

SZAKDOLGOZAT

Régely Boglárka

2024



Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Táplálkozástudományi Tanszék

Gyümölcsporok és a felhasználásukkal készült
termékek illékony vegyületeinek feltérképezése

Régely Boglárka

BUDAPEST

2024

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

Szak neve: BSc Élelmiszermérnöki

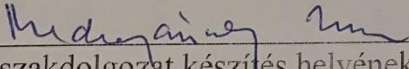
Szakedolgozat készítés helye: Táplálkozástudományi Tanszék

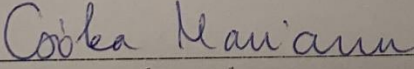
Hallgató: Régely Boglárka

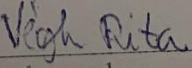
A szakedolgozat címe: Gyümölcsporok és a felhasználásukkal készült termékek illékony vegyületeinek feltérképezése

Konzulens: Dr. Csóka Mariann, Végh Rita
Külső konzulens esetén tanszéki felelős:

Beadás dátuma: 2024. április 26.


szakedolgozat készítés helyének vezetője
(Dr. Mednyánszky Zsuzsanna)


konzulens
(Dr. Csóka Mariann)


konzulens
(Végh Rita)

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
2.1. A gyümölcsök illékony vegyületei	2
2.2. Gyümölcsporok.....	13
2.2.1. Gyümölcsporok előállítása.....	14
2.2.2. Gyümölcsporok felhasználásával készített élelmiszerek	16
2.3. Gyümölcsök aroma-összetételének vizsgálata.....	17
2.3.1. Gyümölcsök illatának vizsgálati módszerei.....	18
2.3.2. A kutatás során vizsgált gyümölcsök aromajellemzői	21
3. Anyag és módszer.....	26
3.1. A kísérletek helye	26
3.2. A vizsgált minták	26
3.3. Felhasznált anyagok és eszközök.....	28
3.4. Mintavétel	28
3.5. Műszeres mérés.....	29
3.5.1. A műszeregyüttes felépítése és működése	30
3.6. Az eredmények kiértékelése	31
4. Eredmények és értékelésük	32
4.2. A kontrol minták aromakomponensei.....	32
4.3. A goji por és termékeinek aroma-összetétele	33
4.4. A fekete berkenye por és a felhasználásával készült termékek illékony vegyületei. 38	
4.5. A csipkebogyó termékek illatkomponensei	42
4.6. Az acerola termékek aromavegyületei.....	46
4.7. A homoktövis termékek aromakomponensei	50
5.Következtetések és javaslatok	54
6. Összefoglalás.....	56
Irodalmi hivatkozás	58
Mellékletek	63

1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITÚZÉSEK

A gyümölcsök széles skáláját nagy mennyiségben termesztik világszerte, és exportértékük jelentős gazdasági szerepet játszik számos országban. Ezek a termékek nélkülözhetetlenek az étrendben szükséges rostok, ásványi anyagok és vitaminok napi beviteléhez. A gyümölcsök jellemző íze és színe hozzájárul az étrend változatosságához és ízletessé tételéhez. A gyümölcsök és kivonataik por alakban potenciálisan alkalmazhatók élelmiszer összetevőként is (Aziz et al. 2018)

A gyümölcspor, olyan termék, melyet különböző gyümölcsök szárításával és őrlésével állítanak elő, ezáltal koncentrált formában tartalmazza a gyümölcsben lévő ásványianyagokat, vitaminokat, tápanyagokat. A gyümölcsök ilyen formában történő feldolgozása és fogyasztása rengeteg előnnyel jár. Ugyanis a gyümölcsporok gazdagok vitaminokban, ásványianyagokban és rostokban is. A friss gyümölcsökkel ellentétben, ezek hosszú ideig eltarthatóak, illetve nem igényelnek hűtést, ami megkönnyíti a tárolást és szállítást. A gyümölcsök természetes ízét és aromáját koncentrált formában tartalmazzák, így intenzív, gyümölcsös ízt adva az ételeknek és italoknak egyaránt. Por állaguk miatt, könnyen keverhetőek süteményekhez, italokhoz, müzlikhez vagy más ételekhez. A gyümölcsök azonban a szárítási folyamat során veszíthetnek tápanyag tartalmukból, ezért fontos, hogy elsősorban a friss gyümölcsök fogyasztása mellett döntsünk. A gyümölcsporok tökéletes étrendkiegészítők, ha egy kiegyensúlyozott étrend részeként mértékkel fogyasztjuk ezeket a termékeket.

A gyümölcsporok felhasználása az élelmiszeriparban is elterjedt, az egészséges táplálkozás iránti megnövekedett érdeklődés következtében. Az íz, az aroma és a tápanyagok hozzáadására, valamint az élelmiszerek megjelenésének javítására színezékként is használnak különböző gyümölcsporokat. Ezen kívül az adott étel vagy ital tápanyag tartalmának gazdagítására is alkalmazzák a gyümölcsporokat. Ezáltal egyre több szakember foglalkozik a különböző gyümölcsökből készült porok vizsgálatával.

Dolgozatom témájául különböző gyümölcsporok: goji (*Lycii fructus*), fekete berkenye (*Aronia melanocarpa*), csipkebogyó (*Rosa canina*), acerola (*Malpighia emarginata*), homoktövis (*Hippophae rhamnoides*) és felhasználásukkal készített keksz, illetve fehér csokoládé aroma-összetételének vizsgálatát választottam. Kísérletem fő célja az volt, hogy feltérképezzem az adott gyümölcsök illékony vegyületeit. Továbbá, hogy megtudjam, hogy a gyümölcsök jellegzetes illatkomponensei mennyire érezhetőek a kekszben és a fehér csokoládében.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1. A gyümölcsök illékony vegyületei

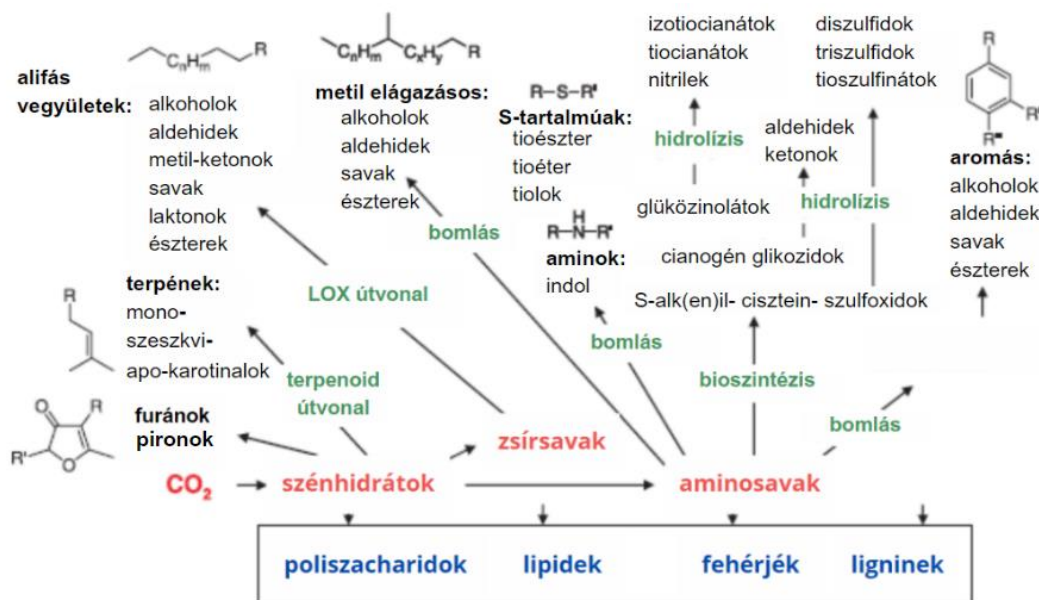
A gyümölcsök minősége számos szempontot foglal magában, mint például a megjelenés, a szín, a textúra, az íz és a tápérték. Ezek közül az íz a legfontosabb minőségi jellemző a friss gyümölcsök esetében. A gyümölcsíz cukrokból, savakból, sókból, keserű vegyületekből, például alkaloidokból vagy flavonoidokból, valamint illó aromás anyagokból áll. Az illataktív vegyületek hozzájárulása a gyümölcsök ízéhez egyre nagyobb figyelmet kap, mivel ezek a vegyületek fontos szerepet játszanak a gyümölcsök jellegzetes ízének kialakításában (Jiang et al., 2010). A gyümölcsök aromája nagyszámú illékony vegyület összetett keveréke, amelynek összetétele faj- és gyakran fajtaspecifikus, és amelyet nemcsak a genetika, hanem a környezeti tényezők, a termesztési gyakorlatok és a betakarítás utáni kezelés is meghatároznak. A legtöbb gyümölcsaroma kémiai természetét az elmúlt 40 évben jellemezték. Az új és érzékeny elválasztási módszereket alkalmazó analitikai eljárások, elsősorban a gázkromatográfia-tömegspektrometria elterjedt használatával, vagy a legújabb generációs elektronikus orrok által nyújtott információk alkalmazásával lehetővé vált a legösszetettebb illékony keverékek jellemzése is. A gyümölcsök által termelt legfontosabb illékony vegyületek az észterek, az aldehidek, az alkoholok, a ketonok, a terpének és a különböző furánvegyületek. E vegyületek többsége esszenciális tápanyagokból, illetve bioaktív vegyületekből származik, ami arra utal, hogy az illékony komponensek fontos információkat szolgáltathatnak a gyümölcsök tápanyag-összetételéről. Az aromaképződés folyamatát többnyire a gyümölcsökben található három fő aroma-előanyag (prekurzor) csoport anyagcseréjén keresztül tanulmányozzák: ezek a szénhidrát-, az aminosav- és a zsírsav-anyagcsere (Pérez et al., 2008). A következő alfejezetekben ezeket az aromaanyag-keletkezéshez vezető biokémiai utakat mutatom be röviden.

2.1.1. A gyümölcs aromák bioszintézise

Az illékony anyagok bioszintézisében több biokémiai útvonal is részt vesz (1. ábra). Sanz és társai 1997-ben megállapították, hogy az aroma és az íz szempontjából fontos illékony anyagok aminosavakból, membrán lipidekből és szénhidrátokból szintetizálódnak. Az illékony anyagok bioszintetikus útvonalának egyik fontos lépése az elsődleges prekurzorok, szubsztrátok, köztük a zsírsavak és aminosavak elérhetősége, amelyek mennyisége és összetétele a gyümölcsfejlődés során erősen szabályozott (El Hadi et al., 2013). Több tanulmányban (El Hadi et al., 2013; Brückner et al., 2008, Osorio et al., 2010)

is olvasható, hogy az illékony anyagok bioszintézisének 4 fő útvonala van: a zsírsav, az aminosav, a terpenoid és a karotinoid útvonal, melyeket a következő fejezetekben bővebben kifejttek.

