi mintához képest. Ennek oka érthető, hisz édesítő ereje csupán 60-80% közötti, ami 100% eritrit használata mellett egy rendszeres cukor fogyasztó számára a megszokott édességet nem biztosítja. A szín és megjelenés esetén a többihez képest nem vehető észre ekkora eltérés. Bár az illat értékelésében sorrend szerint az eritrites a második, mégis a maltitolos csak 0,05-tel szerzett kevesebb pontot, így nem mondható a különbség jelentősnek. Szín és íz téren a cukros került második helyre, míg a megjelenésnél és ropogósságnál a maltitolos. A bolti mintához a megjelenésben és ropogósságban leginkább a cukros hasonlít. A kóstolás során kapott összesség adatok sorrend szerint egyeznek a számítottakkal (B, C, M, E). Az erre irányuló kérdésnél 47,8% (11 fő) szerint a bolti a legjobb, majd ezt a cukros és a maltitolos holtversenyben 26,1%-kal (6-6 fő) követi.

13. táblázat – Az egyes tényezők intenzitása (saját készítésű, 2023)

	C (619)	E (723)	M (242)	B (368)
édes íz	2,74	1,87	2,87	4,09
ropogósság	4,26	2,57	4,30	4,61
hűsítő hatás	1,26	1,30	1,30	1,57

*kapható max. pontszám= 5



15. ábra - Az egyes tényezők intenzitása (saját készítésű, 2023)

Az érzett intenzitások a 11. táblázatban és a 7. ábrán láthatók, melyek magyarázatot adhatnak a kedveltség adatok alakulására. Az íz kedveltségének és az édes íz erősségének sorrendje követi egymást, ami arra utal a bírálók az édesebb termékeket kedvelik. A cukros tételnél a maltitolost kissé édesebbnek érezték, ennek oka az lehet, hogy a cukorkristályok mérete nagyobb volt a maltitolénál, így nem olvadt fel rendszerben és kevésbé volt érezhető. A bolti keksz édessége jelentősen nagyobb mértékű volt, mint a sütött mintáké, feltételezhető, hogy több édesítőanyag volt benne. A legropogósabbtól vett csökkenő sorrend eltér a kedveltség ropogósság skálájától. A differencia a cukros és a maltitolos felcserélődésében figyelhető meg, viszont ezek adataiban csak minimális különbség van. A hűsítő hatás az édesítőszer mellékíze miatt került a kérdőívbe, azonban a kitöltés során kiderült nem túl releváns ez a kérdés. Érdekes azonban megfigyelni, hogy a bolti minta esetén tapasztalták a leginkább a hűsítő hatást, míg az főként az eritrites mintában volt elvárt.

6. Összegzés

Az utóbbi évtizedekben, a túlsúllyal és cukorbetegséggel küzdők száma gyorsan növekedett, ami változtatásokat kívánt az élelmiszerek összetételében, például a cukor édesítőszerre való cserélésével vagy a teljes kiőrlésű gabonák használatával.

Szakedolgozatomban ehhez a problémához kötötten kívánok különböző édesítőszerrel készült zabkekszeket vizsgálni, melyek összetétele a Gullon által gyártottéval nagyon megegyező. A szakirodalmi áttekintésben olvasottak alapján megállapítható, hogy a cukormentes minták kiválóan beillenek a krónikus betegségekben, mint szénhidrátanyagcsere-zavarban szenvedők étrendjébe is. A mérésekből kiderül, hogy egyes édesítőszer, mint maltitol és eritrit a cukorral összehasonlítva hogyan befolyásolják a kekszek színét, állományát, tápértékét és fogyasztók elfogadását, illetve ugyanezek a tényezők, mennyire különböznek a bolti és az otthon készült tétel között.