1. ábra: Aromavegyületek keletkezéséhez vezető biokémiai útvonalak (Forrás: Schwab et al., 2008)

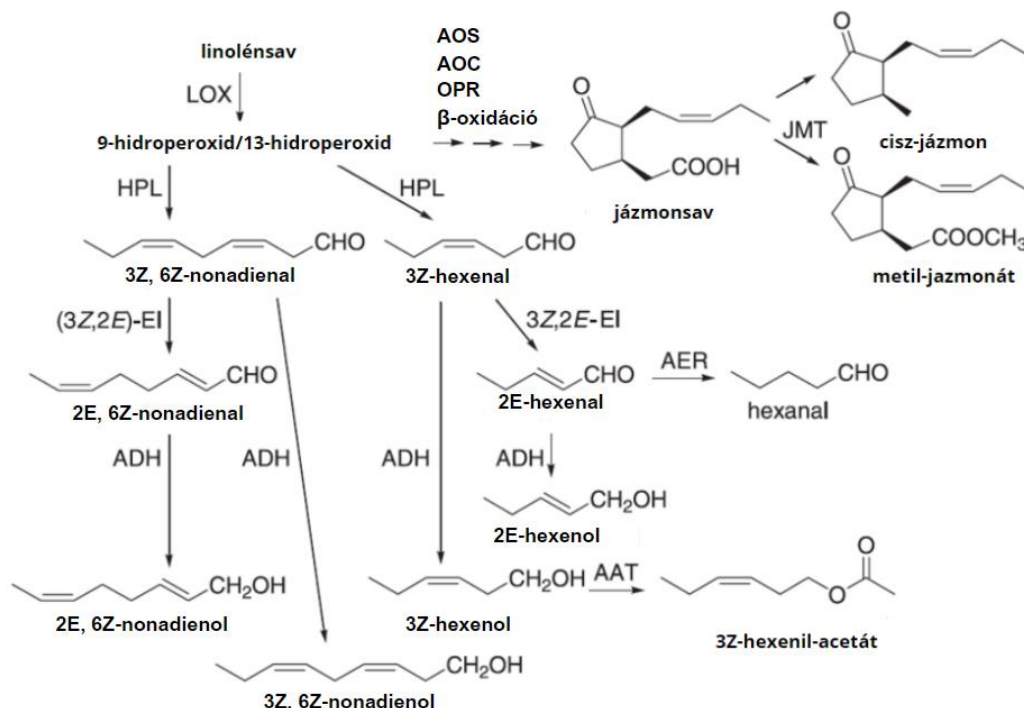


2.1.1.1. Lipid-eredetű aromavegyületek

A zsírsavak a legtöbb növényi termék aromájáért felelős illékony vegyületek fő előanyagai. A lipid-eredetű aromakomponensek alapvetően három folyamat során keletkeznek: alfa-oxidáció, béta-oxidáció és a lipoxigenáz (LOX) útvonalon (El Hadi et al., 2013). El Hadi és munkatársai (2013) megállapították, hogy az illó anyagok az ép gyümölcsben a béta-oxidáció bioszintetikus útvonalán képződnek, míg a gyümölcszövet megbontásakor, sérülésakor a lipoxigenáz (LOX) úton. Brückner és társai (2008) hasonló következtetésre jutottak: a gyümölcsökben az illó vegyületeket előállító fő metabolikus útvonal a béta-oxidáció, míg a LOX-útvonal felelős a zsírsavakból származó aromavegyületek legszélesebb választékáért a sérült növényi szövetekben (Pérez et al., 2008). A lipidekből képződő aromavegyületek legszélesebb választéka a lipoxigenáz aktivitás révén keletkezik. A gyümölcsökben található alifás észterek, alkoholok, savak és karbonil vegyületek közül sok a linol- és linolénsavak oxidatív lebontásából származik (2. ábra). Ezen kívül néhány illékony vegyület az enzimkatalizált telítetlen zsírsavak oxidatív lebontása során is keletkezhet autooxidáció útján. A linolsav elsődleges oxidációs termékei a hexanal és a 2,4-dekadienal, míg a linolénsav autooxidációja során a 2,4-heptadienal

keletkezik fő termékként. Ezen aldehidek további autooxidációja más illékony anyagok képződéséhez vezet (Jiang et al., 2010).

2. ábra: Linolénsavból származó aromakomponensek (Forrás: Schwab et al., 2008)



Hui és társai 2010-ben megállapították, hogy az alfa-oxidáció csak a 14-18 szénlánc hosszúságú szabad zsírsavakra hat, amelyek C_{n-1} -aldehidekké bomlanak le különböző mennyiségű C_n -hidroxisavakkal és C_{n-1} zsírsavval együtt. Vagy pedig rövid- és közepes láncú aldehidek és alkoholok keletkeznek a kiindulási acetil-koenzim-A enzimatisz redukciójával.

A béta-oxidáció a C_2 egységek (acetyl-CoA) egymást követő eltávolítását eredményezi a kiindulási zsírsavból. Sanz és társai (1997) arról számoltak be, hogy a zsírsavak béta-oxidációja az érzékszervi képzéshez alkoholokat és acetyl-koenzim-A-t (CoA) biztosító elsődleges bioszintetikus folyamat. A folyamat során a zsírsav acetyl-koenzim-A származékok a ciklus minden egyes fordulójában két szénatommal rövidebb láncú acetyl-koenzim-A-vá alakulnak át, amihez flavin-adenin-dinukleotidra (FAD), nikotinamid-adenin-dinukleotidra (NAD) és szabad koenzim-A-ra van szükség. Az acetyl-koenzim-reduktáz aldehiddé redukálja az acetyl-koenzim-A molekulákat. Az aldehidet az antidiuretikus hormon (ADH) redukálja alkohollá, hogy azt az alkohol aciltranszferáz (AAT) felhasználhassa észterek előállításához (El Hadi et al., 2013).

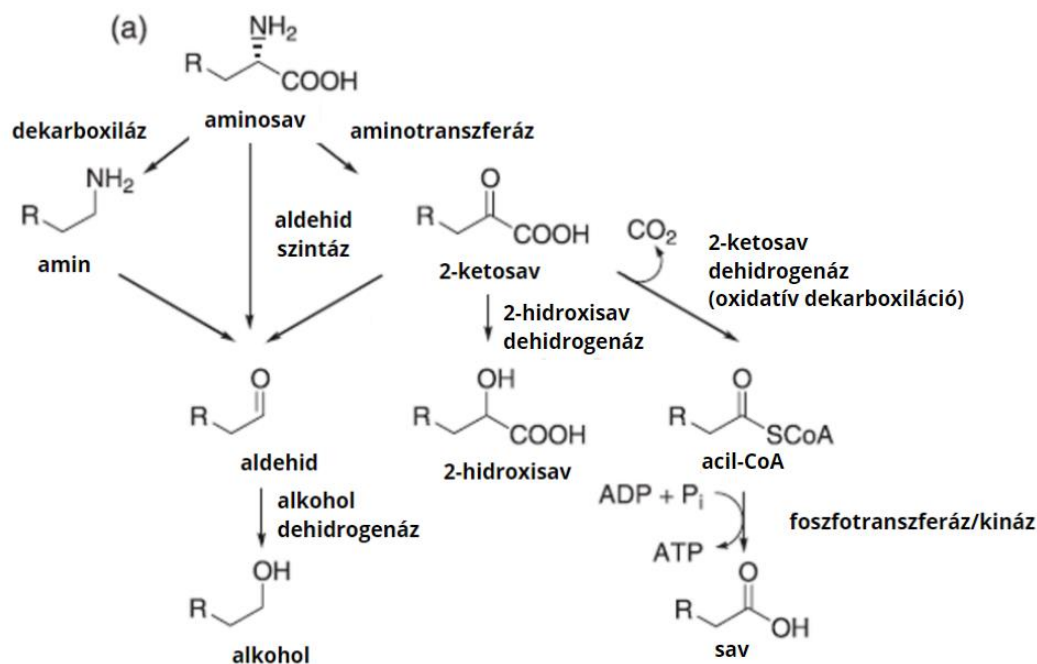
A LOX bioszintetikus útvonal képes szubsztrátokat biztosítani az észtertermeléshez. A LOX által katalizált reakcióban a linolsav vagy linolénsav dioxigénezésen mennek keresztül. Ezek az enzimek képesek katalizálni a poliénsavak C9 és C13 pozícióban történő oxigénezését, ami két vegyületcsoportot eredményez, a poliénsavak 9-hidroperoxi és a 13-hidroperoxi származékait. Ezeket a származékokat egy sor enzim tovább metabolizálhatja, beleértve az allén-oxid-szintázt (AOS) és a humán hasnyálmiriny lipázt (HPL) amelyek a lipoxigenáz út két ágát képviselik, és működésük további illékony vegyületeket eredményez (El Hadi et al., 2013).

2.1.1.2. Aminosav-eredetű illatalkotók

Az aminosavak is az illékony vegyületek fontos forrását jelentik, amelyek hozzájárulnak a gyümölcsök és a zöldségek aromájához. Az aminosavak anyagcseréje, enzimes bomlása során alifás, elágazó vagy aromás alkoholok, karbonilok, savak és észterek keletkeznek. Ezek a vegyületek hozzájárulnak számos gyümölcs elsődleges aromájához, és bizonyos esetekben meghatározzák azt (jelleg-meghatározó aromakomponensek) (Pérez et al., 2008). Az aminosavak jellegzetes, illékony bomlástermékei például a 2-metil-1-butanol és a 3-metil-1-butanol, melyek sok gyümölcs illó frakciójában megtalálhatók. Ezek a vegyületek tovább alakulhatnak később észterekké, amelyek számos gyümölcsben fontos illékony vegyületek, és jellegzetes „gyümölcsös” illattal rendelkeznek (Jiang et al., 2010).

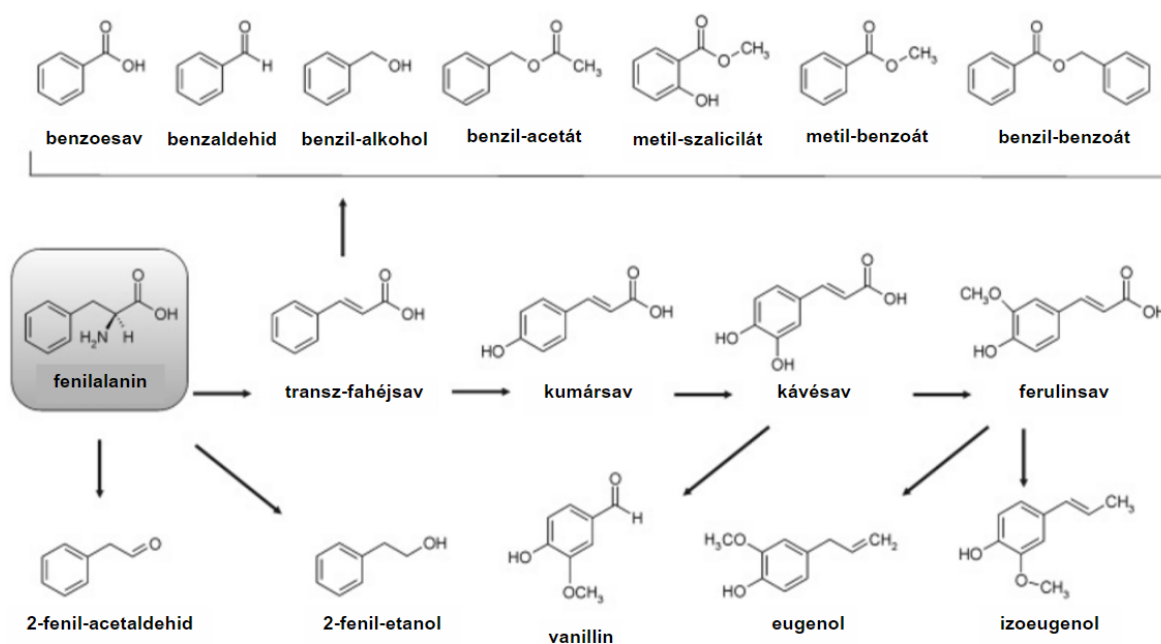
Egyes aminosavak, mint az alanin, a valin, a leucin, az izoleucin, a fenilalanin és az aszparaginsav, részt vesznek a gyümölcsökben az aroma bioszintézisében, mint közvetlen prekurzorok. Anyagcseréjük során számos illatvegyület (alkoholok, karbonilok, savak és észterek) keletkezik. Ahogy a 3. ábrán is látható, az aminosavak áteshetnek egy kezdeti deamináláson vagy transzamináláson, ami a megfelelő alfa-ketosav kialakulásához vezet. Ezt követően dekarboxilezés, majd redukciók, oxidációk és/vagy észteresítések aldehideket, savakat, alkoholokat és észtereket eredményeznek (El Hadi et al., 2013).

3. ábra: Aminosavból származó aromavegyületek bioszintézise (Forrás: Schwab et al., 2008)



Az aromás aminosavakból keletkező illó vegyületek fontos csoportja a benzolgyűrűs vegyületeké, melyek számos gyümölcs aromájában megtalálhatók. Változatos felépítésű vegyületek tartoznak ebbe a csoportba, többnyire alacsony érzékelési küszöbértékkel. Vannak köztük savak, alkoholok, aldehidek és észterek is. A 4. ábrán néhány, fenilalaninból keletkező aromavegyület látható.

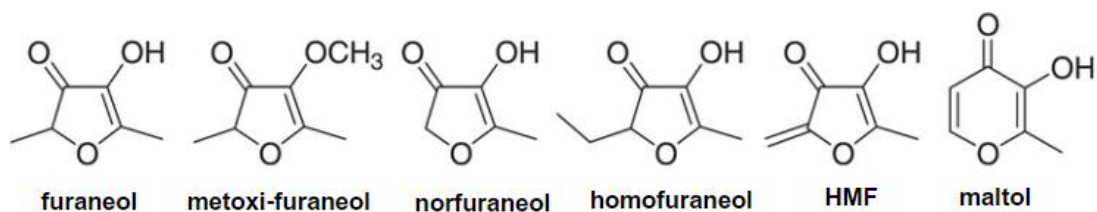
4. ábra: Fenilalaninból származó illó vegyületek (Forrás: Osorio et al., 2010)



2.1.1.3. Szénhidrát-eredetű aromakomponensek

A fotoszintetikus útvonalak a szén-dioxidot cukorra alakítják, amelyből más növényi folyamatok például lipideket és aminosavakat állítanak elő, ezért szinte minden növényi aromaanyag közvetve a szénhidrát-anyagcseréből származik. Azonban az aromavegyületeknek két fő csoportja van, amelyek közvetlenül a szénhidrát-anyagcseréből erednek: a terpének és a furán vegyületek. Az illékony terpének számos illóolaj fő összetevői, amelyek például a legtöbb citrusfajta aromáját is döntően meghatározzák. A kellemes édes aromával rendelkező furán vegyületek is számos gyümölcs aromájához járulnak hozzá (Jiang et al., 2010). A furaneol a gyümölcsök vonzó aromájának egyik legfontosabb vegyülete. Schwab és munkatársai (2008) azt feltételezik, hogy a furán vegyületek biológiai funkciója a növényekben az, hogy különböző rendszerekben jelző molekulaként működnek. A gyümölcsök aromájához kapcsolódó 4-hidroxi-3(2H)-furanonok szintézise az élelmiszerekben például azt eredményezi, hogy ezek az élelmiszerek az eredeti jelzőmechanizmusok átvitt működésével különösen vonzóan tűnnek (Schwab et al., 2008). A furaneol, amelynek illatküszöbe alacsony, nagy koncentrációban égetett cukros és karamellás jegyekkel rendelkezik, míg alacsonyabb koncentrációban gyümölcsös illatú (Pérez et al., 2010). Néhány, szénhidrát-eredetű aromavegyületet az 5. ábrán mutatok be.

5. ábra: Szénhidrátokból keletkező aromavegyületek (Forrás: Schwab et al., 2008)

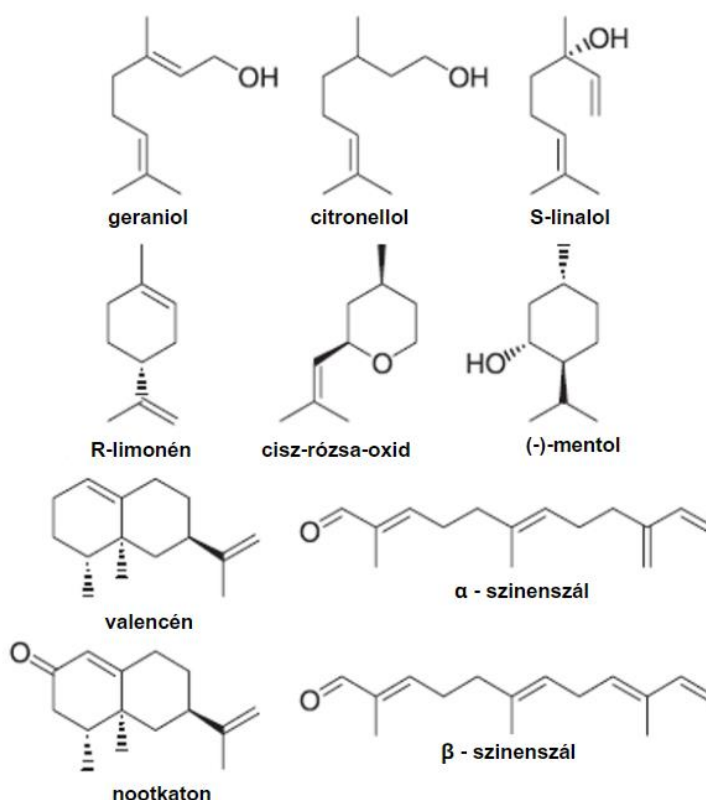


2.1.1.4. Terpenoidok bioszintézise

A terpenoidok alkotják a növényi másodlagos anyagcseretermékek legnagyobb csoportját, számos illékony képviselővel (El Hadi et al., 2013). A terpenoidok, főként a vegyületcsoport 10 és 15 szénatomos tagjai, a mono- és szeszkviterpének (6. ábra), különböző mértékben befolyásolják a legtöbb gyümölcs aromaprofilját és a virágok illatát (Schwab et al., 2008). A terpenoidok az univerzális C5 prekursor izopentenil-pirofoszfátból (IPP) és annak allikus izomerjéből, a dimetilallil-pirofoszfátból (DMAPP) származnak (El Hadi et al., 2013). A növényekben az IPP, és a DMAPP szintézise két párhuzamos útvonalon, a citoszolban aktív mevalonát (MVA) útvonalon és a plasztidokban aktív

metileritritol-4-foszfát (MEP) útvonalon keresztül történik. A terpenoidok közvetlen prekursorai, a lineáris geranil-difoszfát (GDP, C10), a farnezil-difoszfát (FDP, C15) és a geranilgeranil-difoszfát (GGDP, C20) három prenil-transzferáz aktivitása révén keletkeznek. A terpén-szintázok a hemiterpének (C5), monoterpének (C10), szeszkviterpének (C15) vagy diterpének (C20) DMAPP, GDP, FDP vagy GGDP szubsztrátokból történő képződésének katalizálásáért felelős elsődleges enzimek. A terpén bioszintézis harmadik fázisában a különböző prenil-difoszfátokat (DMADP, GDP, FDP és GGDP) a terpén-szintázok nagy családja alakítja át hemiterpénekké, monoterpénekké, szeszkviterpénekké, illetve diterpénekké (Schwab et al., 2008).

6. ábra: Néhány fontos növényi eredetű terpén szerkezete (Forrás: Schwab et al., 2008.)

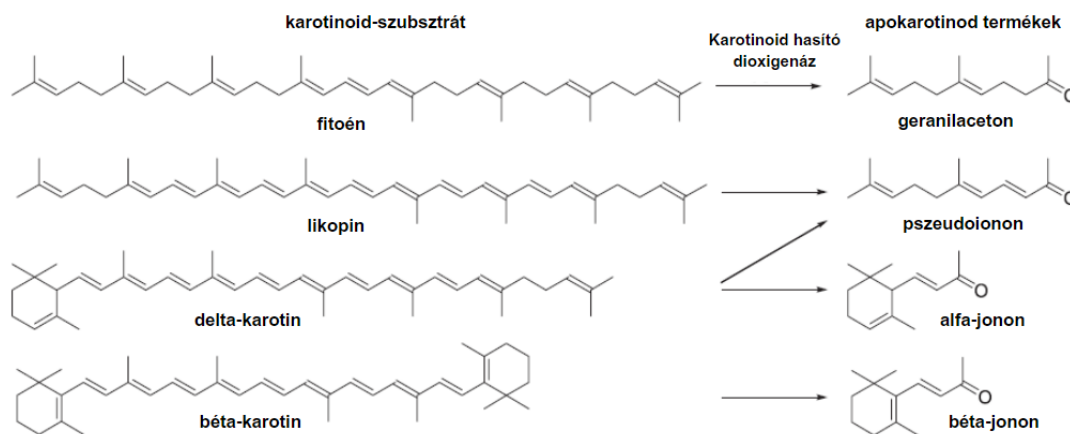


2.1.1.5. Karotinoidokból keletkező illó vegyületek

A karotinoidok tetraterpenoid pigmentek, amelyek a levelek, virágok és gyümölcsök plasztidjaiban halmozódnak fel, ahol hozzájárulnak a növényi szövetek vörös, narancssárga és sárga színéhez. Emellett a karotinoidok és apokarotinoidok számos illataktív aromavegyület, például az α- és β-jonon, pszeudojonon és geranil-aceton előanyagai is (Schwab et al., 2008). A növények és más élő szervezetek elsődleges és másodlagos anyagcseréjében fontos szerepe van az izoprenoid molekuláknak, amelyek a karotinoidok és

apokarotinoidok származékai. A karotinoidok oxidatív hasadása apokarotinoidok keletkezéséhez vezet, és a karotinoid hasító dioxigenázok (CCD-k) családja katalizálja a folyamatot (7. ábra). Az apokarotinoid illóanyagok csak az érés legkésőbbi szakaszában szintetizálódnak, annak ellenére, hogy a CCD enzimek a gyümölcs fejlődése során végig jelen vannak. A karotinoidokból származó illékony vegyületek bioszintézise általában három lépésből áll: először dioxigenáz enzimek közreműködésével apokarotinoidok keletkeznek, majd ezek enzimatis átalakulása történik poláris aromaképző prekursorok kialakulásával. Végül ezen prekursorok savkatalizált átalakulása megy végbe, melynek során illékony vegyületek keletkeznek. A CCD-k specifikusak az általuk hasított kettős kötésre, például, ha β -karotin szolgál szubsztrátként, akkor két C13 terméket (mindkettő β -jonon) és egy központi C14 aldehidet termel (El Hadi et al., 2013).

7. ábra: Karotinoidok és illékony bomlástermékeik (Forrás: Schwab et al., 2008.)



2.1.2. A gyümölcsök aromáját befolyásoló tényezők

A friss gyümölcsök illóanyag-profilja igen összetett, ezért az aromaanyag-összetételük időben folyamatosan változik. Ennek oka számos tényezőben rejlik, beleértve a gyümölcsök genetikai tulajdonságait, érettségét, a termesztés körülményeit, a betakarítás utáni kezelést és tárolást. Még mindig korlátozottan ismerjük ezeknek a tényezőknek az egymásra gyakorolt hatását és azoknak a gyümölcs illóanyag-összetételét és ízét meghatározó szerepét.

2.1.2.1. Genetikai háttér

A genetikai háttérű tényezők döntő szerepet játszanak az íz- és aromaképzés mechanizmusában, mivel meghatározzák az előanyagok termelődését, az enzimszrendszerek összetételét és aktivitását ebben a folyamatban. Az ízben és aromában tapasztalható

változások leginkább a különböző összetevők mennyiségi eltéréseiből adódnak, nem pedig minőségi eltérésekből, ami a leggyakoribb jelenségnek tekinthető (Reineccius, 2006).

2.1.2.2. Érettségi állapot

A betakarításkori érettség erősen befolyásolja a gyümölcsök aromáját. Az éretlenül betakarított gyümölcsök aromája többnyire elmarad a teljes éréskor leszűretelt gyümölcsetől, míg a túlrett gyümölcsök általában csak korlátozott ideig maradnak kereskedelmi forgalomban, az aromájuk hamarabb kezd veszteni az értékéből.

Az Egyesült Államokban a kereskedelmi gyakorlat az, hogy a gyümölcsöt az érés előtt szedik le, majd az érés folyamatait a növénytől távol ellenőrzik. Gyakran előfordul, hogy a szüretet követően a gyümölcsök hosszas kezeléseken esnek át, hónapokig kell tárolni őket, majd nagy távolságokat kell megtenniük a piacig. Ezeket a követelményeket csak úgy lehet teljesíteni, ha a gyümölcsöt teljes érés előtt szedik le. A szakirodalom általában azt mutatja, hogy az íz- és aromafejlődés másképp alakul, ha a gyümölcsöt a növénytől távol érlelik be. Kivételt képeznek természetesen azok a termények, amelyek csak akkor érnek meg, ha eltávolítják őket az anyanövénytől (például a sárgadinnye és egyes avokádófajták). Ezek rendellenesen érnének, ha az anyanövényen maradnának (Reineccius, 2006).