A sütési tesztek során érzékelt saját tapasztalataim alapján, arra a következtetésre jutottam, hogy kívánt textúra kialakításához nagyobb arányú olaj alkalmazása szükséges, mint vízé, illetve az édesítőszer növeléséhez, a zab és teljeskiőrlésű liszt mennyiségének meghagyásához a víz mértéke tovább csökkenthető, amíg a tészta összeáll. A színérés eredményeit a sütési hőmérséklet, idő és Maillard-reakció befolyásolta. Az utóbbira példaként szolgál, hogy az általam sültök közül a cukros keksz a legsötétebb. A bolti minta eltérése az ismeretlen technológiának és a többihez képest kisebb beltartalmi különbségeinek tudható be. A termékek keménységére szignifikánsan hatnak a különböző édesítőszer, ezt vízdékonyságuk befolyásolta, így sajátjaim közül az eritrites volt a legkeményebb, míg a cukros a legkevésbé, a bolti, pedig mind közül a legpuhább. Az elvárásoknak megfelelően az energiatartalom csökkent a cukormentes tételknél, a tápértékelemek a bolti mintánál a rost- és sótartalomban tértek el nagyobb mértékben, míg a többi esetben csak a cukrok és poliolok mennyisége változott. Az érzékszervi bírálat megmutatta, hogy a bírálók preferenciáinak leginkább a bolti keksz felelt meg, ezt követte a cukros és maltitolos nagyjából hasonló adatokkal. Az eritrites bizonyult a legkevésbé kedveltnek.

A fogyasztói elfogadás és a jobb összkép kialakítása érdekében a jövőben célszerű lenne az édes íz intenzitását, a mellékíz elkerülése érdekében intenzív édesítőszerrel fokozni, illetve más tulajdonságok javítására a 3.9.-es fejezetben említett, például xantángumival oleogél készítése és alkalmazása. A jellemzők változását különböző sütési idők és hőmérsékletek mellett is lehetne vizsgálni.

7. Irodalomjegyzék

1. Abboud, A.M., Rubenthaler, G.L., Hoseney, R.C. (1985): Effect of Fat and Sugar in Sugar-Snap Cookies and Evaluation of Tests to Measure Cookie Flour Quality. *Cereal Chem.* 62(2):124-129
2. Alioglu, T., Özülkü, G., (2021): Evaluation of whole wheat flour sourdough as a promising ingredient in short dough biscuits. *Food Sci. Technol, Campinas*, 41(4): 1009-1016 ISSN: 1678-457X DOI: <https://doi.org/10.1590/fst.28820>
3. Allan, M.C., Rajwa, B., Mauer, L.J. (2018): Effects of sugars and sugar alcohols on the gelatinization temperature of wheat starch. *Food Hydrocolloids* 84 (2018) 593–607 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.06.035>
4. Arepally, D., Reddy, R.S., Goswami, T.K., Datta, A.K. (2020): Biscuit baking: A review. *LWT - Food Science and Technology* 131 109726 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109726>
5. Asif, M. (2013): Low Caloric Sweeteners for Diabetes and Obesity Care and Their Clinical Inferences for Tackle the Prevalence. *J Pharm Care* 2013; 1(3): 104-113
6. Awuchi, C. G., Echeta C. K. (2019): Current developments in sugar alcohols: chemistry, nutrition, and health concerns of sorbitol, xylitol, glycerol, arabitol, inositol, maltitol, and lactitol. *Sciences, Technology and Engineering* Vol. 5, Issue 11 ISSN: 2488-9849
7. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1169/2011/EU RENDELETE (2011. október 25.) a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:304:0018:0063:hu:PDF>
8. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1333/2008/EK RENDELETE (2008. december 16.) az élelmiszer-adalékanyagokról. <https://eur-lex.europa.eu/legalcontent/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008R1333&from=FR>
9. AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 1924/2006/EK RENDELETE (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról. <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2007:012:0003:0018:HU:PDF>
10. Babcsány I., Nyári E., Boros I., Eszterle M., Kulcsár K., Völgyi L., Zsigmond A., Bánki Z., Biki Gy., Dernei L., Lenti L., Molnár T., Haller G. (2005): Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a cukorgyártás terén. Környezetbiztonsági Főosztály. Budapest.

11. Bakó B., Bekő V., Dezső L., Földesi I., Füst Á., Gaál Zs., Gyurcsáné K. I., Hidvégi T., Hosszúfalusi N., Jermendy Gy., Kempler P., Kicsák M., Kocsis Gy., Ludwig E., Miléder M., Nádás J., Oraveczné K. É., Putz Zs., Tabák Á., Végh D., Wittmann I. (2017): Lépésről lépésre tudnivalók a cukorbetegségről. Cukorbeteg Egyesületek Országos Szövetsége, Budapest
12. Baltsavias, A., Jurgens, A., Vliet, T. (1997): Rheological Properties of Short Doughs at Small Deformation. *Journal of Cereal Science* 26 289–300
13. Beauchamp, G.K. (2016). Why do we like sweet taste: A bitter tale? *Physiology & Behavior* 164 432–437 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.physbeh.2016.05.007>
14. Bernt, W. O., Borzelleca, J. F., Flamm, G., Munro, I. C. (1996): Erythritol: A Review of Biological and Toxicological Studies. *Regulatory toxicology and pharmacology* 24, s191 –s197
15. Bíró Gy., Antal E., Szász-Gyöző Zs. (szerk.) (2009): Táplálkozási Akadémia. Cukor. II. évfolyam. 2009. május. 5.szám
16. Bíró Gy., Kubányi J., Csengeri L. (szerk.) (2019): Táplálkozási Akadémia. Édes íz. XII. évfolyam. 2019. május. 5.szám
17. Bíró Gy., Kubányi J., Vincze-Bíró A. (szerk.) (2017): Táplálkozási Akadémia. Édesítőszer. 10. évfolyam. 2017. november. 11.szám
18. Cairano, M.D., Galgano, F., Tolve, R., Caruso, M.C., Condelli, N. (2018): Focus on gluten free biscuits: Ingredients and issues. *Trends in Food Science & Technology* 81 203–212. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.09.006>
19. Craig, W.J. (2019): The Keto Diet. *Lake Union Herald* 848
20. Devi, A., Khatkar, B.S. (2017): Effects of fatty acids composition and microstructure properties of fats and oils on textural properties of dough and cookie quality. *J Food Sci Technol* 55(1):321–330. DOI: <https://doi.org/10.1007/s13197-017-2942-8>
21. Dóczy E., Hanczné L. E., Németh-Torkos A. (2020): A természetes és mesterséges édesítőszer fogyasztói megítélése és azok alkalmazásának vizsgálata kérdőíves felmérés alapján. In: Makkos A., Fehér Á., Pongrácz A. (szerk.): Okos lét, innováció és digitalizáció – irányok, trendek és következmények. A XXIII. Apáczai-napok Tudományos Konferencia tanulmánykötete. Széchenyi István Egyetem Apáczai Csere János Kar, Győr
DOI: <https://doi.org/10.3390/foods10112545>
22. Duchonová, L., Polakovicová, P., Rakická, M., Sturdík, E. (2013): Characterization and selection of cereals for preparation and utilization of fermented fiber-beta-glucan

- product. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*. 2 (Special issue 1) 1384-1404
23. Edwards, C. H., Rossi, M., Corpe, C. P., Butterworth, P. J., Ellis, R. E. (2016): The role of sugars and sweeteners in food, diet and health: Alternatives for the future. *Trends in Food Science & Technology* 56 (2016) 158-166 DOI: <https://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2016.07.008>
24. Gallagher, A. M., Ashwell, M., Halford, J. C. G., Hardman C. A., Maloney N. G., Raben A. (2020): Low-calorie sweeteners in the human diet: scientific evidence, recommendations, challenges and future needs. A symposium report from the FENS 2019 conference. *Journal of Nutritional Science* (2021), 10(7),1-10 doi:[10.1017/jns.2020.59](https://doi.org/10.1017/jns.2020.59)
25. Gong, S., Xu, B., Gu, X., Li, W., Yu, Y., Zhang, W., Wang, Z. (2020): Study on the effects of sugar alcohols and Angelica keiskei flour on cookie quality, antioxidant, and nutrition. *Cereal Chemistry*. 2020;97:714–722 DOI: [10.1002/cche.10287](https://doi.org/10.1002/cche.10287)
26. Gordos L. (szerk.) (2012): Dietetikai Kisokos 4. Édesítőszeresek. Magyar Dietetikusok Országos Szövetsége, Budapest
27. Grembecka, M. (2015a): Natural sweeteners in a human diet. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2015;66(3):195-202
28. Grembecka, M. (2015b): Sugar alcohols—their role in the modern world of sweeteners: a review. *Eur Food Res Technol* (2015) 241:1–14 DOI: [10.1007/s00217-015-2437-7](https://doi.org/10.1007/s00217-015-2437-7)
29. Grenby, T.H. (1991): Intense sweeteners for the food industry: an overview. *Trends in Food Science & Technology* January 1991, 0924 - 2244/9
30. Hartog, G. J. M., Boots, A. W., Adam-Perrot, A., Brouns, F., Verkooijen I. W. C. M., Weseler, A. R., Haenen, G. R. M. M., Bast, A. (2010): Erythritol is a sweet antioxidant. *Nutrition* 26 (2010) 449–458 DOI: [10.1016/j.nut.2009.05.004](https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.05.004)
31. Hemada, H.M., Shebata, A.E.A.N., Mohamed, E.F., El-Magied, S.F.A. (2016): The Impact of Natural Stevia Extract (Stevioside) as a Sucrose Replace on Quality Characteristics of Selected Food Products. *Middle East J. Appl. Sci.*, 6(1): 40-50 ISSN: 2077-4613
32. Hussein, A.M.S., Kamil, M.M., Ragab, G.H. (2010): Technological Properties of some Egyptian New Wheat Varieties. *Journal of American Science*, 11(6;2010) ISSN: 1545-1003