Az arachidonsav (AA) és az etanol a természetes aromavegyületek bioszintézisének prekursorai, és a gyümölcs érése során még aerob körülmények között is alacsony szinten felhalmozódnak. A gyümölcsszövetekben az arachidonsav átalakítható etanollá az antidiuretikus hormon (ADH) által, vagy acetil-koenzim-A-vá aldehyd-dehidrogenáz (ALDH) enzim segítségével. A keletkező alkoholok az alkohol-acetiltranszferáz (AAT) aktivitásán keresztül az illékony észterek képződésének prekursorai, az acetil-koenzim-A pedig az acetát-észterek képződésének előanyagaként szolgál (Porat et al., 2008)

2.1.2.3. Betakarítást megelőző környezeti tényezők

A betakarítást megelőző körülmények, mint például a napfény mennyisége, a megfelelő vízellátottság biztosítása, a trágyázás és a növényvédő szerek alkalmazása kulcsfontosságú szerepet játszanak a növény növekedésében. Ezek a tényezők hatással lehetnek a betakarított termék belső minőségi jellemzőire, ideértve az ízét és aromáját is (El Hadi et al., 2013). A jó minőségű termék előállítása szempontjából a gyümölcsfeldolgozó ipar számára fontos az aromára ható környezeti tényezők vizsgálata. Ennek oka, hogy a gyümölcsök íze, aromája nagyban befolyásolja a fogyasztók elégedettségét, és közvetlen hatással van a jövőbeli vásárlási döntéseikre. Miután a gyümölcsöt leválasztják a növényről,

elveszítheti szénhidrát-, víz- és tápanyagforrásait, és annak minőségét csak megfelelő körülmények között lehet fenntartani, de nem lehet utólag javítani. Ezért a betakarítás előtti tényezők, különösen azok, amelyek befolyásolhatók, különleges figyelmet igényelnek a termesztők részéről annak érdekében, hogy optimalizálják hatásukat a betakarítás utáni minőségre és aromára (Pelayo - Zaldívar et al., 2010).

A gyümölcsök minőségét befolyásolja a növényt érő napfény időtartama és intenzitása. Számos tanulmány (Pantastico, 1975; Westwood, 1978) rámutat arra, hogy a fény hatása érzékelhető az aroma-összetételben is. Ez összefüggésben lehet a gyümölcs által asszimilált szén-dioxid mennyiségével, valamint a fénynek a gyümölcs hőmérsékletre és az anyagcserére gyakorolt hatásával. Miller és munkatársai (1998) azt tapasztalták, hogy a gyümölcsök elhelyezkedése a lombkoronán belül befolyásolja az acetát-észterek termelését. Az északi vagy keleti fekvésű gyümölcsök esetében kevesebb volt az észtertermelés, míg a nyugati vagy déli fekvésűeknél magasabb. Az árnyékolás és az észter bioszintézis között pozitív kapcsolatot állapítottak meg, ami tovább erősíti a szín és az acetát-észterek szintézise között feltételezett összefüggést (Pelayo - Zaldívar et al. 2010).

Több kutatás is igazolta, hogy ugyanazon termés esetében aroma különbségek mutatkoznak attól függően, hogy mikor és hol termesztették azokat. Például Zerbini és munkatársai (1994) almák vizsgálata közben megállapították, hogy a magasabb hőmérséklet előnyös lehet a gyümölcsminőség szempontjából, ugyanakkor növelheti a tárolási időszak alatt fellépő fiziológiai rendellenességek kockázatát is. Majd pár évvel később Bocchor és munkatársai (1997) feketeribizli koncentrátumok vizsgálata során kimutatták, hogy az évszak hatások dominálnak, és az egyes évszakokon belül a földrajzi eredet fontosabb tényezőnek bizonyul, mint az a tény, hogy friss vagy fagyasztott bogyók felhasználása történt.

2.1.2.4. Betakarítást követő környezeti tényezők

Az érettség és a betakarítás utáni kezelések is nagyban befolyásolják az illékony vegyületek mennyiségét a gyümölcsben. Ideális esetben a gyümölcsöt megfelelő étkezési minőségben kell betakarítani, hogy az illóanyagtartalom optimális legyen. Az éretlen gyümölcsöket gyakran korábban szedik le annak érdekében, hogy megnöveljék a tárolási és piaci élettartamot, és minimalizálják a fizikai károsodást és rendellenességeket. Habár az éretlen gyümölcsök hatékonyabban tárolhatók és szállíthatók, az érés és az illóanyagok bioszintézise közötti szoros kapcsolat miatt gyakran hiányoznak belőlük a jellegzetes aromajegyek. A betakarításkori érettség nemcsak a szüretkor kialakuló illóanyag képződést

befolyásolja, hanem hatással van az aroma illóanyagainak regenerálódására is a szabályozott légkörű tárolás után. Az érettség előre haladásával párhuzamosan, csökken az illatanyagok optimális szintre történő regenerálódásához szükséges idő a szabályozott légterű tárolás után (Song et al., 2007).

A betakarított gyümölcsök és zöldségek élő, aktívan lélegző szervek, amelyeket eltávolítanak a víz- és tápanyagforrásuktól. A betakarítás utáni romlás elleni első védelmi vonal a légzés és a vízveszteség mértékének korlátozása. Ez általában alacsony hőmérséklet és magas páratartalom mellett történő szállítással és tárolással érhető el. Egy másik általánosan alkalmazott stratégia az, hogy a termékeket ellenőrzött vagy módosított légterben, alacsony oxigén és egyes esetekben megemelt szén-dioxid koncentrációban helyezik el. Számos gyümölcs és zöldség nagyjából 0 – 15 °C közötti hőmérsékleten hajlamos a lehűlés okozta sérülésre, bizonyos küszöbérték alatti oxigén-szint anaerob légzést vált ki, és a megemelt szén-dioxid szint élettani zavarokat idézhet elő az érzékeny árukban. E problémák mindegyike a minőség gyorsabb romlásához vezet, beleértve a megváltozott anyagcserét, amely ízvesztéshez, illetve íz- és aromahibák kialakulásához vezet. Mindezek mellett az etilén hormon gyakran központi szerepet játszik a friss és frissen szüretelt termékek öregedésének kiváltásában és elősegítésében. Az etilénnek a gyümölcsök betakarítás utáni érésében is kulcsfontosságú szabályozó szerepe van, a szükséges anyagcsereútvonalak aktiválásán keresztül a génátírás és a transzláció szintjén kiváltva a kívánatos íz- és aromaváltozásokat (Brückner et al., 2008).

A gyümölcsök betakarítását követő eltarthatósági idejének meghosszabbítására különböző technikákat alkalmaznak. Ezen módszerek közé tartoznak a hideg- és hőkezelések, a besugárzás, a különféle tárolási légterek kialakítása és a kémiai kezelések. Ezek az utólagos kezelések hatással lehetnek az aromakomponensek és -koncentrációk alakulására is (El Hadi et al., 2013).

Az egyik alapvető tényező, amely befolyásolja a gyümölcsök ízét, a tárolási hőmérséklet. Zhang és munkatársai (2011) megállapították, hogy az 5 °C-on tárolt gyümölcsök érzékenyek a hűtés okozta sérülésekre, és az illékony vegyületek, különösen a gyümölcsös jellegű aromák, mint például az észterek és a laktonok szintje jelentősen alacsonyabb. Kísérleteik során az acetát- és nem-acetát-észterek arányának jelentős eltolódása már a 2 napos tárolás során megfigyelhető volt (El Hadi et al., 2013).

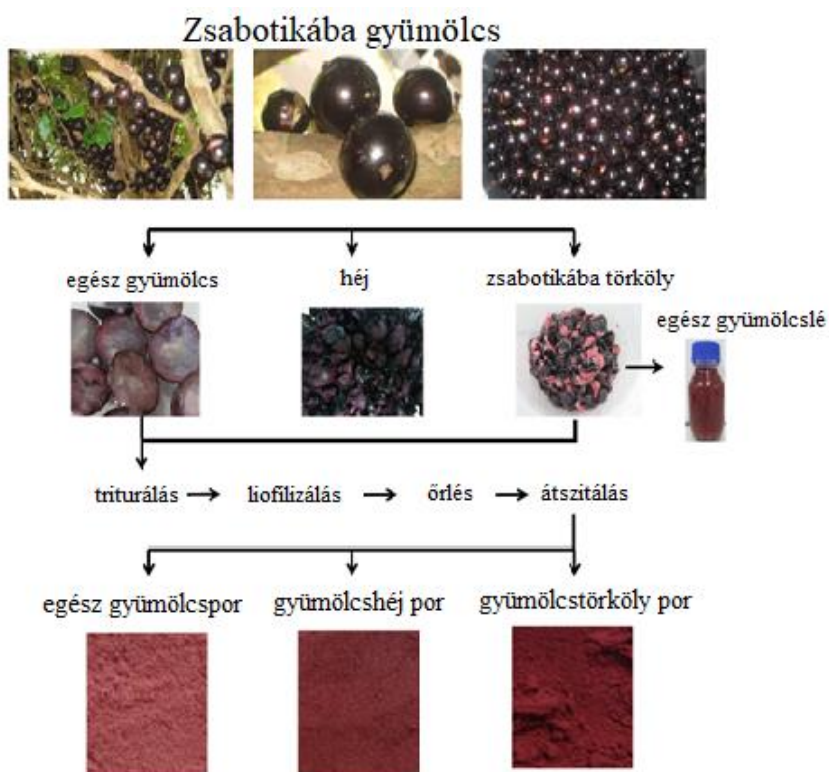
Az oxigénszint csökkentésével és a szén-dioxid szint emelésével több friss gyümölcs minőségét hosszabb ideig lehet megőrizni. Ugyanakkor, ha a friss terméket körülvevő légter összetételét a tolerálható oxigénszint alá csökkentjük, ez fokozhatja az anaerob légzést, ami

íz- és aromazavarokhoz vezethet. A gyümölcsök szabályozott környezetben való tárolása csökkentheti több gyümölcs etiléntermelési képességét és megváltoztathatja az aromaanyagok termelését (El Hadi et al., 2013).

2.2. Gyümölcsporok

Gyümölcsnek nevezzük a magvak húsos részét és/vagy a növényekhez szorosan kapcsolódó, nyersen fogyasztható részét. A gyümölcsök nyers állapotban történő fogyasztása kívánatos a legkedvezőbb egészségügyi előnyök elérése érdekében. A betakarítást követő rövid eltarthatóság miatt azonban nem lehet egész évben friss gyümölcsöt fogyasztani. A gyümölcsök gyümölcsporokká történő feldolgozása segít tehát meghosszabbítani az eltarthatósági idejüket a nedvességtartalom és a vízáktivitás csökkentésével. A szárítás szükséges és létfontosságú művelet a gyümölcspor előállításánál (Aziz et al., 2018). A gyümölcs szárítandó része alapján a kapott porok lehetnek gyümölcslé porok, gyümölcskivonat porok vagy egész gyümölcsből készült porok (8. ábra).

8. ábra: Különböző gyümölcspor típusok (Forrás: Gurak et al., 2014)



A **gyümölcslé port** általában a gyümölcs levének porrá szárításával állítják elő. A gyümölcslevet kivonják a gyümölcspépből, eltávolítják a durva részecskéket, hozzáadják az

engedélyezett adalékanyagokat, és a gyümölcslevet megfelelő szárítási technikákkal szárítják. A porlasztva szárítás és a fagyasztva szárítás a gyümölcslé porok előállításának széles körben alkalmazott módszerei. A gyümölcsök pektinben, polifenolokban, színyanyagokban, élelmi rostokban, enzimekben, flavonoidokban, vitaminokban és oligoszacharidokban gazdag tápanyagforrások. Dúsított funkcionális élelmiszerek vagy gyógyászati kiegészítők előállításához ezeket az értékes összetevőket kivonják a gyümölcsökből (Aziz et al., 2018).

A **gyümölcs kivonat porok** előállításához használt technikák és feldolgozási körülmények a kivonatban lévő aktív vegyületek jellegétől függenek. A porlasztva szárítás és a fagyasztva szárítás a polifenol-, szerves színezék- és flavonoid-kivonatporok előállításának általános módszerei, amelyek közül a porlasztva szárítás a szélesebb körben alkalmazott technológia (Aziz et al., 2018).

A **teljes gyümölcs por** az egész gyümölcsből az ehettlen részek eltávolítása után előállított, szárított por. A gyümölcsökből laboratóriumi méretekben történő légyártás során a gyümölcs teljes tömegének csak 60%-át nyerik ki, a fennmaradó 40%-ot pedig, mint mellékterméket – például a héjat, a magokat és a gyümölcshús egy részét – kidobják, annak ellenére, hogy ezek tartalmazzák a gyümölcs tápanyagainak és bioaktív vegyületeinek nagy részét. Az egész gyümölcs porlasztva szárítással történő porrá alakítása nem megoldható, mivel a porlasztó nem működik a gyümölcspépben lévő nagyobb részecskék esetében. Bár a napon történő szárítás olcsó megoldásnak számít az ilyen típusú porok előállítására, sajnos gyengébb minőségű terméket eredményez. Bár a fagyasztva szárítás költséges eljárás, a teljes gyümölcs porok előállítására ez a legalkalmasabb módszer, mert ezzel lehet a legjobb minőségű port előállítani (Aziz et al., 2018).

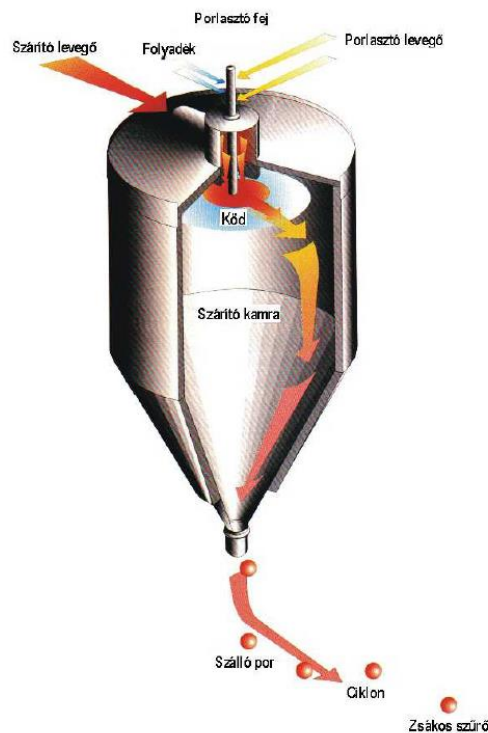
A gyümölcsök és kivonataik por alakban potenciálisan alkalmazhatók élelmiszer-összetevőként különböző feldolgozott élelmiszerek készítésénél. A legújabb tanulmányok bemutatták a gyümölcsporok felhasználását probiotikus sejtek hordozójaként (Nuallakul et al., 2012), rágható cukorkák készítésében (da Silva et al., 2016), élelmiszertablettaként (Adiba et al., 2011; Shamsudin et al., 2012), és a gyorsan diszpergálódó gyümölcstabletták fő alapanyagaként (Ong et al., 2015; Saifullah et al., 2014).

2.2.1. Gyümölcsporok előállítása

Gyümölcsporok előállítására többféle eljárás is létezik. Ezek közül a legelterjedtebbek a porlasztva és a fagyasztva szárítás. A porlasztva szárítás hatékony betakarítás utáni technológia, amelyet a hosszú eltarthatóságú gyümölcsporok előállítására

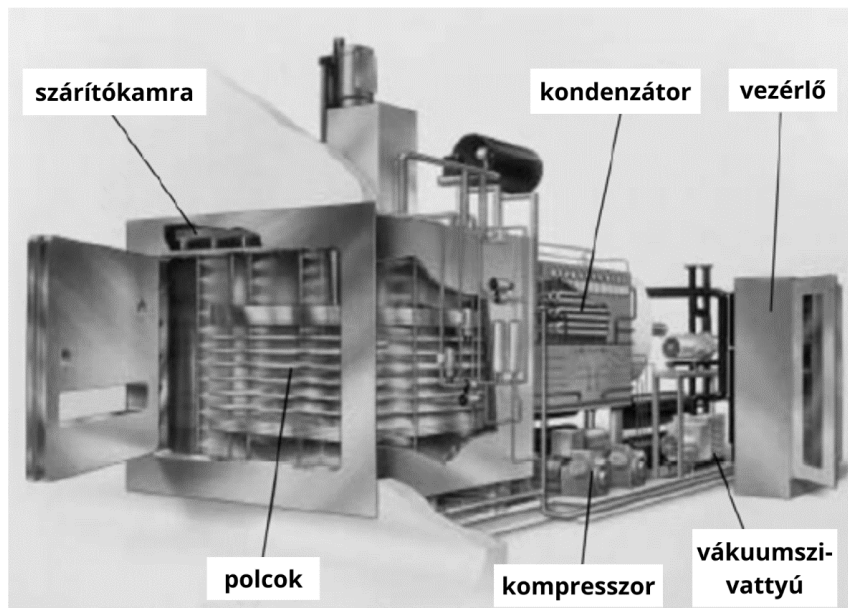
használnak (9. ábra). A folyamat során a folyékony halmazállapotú anyagot szárított részecskeformává alakítják át. Ez úgy érhető el, hogy a folyadékot egy szárítókamrába porlasztják, ahol a folyadékcseppeket forró levegőáramlaton vezetik át. A folyamat előnye a súly- és térfogatcsökkentés. Az olyan paraméterek, mint a gyümölcslé koncentrációja, a felhasznált adalékanyagok, az áramlás sebessége, valamint a belépő/kilépő levegő hőmérséklete jelentős szerepet játszanak a gyümölcsporok hozamában. A gyümölcspor higroszkópos, emiatt a porlasztva szárított porok előállításához olyan szárítószerre van szükség, mint a keményítő, az arab gumi vagy a maltodextrin (Siddick et al., 2016).

9. ábra: A porlasztva szárító berendezés felépítése (Forrás: Pécs, 2011)



A másik elterjedt módszer a gyümölcsporok előállítására a fagyasztva szárítás, más néven liofilizálás. A 10. ábra egy a gyógyszeriparban alkalmazott fagyasztva szárító berendezés vázlatát mutatja. A segédberendezéseken kívül egy szárítókamrából, egy vákuumszivattyúból, egy kondenzátorból, kompresszorból és vezérlőből áll.

10. ábra: A fagyasztva szárító berendezés felépítése (Forrás: Wei et al. 2012)



2.2.2. Gyümölcsporok felhasználásával készített élelmiszerek

A modern élelmiszergyártás idején egyre növekszik az érdeklődés az egészséges és természetes összetevők felhasználása iránt. Ennek megfelelően egyre inkább előtérbe kerül a gyümölcsporok felhasználása különböző élelmiszerek előállításában. A gyümölcsporok nemcsak gazdagok természetes ízekben, aromákban és színekben, hanem jelentős tápértékkel is rendelkeznek. A gyümölcsporok sokoldalú alkalmazása révén lehetőség nyílik az új, kreatív termékek létrehozására.

Mezgebo és munkatársai (2017) zabkása jobb tápanyagminősége és érzékszervi elfogadhatósága elérése érdekében papaja gyümölcsport keverték a termékhez. Kísérletükben ez azt eredményezte, hogy a gyümölcspor hozzáadásával a zabkása tápértéke és érzékszervi minősége is jelentősen javult, illetve a fogyasztói teszteken kiváló eredményt mutatott a megjelenést, illatot, ízt, textúrát és általános elfogadottságot tekintve.

Egy másik tanulmányban (Kita és munkatársai, 2020) csicsókalisztból készült nassolnivalók fizikai, kémiai és érzékszervi tulajdonságait vizsgálták, amelyeket áfonya, fekete áfonya és fekete ribizli gyümölcslé porok hozzáadásával készítettek. A termékek színét és állagát is befolyásolta a gyümölcsporok hozzáadása, ezek vonzóbb színűek, ugyanakkor keményebbek voltak a kontrol mintához képest.

A pékáruk, sütemények is rendkívül népszerűek a fogyasztók körében, ezért ezeknek a termékeknek rostokkal, antioxidánsokkal való gazdagítása hatékony módszer lehet a lakosság egészségi állapotának javítására. Ezen túlmenően a gyümölcsporok jelentős

hatással lehetnek a termékek megjelenésére, fizikai-kémiai tulajdonságaira, textúrájára és érzékszervi jellemzőire is. Salehi és munkatársai (2020) kutatásukban arra az eredményre jutottak, hogy a gyümölcsporok hozzáadásával a sütemények színei sötétebb árnyalatúak lettek.

A gyümölcsporok tehát számos élelmiszer gazdagítására alkalmasak lehetnek, növelve ezzel a termékek tápértékét, és kedvező irányba változtatva az érzékszervi jellemzőket is. Felhasználásukkal a termékválaszték is bővíthető, illetve számos jótékony hatású élelmiszer-összetevővel (vitaminok, polifenolok, növényi színanyagok, antioxidánsok) gazdagíthatók a termékek.

2.3. Gyümölcsök aroma-összetételének vizsgálata

Az élelmiszerek ízének és illatának elemzésére alapvetően kétféle technika létezik: (1) kémiai és (2) érzékszervi. Az érzékszervi elemzés az élelmiszert, mint egészet veszi figyelembe és átfogó benyomást ad. Természetesen, mivel a „mérőeszközök” ebben az esetben emberek, így a mérés eredménye szubjektív, attól függetlenül, hogy szabványos és pontos módszereket alkalmaznak. Megfelelő analitikai szempontok segítségével a szubjektivitás csökkenthető, és reprodukálható eredményekre lehet szert tenni. Az objektív kémiai elemzés függ a meghatározásokat megelőző mintavételi és/vagy elválasztási technikáktól; emellett fontos megjegyezni, hogy egyes nagy intenzitással megjelenő vegyületek érzékszervi benyomása gyenge. Így a műszeres technikák kiegészítik az érzékszervi technikákat, és kiemelkedő értéket képviselnek, mivel lehetővé teszik számos, az élelmiszerek illatát leginkább befolyásoló összetevő azonosítását (Gutiérrez-Rosales, 2010).

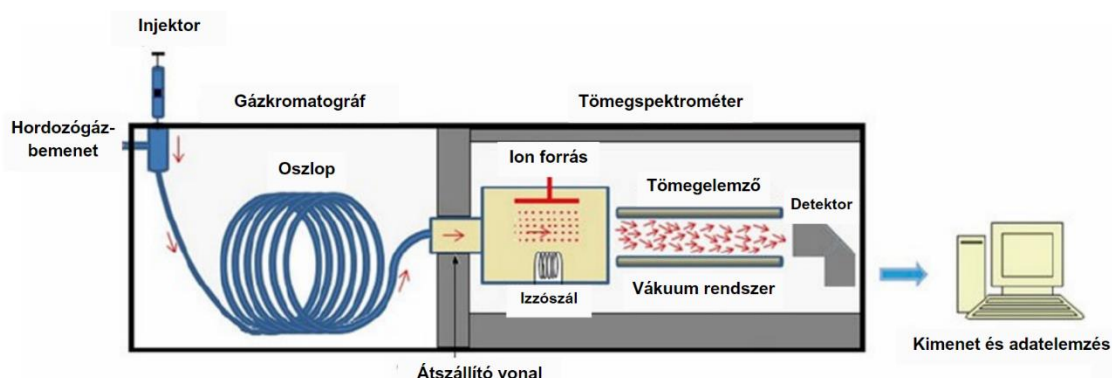
A gyümölcsök illékony vegyületeinek mennyiségi és minőségi elemzése jelentős kihívást jelent a kutatásokban. Gyakran előfordul, hogy a gyümölcsökben lévő illékony vegyületek koncentrációja alacsonyabb számos analitikai eszköz kimutatási határánál, ezért olyan módszereket fejlesztettek ki, amelyek lehetővé teszik ezeknek az anyagoknak a koncentrálását az elemzés előtt. Ezen kívül az illékony vegyületek kivonhatók gyümölcs homogenizátumából különböző desztillációs és oldószeres extrakciós technikákkal (Song et al., 2007). Az alábbiakban röviden bemutatok néhány aromavizsgálati módszert, melyek gyümölcsök esetén is alkalmazhatók.

2.3.1. Gyümölcsök illatának vizsgálati módszerei

Az egyik legszélesebb körben használt aroma mintavételi technika napjainkban a szilárd fázisú mikroextrakció (SPME), gyorsasága, érzékenysége és oldószer mentessége miatt (Song et al., 2007). A módszer egy módosított kromatográfiás tűbe beágyazott abszorbens/adszorbens anyagból készült szál alkalmaz a vegyületek izolálására és koncentrálására. Manapság kereskedelmi forgalomban többféle szál kapható. A szál a mintavétel időtartamára (általában kondicionálást követően) kerül a mintába vagy a minta gőzterébe. Ez idő alatt a minta illékony vegyületei - általában enyhe melegítés hatására - a gőzbe diffundálnak, és megkötődnek a szál polimer bevonatán. A mintavételt követően a szál eltávolításra kerül a mintából/gőztérből, majd a gázkromatográf injektorába helyezik, ahol a vegyületek termikus deszorpción esnek át (Gutiérrez-Rosales, 2010).