33. Imamura, F., O'Connor, L., Ye, Z., Mursu, J., Hayashino, Y., Bhupathiraju, S.N., Forouhi, N.G. (2015): Consumption of sugar sweetened beverages, artificially sweetened beverages, and fruit juice and incidence of type 2 diabetes: systematic review, meta-analysis, and estimation of population attributable fraction. *Br J Sports Med* 2016; 50:496-504 DOI: <http://dx.doi.org/10.1136/bmj.h3576>
ISSN: 1757-837X DOI: [10.3920/QAS2014.0396](http://dx.doi.org/10.3920/QAS2014.0396)
34. Jacob, J., Leelavathi, K. (2006): Effect of fat-type on cookie dough and cookie quality. *Journal of Food Engineering* 79 299–305. DOI: [10.1016/j.jfoodeng.2006.01.058](http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.01.058)
35. Khalil, A.W., Ali, J., Masood, T., Arif, M., Parvez, M., Hassan, S. (2015): Effect of Oat Bran on the Quality of Enriched High Fiber Biscuits. *World Journal of Dairy & Food Sciences* 10 (1): 68-73 ISSN: 1817-308X DOI: [10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.1.92229](http://dx.doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.1.92229)
36. Khatkar, B.S., Barak, S., Mudgil, D. (2013): Effects of gliadin addition on the rheological, microscopic and thermal characteristics of wheat gluten. *International Journal of Biological Macromolecules* 53 38–41. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2012.11.002>
37. Kissel, L.T., Marshall, B.D., Yamazaki, W.T. (1973): Effect of Variability in Sugar Granulation on the Evaluation of Flour Cookie Quality. *Cereal Chem* 50 255-264.
38. Klunklin, W., Savage, G. (2018): Biscuits: A Substitution of Wheat Flour with Purple Rice Flour. *Advances in Food Science and Engineering*, Vol. 2, No. 3 DOI: <https://dx.doi.org/10.22606/afse.2018.23001>
39. Kweon, M., Slade, L., Levine, H. (2010): Exploration of functionality of low-glycemic-impact sugars and polyols, using SRC, DSC, RVA, and cookie baking. In J. W. van der Kamp, J. Jones, B. McCleary, & D. Topping (szerk.), *Dietary fibre-new frontiers for food and health* (pp. 513–528). Wageningen, the Netherlands: Wageningen Academic Publishers
40. Laguna, L., Vallons, K.J.R., Jurgens, A., Sanz, T. (2013): Understanding the Effect of Sugar and Sugar Replacement in Short Dough Biscuits. *Food Bioprocess Technol* (2013) 6:3143–3154 DOI: [10.1007/s11947-012-0968-5](http://dx.doi.org/10.1007/s11947-012-0968-5)
41. Lin, S.D., Lee, C.C., Mau, J.L., Lin, L.Y., Chiou, S.Y. (2008): Effect of erythritol on quality characteristics of reduced-calorie Danish cookies. *Journal of Food Quality*, 33, 14–26. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00307.x>

42. Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.M., Allaf, K., Patras, C. (1998): Effect of Principal Ingredients on Rheological Behaviour of Biscuit Dough and on Quality of Biscuits. *Journal of Food Engineering* 35 23-42
43. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 1-2-94/35 számú előírása az élelmiszerekben használható édesítőszerekről. 3. melléklet a 152/2009. (XI. 12.) FVM rendelethez. https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/9/15/b1000/129435_2010.pdf
44. MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 2-84 számú irányelv (2003): Édesipari termékek. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/4/4b/a2000/2-84.pdf>
45. Mamat, H., Hill, S.E. (2012): Effect of fat types on the structural and textural properties of dough and semi-sweet biscuit. *J Food Sci Technol* 51(9):1998–2005. DOI: [10.1007/s13197-012-0708-x](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0708-x)
46. Manohar, R.S., Rao, P.H. (1997): Effect of Sugars on the Rheological Characteristics of Biscuit Dough and Quality of Biscuits. *J Sci Food Agric*, 75, 383-390
47. Manohar, R.S., Rao, P.H. (1999): Effect of emulsifiers, fat level and type on the rheological characteristics of biscuit dough and quality of biscuits. *J Sci Food Agric* 79:1223-1231
48. Manohar, R.S., Rao, P.H. (2002): Interrelationship between rheological characteristics of dough and quality of biscuits; use of elastic recovery of dough to predict biscuit quality. *Food Research International* 35 807–813
49. Moon, H. J., Jeya, M., Kim, I. W., Lee, J. K. (2010): Biotechnological production of erythritol and its applications. *Appl Microbiol Biotechnol* (2010) 86:1017–1025 DOI: [10.1007/s00253-010-2496-4](https://doi.org/10.1007/s00253-010-2496-4)
50. Mousa, M.S., El-Saadani, R.M., El-Mansy, H.A., El-Salam, A.M.A.A., Morsy, M.K. (2022): Physicochemical and Sensory Properties of Functional Biscuits Fortified With Oat Flour. *Annals of Agric. Sci., Moshtohor* Vol. 60(1) (2022), 63 – 72 ISSN:1110-0419
51. O'Donnell, K. (ed.), Kearsley, M.W. (ed.) (2012): Sweeteners and Sugar Alternatives in Food Technology. 2. kiadás, John Wiley & Sons, Ltd. Chichester. ISBN: 978-0-470-65968
52. Onacik-Gür, S., Zbikowska, A., Jaroszewska, A. (2015): Effect of high-oleic sunflower oil and other pro-health ingredients on physical and sensory properties of biscuits. *CyTA – Journal of Food* 13(4) 621–628. DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/19476337.2015.1032358> ISSN: 1947-6337

53. Pareyt, B., Talhaoui, F., Kerckhofs, G., Brijs, K., Goesaert, H., Wevers, M., Delcour, J.A. (2009): The role of sugar and fat in sugar-snap cookies: Structural and textural properties. *Journal of Food Engineering* 90 400–408 DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2008.07.010
54. Pepin, A., Stanhope, K.L., Imbeault, P. (2019):_Are Fruit Juices Healthier Than Sugar-Sweetened Beverages? A Review. *Nutrients*, 11, 1006; DOI: [10.3390/nu11051006](https://doi.org/10.3390/nu11051006)
55. Preedy, V.R. (ed.) (2012): Dietary Sugars: Chemistry, Analysis, Function and Effects, 1.kiadás. The Royal Society of Chemistry. Cambridge. ISBN 978-1-84973-370-0
56. Priya, K., Gupta, V. R. M., Srikanth, K. (2011): Natural Sweeteners: A Complete Review. *Journal of Pharmacy Research* 2011,4(7),2034-2039 ISSN: 0974-6943
57. Regnat, K., Mach, R. L., Mach-Aigner, A. R. (2017): Erythritol as sweetener—wherefrom and whereto? *Applied Microbiology and Biotechnology* (2018) 102:587–595 DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-017-8654-1>
58. Roze, M., Crucean, D., Diler, G., Rannou, C., Catanéo, C., Jonchére, C., Le-Bail, A., Le-Bail, P. (2021): Impact of Maltitol and Sorbitol on Technological and Sensory Attributes of Biscuits. *Foods* 2021, 10, 2545
59. Rzechonek, D. A., Dobrowolski, A., Rymowicz, W., Mirończuk A. M. (2017): Recent advances in biological production of erythritol. *Critical Reviews in Biotechnology*, 38:4, 620-633, DOI: [10.1080/07388551.2017.1380598](https://doi.org/10.1080/07388551.2017.1380598)
60. Saraiva, A., Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Raposo, A. (2020): Maltitol: Analytical Determination Methods, Applications in the Food Industry, Metabolism and Health Impacts. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2020, 17, 5227; DOI:[10.3390/ijerph17145227](https://doi.org/10.3390/ijerph17145227)
61. Shebini, S.M.E., Hussein, A.M.S., Moaty, M.I.A., Ahmed, N.H., Hanna, L.M., Tapozada, S.T. (2014): Chemical, rheological and sensory properties of wheat-oat flour composite snacks and its healthy beneficial effect. *International journal of food and nutritional sciences*. Vol.3, Iss.6 e-ISSN: 2320 –7876
62. Smith, S.A., King, R.E., Min, D.B. (2006): Oxidative and thermal stabilities of genetically modified high oleic sunflower oil. *Food Chemistry* 102 1208–1213. DOI: [10.1016/j.foodchem.2006.06.058](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.06.058)
63. Stanyon, P., Costello, C. (1990): Effects of Wheat Bran and Polydextrose on the Sensory Characteristics of Biscuits. *Cereal Chem.* 67(6):545-547