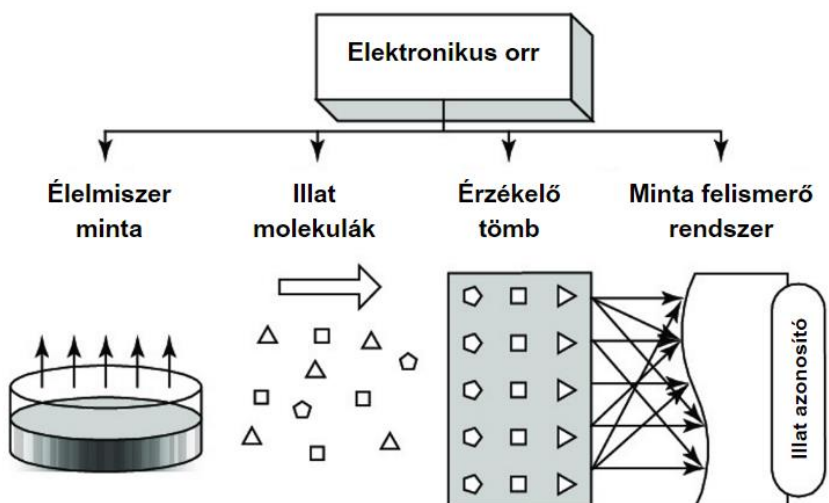
Az extrahált illékony anyagokat általában gázkromatográfiával (GC) vagy gázkromatográfia-tömegspektrometriával (GC/MS) vizsgálják (11. ábra). Ezek a módszerek széles dinamikai tartományt és jó érzékenységet biztosítanak, szinte mindenféle gyümölcs illékony anyagának elválasztására és detektálására (Song et al., 2007). A GC kiváló elválasztó képességgel és nagy érzékenységgel rendelkezik. A vizsgálatok során elengedhetetlen a megfelelő felbontás és érzékenység az összetett aroma izolátumok elemzéséhez. A kapilláris oszlopok fő hátránya az alacsony mintakapacitás, amely vastag fázisú bevonatok használatával javítható, de még mindig problémás (Gutiérrez-Rosales, 2010). A fejlesztések során a hagyományos GC analízishez további analitikai képességeket is hozzáadtak. Például, ha a gázkromatográf két detektorral van felszerelve, az illékony anyagokat két különböző oszlopon egyidejűleg lehet szétválasztani és elemezni, ami növelheti az elválasztott vegyületek körét és segítheti az azonosításukat (Song et al., 2007).

11. ábra: A GC-MS műszeregyüttes felépítése (Forrás: Emwas et al., 2015)



Az elektronikus orr (12. ábra) és a tömegspektrometrián alapuló elektronikus orr új technológiák, amelyek a gyümölcsminőség előre jelzésére használhatók, és alternatívát kínálnak a gyümölcsök illékony anyagainak klasszikus GC/MS-sel történő vizsgálatához képest (Song et al., 2007). Az elektronikus orr egy olyan eszköz, amelyben különböző érzékelőkkel dolgoznak, hogy azok érzékeljék és elemezzék az illatokat. Az érzékelők általában kémiai anyagok, amelyek elektromos jelekké alakítják át a bemeneti illatokat. A különböző érzékelők között megtalálhatók például félvezető gázérzékelők, felületi akusztikus hullámú eszközök, bioszenzorok, vezető polimerek és MS alapú érzékelők. Ezek a szenzorok különböző módon működnek és különböző típusú illatokra érzékenyek. Az elektronikus orrban lévő érzékelőknek az a fontos tulajdonságuk, hogy részleges érzékenységgel rendelkezzenek. Ez azt jelenti, hogy inkább egy bizonyos típusú illatra, például gázokra vagy gőzökre érzékenyek, és nem reagálnak túl széles körben más típusú illatokra. Az elektronikus orr működése során elemzi a teljes illatot, vagyis az összes érzékelő által észlelt jelet, de nem tudja különválasztani az egyes illatkomponenseket. Ezért az elektronikus orr inkább arra alkalmas, hogy általános illatmintákat észleljen, és nem képes az egyes illatok pontos azonosítására vagy elkülönítésére (Gutiérrez-Rosales, 2010).

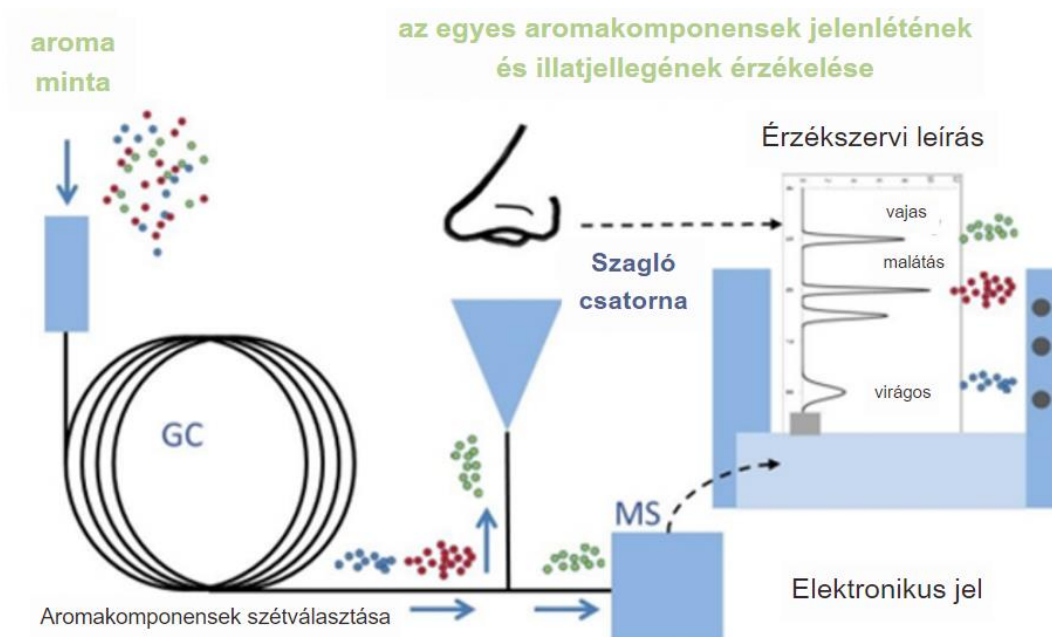
12. ábra: Az elektronikus orr működési elve (Forrás: Takhistov, 2005)



A növények illékony anyagainak valós idejű kimutatásának és elemzésének fejlesztései elősegítették a proton-transzfer-reakció tömegspektrometria (PTR-MS) alkalmazását. A PTR-MS gyors eszköz illékony szerves vegyületek széles skálájának kimutatására, lehetővé téve a kvantitív tömegdetektálást és mérést. Fő hátránya viszont az illékony vegyületek egyértelmű azonosításának hiánya (Song et al., 2007).

Ahhoz, hogy az illékony vegyületek szerepét a gyümölcsök aromájának és ízének kialakításában megértsük, emberi szaglással végzett elemzésre van szükség. Az illékony anyagok emberi érzékelése két fő tényezőtől függ: a gyümölcs illékony anyagának koncentrációjától és az ember aromaérzékelési küszöbértékétől. A gyümölcsök aromájához és ízéhez hozzájáruló vegyületek azonosítása és leírása érdekében végzik a gázkromatográfiás-olfaktometriás (GC-O) illatelemzést (Song et al., 2007). A GC-rendszer konfigurálható úgy, hogy az oszlopot kettéosztják, így a kiáramló anyag egy része a szippantóedénybe, míg a másik része a GC-detektorba (FID vagy MS-detektor) kerül. A GC/O eljárás egy olyan módszer, amely aromagramot készít, vagyis a GC-futtatás minden egyes csúcsának illatjellegét tartalmazó listát nyújt. Bár az így kapott adatok rendkívül értékesek, mivel jelzik, hogy mely GC-csúcsok illataktívak, de nem azonosítják a csúcsokat. E célra általában a GC-MS/O (gázkromatográfia-tömegspektrometria-olfaktometria) módszer használata kívánatos (13. ábra). A GC/O munka lehetővé teszi egy adott illat hozzárendelését egy adott GC-csúcshoz (Gutiérrez-Rosales, 2010). A további fejlesztések, például az emberi aroma/illatanyag receptorok genomjának felfedezése, tovább fogják fejleszteni azt a tudást, hogy az ember hogyan érzékeli az illékony aromaanyagokat, és ezen keresztül valószínűleg befolyásolni fogják a gyümölcsaromák megítélését is (Song et al., 2007).

13. ábra: A GC-MS-O műszeregyüttes vázlata (Forrás: <http1>)



2.3.2. A kutatás során vizsgált gyümölcsök aromajellemzői

2.3.2.1. Acerola

Az **acerola** (*Malpighia emarginata*) Közép-Amerikából származik, gyümölcse (14. ábra) érett állapotban hasonló a cseresznyéhez: kicsi és piros színű, a gyümölcshús nagyon lédús, húsító, gyümölcsös és édes ízű.

14. ábra: Az acerola termése (Forrás: <http2>)



Az egyik első, az acerolából felszabaduló illékony aromavegyületekkel foglalkozó tanulmány 1993-ban készült, amelyben a szerzők a 3-metil-but-2-en-1-ol jelenlétét azonosították, mint a fő vegyületet és annak észtereit, amelyek a pép gyümölcsös aromájában látszólag részt vesznek (Schippa et al., 1993). E vegyületek némelyikét először azonosították, és azt is megfigyelték, hogy néhány norizoprenoid felelős az acerola gyümölcsös aromájának egy részéért. Pino és Marbot 2001-ben különböző vegyületek, köztük monoterpenoidok jelenlétét mutatta ki, amelyeket más vizsgálatokban nem találtak. Egy másik kutatásban 150 alkotóelem közül az aromakoncentrátumban azonosított fő komponensek a furfurol, a hexadekánsav, a 3-metil-3-buten-1-ol és a limonén voltak. A tanulmány szerzői azt feltételezték, hogy az észterek mennyisége hozzájárul az acerola gyümölcs egyedi aromájának kialakításához (Bicas et al., 2010).

2.3.2.2. Fekete berkenye

A **fekete berkenye** (*Aronia melanocarpa*) (15. ábra), egy Észak-Amerikában őshonos cserje vagy fa. Sötét bogyói a fekete ribizlihez hasonlóak, nagyon fanyar ízűek, ezért frissen ritkán fogyasztják (Butorová et al., 2016). A berkenye ehető részeit az élelmiszeriparban gyümölcslevek, szószok, lekvárok, gyümölcssteák és étrend-kiegészítők előállítására használják fel (Zhang et al., 2021).

15. ábra: A berkenye termése (Forrás: <http3>)



Romani és társai (2016) által vizsgált berkenyelében a leggyakoribb vegyületek a 3-pentén-2-on (23,6%), az 1-hexanol (18,2%) és a 2-hexen-1-ol (11,1%) voltak. A gyümölcsle aromavegyületei a következő kémiai osztályokba tartoztak: alkoholok (48,9%), ketonok (30,3%), szénhidrogének (0,2%), savak (5,8%), aldehidek (2,9%), terpének (0,6%), észterek (0,3%) és egyéb vegyületek (1,3%). A zúzott, szárított gyümölcs esetében kevés csúcsot regisztráltak, azonban a 3-pentén-2-on volt a legnagyobb mennyiségben előforduló vegyület, ahogyan azt már a gyümölcsle esetében is megfigyelték (Butorová et al., 2016). Egy másik tanulmányban Butorová és munkatársai összesen 39 illékony vegyületet azonosítottak a berkenye fajtákban, köztük 8 aldehidet (benzaldehyd, hexanal, nonanal, oktanal, pentanal, propanal, transz-2-hexenal), 19 alkoholt (2-metil-bután-1-ol, 2-metil-propan-1-ol, 3-metil-bután-1-ol, bután-1-ol, bután-2-ol, *cisz*-3-hexenol, etanol, heptán-2-ol, hexán-1-ol, metanol, nonan-2-ol, oktán-1-ol, oktán-2-ol, pentán-1-ol, pentán-2-ol, fenil-metanol, propan-1-ol, propan-2-ol, *transz*-3-hexenol), 6 észtert (etil-butanoát, etil-dekanoát, etil-etanoát, etil-hexanoát, etil-pentanoát, metil-etanoát), 3 ketont (heptán-2-on, pentán-2-on, propan-2-on), 2 savat (ecetsav, hexánsav) és 1 terpénvegyületet, a limonént (Butorová et al., 2016).