64. Stefan, E.M., Voicu, G., Constantin, G.A., Munteanu, G.M., Ipate, G. (2019): Effect of sugar substitutes on wheat dough rheology. *St. Cerc. St. CICBIA* 2019 20 (2) pp. 313 – 320 ISSN: 1582-540X
65. Sudha, M.L., Vetrmani, R., Leelavathi, K. (2007): Influence of fibre from different cereals on the rheological characteristics of wheat flour dough and on biscuit quality. *Food Chemistry* 100 (2007) 1365–1370 DOI: [10.1016/j.foodchem.2005.12.013](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.12.013)
66. Swapna, K.S., Rao, K.J. (2015): Studies on effect of oat and cheese incorporation on sensory and textural quality of short-dough type biscuit. *J Food Sci Technol* 53(3):1505–1514 DOI: [10.1007/s13197-015-2014-x](https://doi.org/10.1007/s13197-015-2014-x)
67. Tarancón, P., Fiszman, S.M., Salvador, A., Tárrega, A. (2013): Formulating biscuits with healthier fats. Consumer profiling of textural and flavour sensations during consumption. *Food Research International* 53 134–140. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2013.03.053>
68. Vatankhah, M., Garavand, F., Elhamirad, A., Yaghbani, M. (2015): Influence of sugar replacement by stevioside on physicochemical and sensory properties of biscuit. *Quality Assurance and Safety of Crops & Foods*, 2015; 7 (3): 393-400
69. Villemejane, C., Roussel, P., Berland, S., Aymard, P., Michon, C. (2013): Technological and sensory tools to characterize the consistency and performance of fibre-enriched biscuit doughs. *Journal of Cereal Science* 57 (2013) 551-559 DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcs.2013.03.005>
70. Youssef, M.K.E., Nassar, A.G., El-Fishawy, F.A., Mostafa, M.A. (2016): Assessment of Proximate Chemical Composition and Nutritional Status of Wheat Biscuits Fortified with Oat Powder. *Assiut J. Agric. Sci.*, (47) No. (5) 2016 (83-94) ISSN: 1110-0486
71. Zaki, H.M., Elshawaf, A.M., Makhzangy, A.E., Hussein A.M.S. (2018): Chemical, rheological and sensory properties of wheat- oat flour composite cakes and biscuits. *J. Product. & Dev.*, 23(2): 287- 306
72. Zambelli, A. (2020): Current Status of High Oleic Seed Oils in Food Processing. *J Am Oil Chem Soc* 98: 129–137. DOI: [10.1002/aocs.12450](https://doi.org/10.1002/aocs.12450)
73. Zoulias, E. I., Piknis, S., Oreopoulou, V. (2000): Effect of sugar replacement by polyols and acesulfame-K on properties of low-fat cookies. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(14), 2049–2056. DOI: [https://doi.org/10.1002/1097-0010\(200011\)80:14%3C2049::AID-JSFA735%3E3.0.CO;2-Q](https://doi.org/10.1002/1097-0010(200011)80:14%3C2049::AID-JSFA735%3E3.0.CO;2-Q)

- Internet 1. Palkó M.: Szénhidrátok kémiája. SZTE Gyógyszertudományi Kar <https://hu.egis.health/e/29-szenhidratok> (utoljára elérve: 2023. február 24.)
- Internet 2. World Health Organization. Obesity and overweight. 2021. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight> (utoljára elérve: 2023. február 24.)
- Internet 3. World Health Organization. Diabetes. 2022. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/diabetes> (utoljára elérve: 2023. február 24.)
- Internet 4. https://www.balancefood.hu/spd/121582/Gullon-Tradizionale-elelmi-rostban-gazdag-keksz-ho?utm_source=argep.hu&utm_medium=cpc&utm_campaign=price_comparison_site&utm_term=121582 (utoljára hozzáférhető: 2023. március 8.)
- Internet 5. https://sokoshop.hu/uj-termekek/gullon-cukorm--zabkeksz-crocant?utm_source=argep.hu&utm_medium=cpc&utm_campaign=google_shopping&utm_term=8410376055542 (utoljára hozzáférhető: 2023 március 8.)
- Internet 6. <http://www.muszeroldal.hu/measurenotes/szinmeres.pdf> (utoljára hozzáférhető: 2023. március 8.)

1. számú melléklet – Cukormentes zabkekszek érzékszervi bírálat

Milyen gyakran fogyaszt édesítőszeres termékeket?

- naponta
- hetente
- havonta
- soha
- Egyéb: _____

Hogy viszonyul az édesítőszerrel készített termékekhez?

- kedvelem
- nem kedvelem
- semleges

Az alábbiak közül mely édesítőszerrel hallott már?

- eritrit
- stevia
- xilit
- maltitol
- egyikről sem

Milyen rendszerességgel fogyaszt zabkekszet?

- naponta
- hetente
- havonta
- soha
- Egyéb: _____

Fogyasztott-e már cukormentes zabkekszet?

- igen
- nem

A 619-es keksz esetén mennyire kedveli az alábbi tényezőket? (1-egyáltalán nem kedvelem, 5-nagyon kedvelem) *

	1	2	3	4	5
szín	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
illat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
megjelenés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
összességében	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mennyire érzi a felsorolt tényezőket a 619-es terméken? (1-egyáltalán nem jellemző 5-nagyon jellemző) *

	1	2	3	4	5
édes íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hűsítő hatás	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Dow

szózat

A 723-as keksz esetén mennyire kedveli az alábbi tényezőket? (1-egyáltalán nem kedvelem, 5-nagyon kedvelem) *

	1	2	3	4	5
szín	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
illat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
megjelenés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
össességében	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mennyire érzi a felsorolt tényezőket a 723-as terméken? (1-egyáltalán nem jellemző, 5-nagyon jellemző) *

	1	2	3	4	5
édes íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hűsítő hatás	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Dow

összat

A 242-es keksz esetén mennyire kedveli az alábbi tényezőket? (1-egyáltalán nem kedvelem, 5-nagyon kedvelem) *

	1	2	3	4	5
szín	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
illat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
megjelenés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
össességében	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mennyire érzi a felsorolt tényezőket a 242-es terméken? (1-egyáltalán nem jellemző, 5-nagyon jellemző) *

	1	2	3	4	5
édes íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hűsítő hatás	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

A 368-as keksz esetén mennyire kedveli az alábbi tényezőket? (1-egyáltalán nem kedvelem, 5-nagyon kedvelem) *

	1	2	3	4	5
szín	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
illat	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
megjelenés	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
összességében	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Mennyire érzi a felsorolt tényezőket a 368-as terméken? (1-egyáltalán nem jellemző, 5-nagyon jellemző) *

	1	2	3	4	5
édes íz	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ropogósság	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
hűsítő hatás	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Melyik kekszet kedvelte a legjobban

- 619
- 723
- 242
- 368

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Szerzői nyilatkozat

Alulírott Dowden Debra Ann (név) Élelmiszermérnök BSc, Édes- és zsidóipari technológiák és minőségügy (szak, tagozat) nappali tagozatos hallgatója kijelentem, hogy a

Különböző édesítőszerrel készült zabkekszek összehasonlítása

című szakdolgozat a saját munkám eredménye. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlanul állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

Budapest, 2023. április 28.


a hallgató aláírása

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Dowden Debra Ann
A Hallgató Neptun kódja: DLKY8T
A dolgozat címe: Különböző édesítőszerrel készült zabkekszek összehasonlítása
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Gabona és Iparnövény Technológiai 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 mindenkor szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2023. április 28.


Hallgató aláírása

**KONZULTÁCIÓS
NYILATKOZAT**

A Dowden Debra Ann (név) (hallgató Neptun azonosítója: DLKY8T) 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. május 2.


Belső konzulens

Dow