2.3.2.3. Goji

A **goji** (*Lycium barbarum* L.) fontos gazdasági növény, amelyet Kína északnyugati régióiban széles körben termesztnek. A *Lycium barbarum* (16. ábra) egy évelő lombhullató cserje ellipszis alakú, narancsvörös bogyókkal és édes-cseresznyés ízzel (Vidovi et al., 2022). A goji bogyókat funkcionális élelmiszerként fogyasztják többféle egészségügyi tulajdonságuk miatt. A kutatások szerint képesek csökkenteni a látás-, máj-, vese- és immunrendszeri problémák előfordulását, mivel nagy mennyiségben tartalmaznak funkcionális összetevőket, például poliszacharidokat, flavonoidokat és karotinoidokat. A

friss goji bogyók a tárolás során könnyen megromlanak, ezért a friss goji bogyók többségét (kb. 90%-át) általában szárított terméké dolgozzák fel (Niu et al., 2017).

16. ábra: A goji termése (Forrás: <http4>)



Lu és társai (2017) tanulmányukban a goji bogyók illóanyagait gázkromatográfia-tömegspektrometriával (GC-MS) jellemezték, és az aroma-aktív illatkomponenseket aromahígításos elemzéssel (AEDA) és gázkromatográfia-oflaktometriával (GC-O) azonosították. Vizsgálatuk során a gyümölcsök fejlődési változásait is nyomon követték. Összesen 56 illékony vegyületet azonosítottak a goji bogyókban, melyek közül a hexanol és az (E)-2-hexenal dominált, amelyek az összes illékony anyag 70-94%-át tették ki. Az eredmények azt mutatták, hogy a hexanal, az (E)-2-hexenal, a nonanal, az izoamilol, az 1-hexanol, az 1-oktén-3-ol, a hexil-acetát, a metil-szalicilát, az etil-oktanoát, az o-cimol, a d-limonén, a linalol, a β -ciklocitrál, a β -elemén és a 2-pentilfurán voltak a bogyók jellemző illékony anyagai. A gyümölcs fejlődése során a hexil-acetát, a linalol és a 2-pentilfurán tartalma jelentősen megnőtt. Ezzel szemben a β -ciklocitrál és a β -elemén mennyisége az érés korai szakaszában növekedett, de a későbbi időszakban a többi jellegzetes vegyülettel együtt csökkent (Lu et al., 2017).

2.3.2.4. Homoktövis

Az Ázsiában, Európában és Észak-Amerikában általánosan elterjedt **homoktövis** (*Hippophae rhamnoides*) alkalmazkodott a hideghez, a szárazsághoz, a talaj nagyfokú sótartalmához és a savanyú talajokhoz is. A savas és romlandó, bár zamatos bogyókat (17. ábra) általában lévő dolgozzák fel, hogy megőrizzék tápanyagaikat és elkerüljék a korai romlást, míg a homoktövis pép a lénél jobban megtartja az eredeti gyümölcs ízét és tápértékét. Bogyói vitaminokban, esszenciális zsírsavakban, szerves savakban és zsírban oldódó bioaktív vegyületekben, például tokoferolokban, tokotrienolokban, karotinoidokban és növényi szterinekben gazdagok, amelyek élettani hatások széles spektrumával

rendelkezik, beleértve az erős antioxidáns hatást, és a szív- és érrendszeri betegségek, valamint a 2-es típusú cukorbetegség elleni megelőző hatást (Ao et al., 2022).

17. ábra: A homoktövis termése (Forrás: <http5>)



Liu és munkatársai (2021) erjesztett és natúr homoktövislé HS-SPME-GC-MS elemzésekor összesen 43 illékony vegyületet azonosítottak, köztük 29 észtert, 5 aldehidet, 3 alkoholt, 2 savat, 2 ketont és 1 fenolvegyületet. A vizsgálat során a nagyobb illataktívitású észterek közé tartozott az etil-izovalerát, az etil-hexanoát, az izoamil-izovalerát, az etil-oktanoát, az etil-(Z)-okt-4-enoát, az etil-dekanoát, az etil-benzoát, az etil-laurát és az etil-2-metil-butirát. Összesen 5 aldehidet mutattak ki a fermentált homoktövis lében: benzaldehidet, 3-metilbutanalt, glutaraldehidet, szafranalt és hexadekanalt. Alkoholoikat is azonosítottak, például a benzil-alkoholt és az 1-hexanolt, amely friss, zöld illatjelleggel rendelkezik (Liu et al., 2022). Egy másik tanulmányban Ao és munkatársai (2022) homoktövislé és pép vizsgálata során megállapították, hogy a benne lévő illó vegyületek többségét az észterek alkotják. A homoktövis pépben összesen 80 illékony anyagot azonosítottak, köztük 30 észtert, 19 alkoholt, 8 savat, 6 aldehidet, 5 ketont, 4 furánt, 4 alként, 2 terpént, 2 szulfidot és 1 egyéb vegyületet. A legnagyobb mennyiségben jelen lévő vegyületek az etil-hexanoát, etil-oktanoát, etil-2-metil-butanoát és etil-3-metil-butanoát voltak, amelyek gyümölcsös aromajellelleggel rendelkeznek.

2.3.2.5. Csipkebogyó

A **csipkebogyó** (*Rosa canina*) (18. ábra) a rózsafélék családjába tartozó, Törökországból származó gyümölcs, amely fenolos vegyületekben gazdag és értékes C-vitamin-forrásként ismert. A magas fenolos vegyület-tartalmának köszönhetően a csipkebogyó természetes antioxidánsként viselkedhet. Sokféle célra használják, például az egészség védelmére és az influenza, fertőzések, gyulladásos betegségek és krónikus fájdalmak kezelésére. A csipkebogyót ételekben és italokban is felhasználják, például teában, lekvárokból, zselékben és dzsemekben, azonban újabban probiotikus italok,

joghurtok és levesek összetevőjeként, egészségmegőrző kiegészítőként is alkalmazzák (Demir et al., 2014).

18. ábra: A csipkebogyó termése (Forrás: <http6>)



Demir és munkatársai (2014) különböző csipkebogyó fajok GC-MS elemzése során kimutatták, hogy a bogyók illékony frakcióját több, mint 50 vegyület keveréke alkotja, beleértve az alkoholokat, aldehideket, ketonokat, terpenoidokat és észtereket. Tíz alkoholt határoztak meg a csipkebogyófajokban. A legnagyobb mennyiségben a 2-hexen-1-ol és az 1-hexanol volt megtalálható. A benzil-alkohol, illetve egyéb alkoholok az 1-pentanol, a 3-hexen-1-ol vagy a 2-etil-1-hexanol mérsékelt mennyiségben fordultak elő. A csipkebogyóban továbbá 10 aldehidet azonosítottak, amelyek közül a 2-hexanal és a 2-heptanal dominált minden mintában. Megállapították, hogy az aldehidek járulnak hozzá leginkább a csipkebogyó aromaprofiljához, ugyanis magas koncentrációban voltak jelen a mintákban. Minden csipkebogyó fajnál kétféle ketont azonosítottak: a 4-oktén-3-on-t és a gyümölcsök virágos illatjellegét biztosító 6-metil-5-heptén-2-on-t. Monoterpéneket is azonosítottak, közülük a limonén volt a domináns komponens, amely gyümölcsös és citrusos aromajellelleggel rendelkezik (Demir et al., 2014).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

3.1. A kísérletek helye

A Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetének Táplálkozástudományi Tanszékén végeztem kísérleteimet.

3.2. A vizsgált minták

Dolgozatomban öt különböző gyümölcspor (19. ábra), illetve azok felhasználásával készült keksz és fehér csokoládé illékony vegyületeit vizsgáltam. A vizsgálat előkészületei során a kekszből és fehér csokoládéból készültek kontrol minták is, amelyek nem tartalmaztak gyümölcsport. A mintáimhoz használt gyümölcsporok kereskedelmi forgalomból (webáruházakból) származtak. A kísérlethez használt gyümölcsök:

- Goji bogyó (*Lycii fructus*)
- Fekete berkenye (*Aronia melanocarpa*)
- Csipkebogyó (*Rosa canina*)
- Acerola cseresznye (*Malpighia emarginata*)
- Homoktövis (*Hippophae rhamnoides*)

19. ábra: A vizsgált gyümölcspor minták

Balról jobbra haladva: goji bogyó – fekete berkenye – csipkebogyó – acerola – homoktövis (Forrás: Saját fotó)



A vizsgálathoz szükséges gyümölcsporokkal dúsított kekszek az Amerikai Gabonakémikusok Szövetsége által kidolgozott receptúra (AACC,1980) alapján készültek, a liszt 10% gyümölcsporral való helyettesítésével (1. táblázat).

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

Nyersanyag	Kontroll	Dúsított minták
búzaliszt	100,00 g	90,00 g
gyümölcspor	0,00 g	10,00 g
porcukor	57,80 g	57,80 g
margarin	28,40 g	28,40 g
só	0,93 g	0,93 g
desztillált víz	7,11 g	7,11 g
glükóz szirup	14,60 g	14,60 g
szódabikarbóna	1,11 g	1,11 g

A kekszek elkészítéséhez először is a táramérlegen kimértem az összetevőket, majd ezeket homogenizáltam gyúrással. A tésztát ezután hűtöttem 4 °C-on 30 percig. A megfelelő vastagságúra (6 mm) nyújtott tésztát kiszaggatva 50 mm átmérőjű köröknek megfelelő kekszeket formáztam. Ezt követően a kekszeket 205 °C-on 10 percig sütöttem légkeverés mellett. Miután kisültek, hagytam őket szobahőmérsékleten hűlni. Végül pedig a kész kekszeket zárható műanyag tasakokban tároltam. A mintavétel előtt dörzsmozsárban porítottam a kekszeket és fiolákba öntöttem (20. ábra).

20. ábra: A vizsgált kekszminták

Balról jobbra haladva: kontrol – goji bogyós – fekete berkenyés – csipkebogyós – acerolás – homoktövises
(Forrás: Végh Rita, saját fotó)

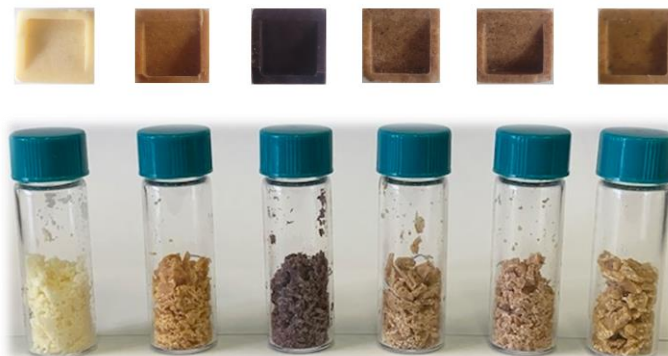


A dúsított csokoládék elkészítéséhez kereskedelmi forgalomban vásárolt, 29% kakaóvaj tartalmú fehér csokoládé pasztillát (cukor, kakaóvaj, teljes tejpor, tejsavópor, laktóz, emulgeálószer: szójalecitin, oliglicerin-poliricin-oleát, vanília kivonat) használtam. A pasztillákból kimértem 90 g-ot és 45±2 °C-on felolvasztottam, majd egyenletes keverés mellett hozzáadtam a 10 g gyümölcsport, és homogén masszát hoztam létre. A kapott masszát téglatest alakú csokoládéformákba töltöttem, majd hűtőszekrényben (4±0,5°C)

hagytam megszilárdulni. A mintavétel előtt késsel apró darabokra vágtam a csokoládét, majd a fiolákba töltöttem (21. ábra).

21. ábra: A vizsgált csokoládé minták

Balról jobbra haladva: kontrol – goji bogyós – fekete berkenyész – csipkebogyós – acerolász – homoktövises
(Forrás: Végh Rita, saját fotó)



3.3. Felhasznált anyagok és eszközök

Kísérleti munkám során az alábbi eszközöket és anyagokat használtam:

- desztillált víz
- NaCl
- digitális analitikai mérleg (JA 5000C, Kína)
- 4 ml-es fiolák
- vízfürdő (Faithful SHHW21.600 AII, Kína)
- 50/30 μm DVB/CAR/PDMS (divinilbenzol/Carboxen/polidimetilsziloxán) Stableflex 2 cm-es SPME szál (Supelco, Bellefonte, USA)
- Mininert® mintavevő szelep
- elektromos fűtőblokk (Block-Therm, Magyarország)
- Shimadzu GCMS-QP2010 SE (Shimadzu, Japan) + PHASER Pro Olfactory GC Port (GL Sciences, Japan)

3.4. Mintavétel

A keksz és fehér csokoládé minták esetében a mintákat porítással, illetve aprítással készítettem elő. Ezután a mintákból szükséges mennyiséget digitális analitikai mérlegen kimértem, majd 4 ml-es fiolákba öntöttem. Ezt követően elektromos termosztátban 40 °C-on 20 percig kondicionáltam a mintákat. A kondicionálás paramétereinek szigorú ellenőrzése létfontosságú, mivel túl magas hőmérsékletű vagy hosszú ideig tartó hőkezelés nem kívánt aromaanyagok kialakulásához vezethet. Azonban a megfelelő melegítés

jelentősen hozzájárul az illóanyagok felszabadulásához. A kondicionálás után az extrakció következett, melyet szintén 20 percig végeztem. A gyümölcsporok és azokból készült kekszek és csokoládék illékony komponenseinek mintavétele a gőztérből szilárd fázisú mikroextrakcióval (SPME) történt. Az SPME szálak különböző polaritású fázisokkal vannak bevonva, így számos lehetőség áll rendelkezésre. A vizsgálatok előtt kiválasztottam a mintákhoz legmegfelelőbbben alkalmazható szálát.

3.5. Műszeres mérés

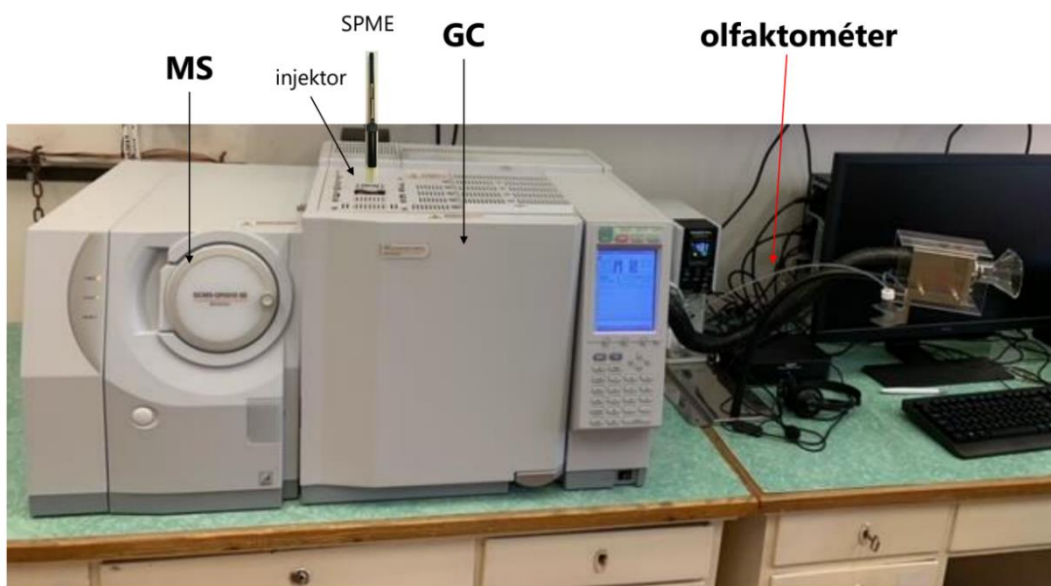
A minták illatösszetételének vizsgálatát gázkromatográffal kapcsolt tömegspektrométerrel és olfaktométerrel (GC-MS-O) végeztük. A műszer mérési paraméterei:

Műszeregyüttes:	Shimadzu GCMS-QP2010 SE + PHASER Pro Olfactory GC Port
Oszlopok:	MEGA-WAX MS 60 m × 0,25 mm × 0,25 µm 4,8 m × 0,25 mm inert oszlop 3 m × 0,15 mm inert oszlop
Megosztási arány:	0,24 : 0,76 (MS/olfaktométer)
Hőmérséklet program:	60 °C → 250 °C, 5 °C/min (38 min)
Injektor hőmérséklet:	250 °C
MS hőmérséklet:	250 °C
Vivógáz:	He (6.0), v=30,0 cm/sec, p _{be} =160 kPa
Segédgáz:	Levegő (5.0), 5 ml/min
Injektor üzemmód:	splitless, 1 min
Lefúvási arány:	1:6
Tömegtartomány:	m/z=35-500 Da
Pásztázási sebesség:	1666 Da/sec

3.5.1. A műszeregyüttes felépítése és működése

A műszeregyüttes (22. ábra) központi eleme a gázkromatográf (GC), mely egy hosszú, 60 méteres oszlopot tartalmaz az aromaalkotók elválasztására. A mintavevő szálát a GC injektorához csatlakoztatjuk a mintavétel után. Az injektor segítségével a minta magas hőmérsékleten elpárolog, majd a folyamatosan áramló vivőgáz továbbítja azt az analitikai oszlop felé. A termosztát gondoskodik az egyenletes hőmérséklet fenntartásáról és a meghatározott fűtési program végrehajtásáról.

22. ábra: A GC-MS-O műszeregyüttes felépítése (Forrás: Saját fotó)



Az oszlopról a minták aromaösszetevői egymást követően eluálódnak és haladnak tovább a műszeregyüttes más részei felé, beleértve a tömegspektrométert és az olfaktométert. A tömegspektrométer (MS) tartalmaz egy ionforrást, ahol a molekulák nagy energiájú elektronokkal való ütközése során fragmentumokra bomlanak. Az így létrejövő ionok intenzitásának alapján kialakul a tömegspektrum, amely segítségével kromatogram áll össze. Ennek vízszintes tengelyén a retenciós idő, míg függőleges tengelyén az intenzitás látható. Az eredmények értékelésekor a kromatogramokat elemzés alá vesszük és azonosítjuk az összetevőket.

Az oszlopról távozó gázáram egy része az olfaktométerbe kerül a tömegspektrométer mellett, ahol az emberi orr funkcionál detektorként. Ennek eredményeképpen az érzékszervi minősítést összekapcsolhatjuk a minőségi azonosítással. Ez rendkívül előnyös lehet, amikor egy anyag olyan kis koncentrációban fordul elő, hogy nem észlelhető tömegspektrométerrel, viszont az emberi orr képes érzékelni azt.

3.6. Az eredmények kiértékelése

Mindegyik gyümölcspor, gyümölcsporral dúsított keksz és fehér csokoládé minta esetében három párhuzamos mérést végeztem. Az aromakomponensek minőségi azonosítása a LabSolutions és az Ofactory Voicegram szoftverek használatával történt. Az értékelés táblázatait pedig Microsoft Excel segítségével állítottam össze.

Az adatfeldolgozás során a mérési eredményekből két fontos paramétert vettem figyelembe: a retenciós idő értékeit és a csúcsterületeket. A retenciós idők helyett a táblázatokban **retenciós indexeket** (RI) tüntettem fel, melyeket normál alkán keverék (C10-C40) futtatásával határoztam meg. A standard keveréket a mintakéval azonos mérési körülmények között injektáltam a berendezésbe. Állandó fűtési sebességű futtatás esetén az n-alkánok retenciós ideje egy egyenes mentén helyezkednek el, szénatomszámuk 100-szorosának függvényében. Ezt az összefüggést használtam fel a retenciós indexek kiszámításához. A csúcsterület értékeiből kiszámoltam a **terület százalékokat**, vagyis az aromakomponensek csúcsterületeinek arányát. A terület% megmutatja az egyes aromakomponensek részesedését a 100%-nak tekintett össz-aromából (összes csúcsterület). Tehát minél magasabb egy összetevő terület%-os aránya, annál kiemelkedőbb csúcs jelenik meg a kromatogramon.

A párhuzamos mérések során kapott eredményekből átlagot és szórást számoltam, a táblázatokban az átlagértékeket tüntettem fel. Ez az adatfeldolgozási módszer lehetővé tette számomra a megbízható és átfogó elemzést, valamint segített a pontosabb következtetések levonásában. Az eredmények kiértékelésekor csak azokat a komponenseket tartottam meg, amelyek legalább két párhuzamos mérésben szerepeltek, így elkerülve a téves csúcsok figyelembevételét. Az azonosított illatkomponenseket vegyületcsoportok szerint rendeztem, és azon belül retenciós indexük alapján növekvő sorrendbe tettem. A táblázatokban feltüntettem a vegyületek terület%-os értékeit is.

Az aromaaktív vegyületek hatása az illat kialakításban nemcsak a csúcsintenzitástól, hanem az illatküszöbükhöz viszonyított mennyiségüktől is függ. Az olfaktométer információt nyújt a vegyületek illatjellegéről és illaterősségéről is. A különféle minták illatkomponenseit tartalmazó táblázatokban feltüntettem, melyik illatkomponensek esetében, milyen illatot érzékelttem, illetve ezek illaterősségét is.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A következő fejezetekben a különböző típusú gyümölcsporok szerint csoportosítva mutatom be a mintáim illatvizsgálatainak eredményeit. A mintákban azonosított aroma vegyületek listáját tartalmazó táblázatokat a Mellékletben közlöm.

4.1. Az értékelés módja

Az eredményeim értékelése során először vegyületcsoportokba soroltam a mintákban azonosított aromakomponenseket, majd a gyümölcsporok és a belőlük készült termékek illatkomponenseit közös táblázatban tüntettem fel, hogy könnyebben áttekinthető legyen az eredmény. A táblázatokban dőlt betűvel jelöltem azokat a vegyületeket, melyeket a kontrol, vagyis hozzáadott gyümölcsport nem tartalmazó mintákban (keksz és fehér csokoládé) is azonosítottam. Ezeknek az aromaösszetevőknek a jelenléte tehát valószínűleg nem a gyümölcspor adagolásnak köszönhető: vagy a nyersanyagok illataktói, vagy pedig a termék készítése során keletkeztek. Piros színnel jelöltem azokat a vegyületeket, melyek mindhárom termékben (gyümölcspor, gyümölcsporos keksz és fehér csokoládé) megtalálhatóak, kék színnel pedig azokat, amelyek a gyümölcsporban és az egyik belőle készült termékben is azonosíthatóak voltak. Feltételezésem szerint ezek a vegyületek származhatnak a gyümölcsből, és jelenlétük utalhat a gyümölcs felhasználására a kekszekben és csokoládékban. Külön táblázatokban tüntettem fel az olfaktometriás vizsgálatok eredményét, vagyis az illataktív aromakomponensek megjelenését (név, illatjelleg és illaterősség) a mintákban. Az aromakomponenseket tartalmazó táblázatokat a goji gyümölcs esetén a következő fejezetben mutatom be, a további minták esetén pedig a Mellékletekben.

4.2. A kontrol minták aromakomponensei

A gyümölcsporral kiegészített termékek vizsgálata előtt a kontrol (gyümölcsport nem tartalmazó) keksz és fehér csokoládé illatkomponenseit is áttekintettem. Ezekben a mintákban viszonylag kevés aromavegyületet azonosítottam. A keksz 15, a csokoládé pedig 24 aromakomponenst tartalmazott (1. és 2. Mellékletek). A sütés során keletkező illékony vegyületek keletkezését kekszekben több tényező is befolyásolhatja: a nyersanyagban jelen levő cukrok és aminosavak típusa, a sütés hőmérséklete és ideje, a nedvességtartalom, a pH, a vízáktivitás és az alkalmazott enzimek is (Díaz-Morales et al., 2022). A kekszen legnagyobb csúcsterülettel a hexán (65,05%), az acetol (10,58%) és az etil-alkohol (8,41%)

jelent meg. Ezek közül az etil-alkohol volt illataktív, gyenge édes illat volt érzékelhető az olfaktométeres mérés során. A kekszben furfurolt és hidroximetil-furfurolt (HMF) nem azonosítottam, hasonlóan Diaz-Morales és kollégái (2022) kísérleteihez. Ezek a vegyületek cukrok hőbomlási termékei lehetnek, és egyes források negatív egészségügyi hatásokat tulajdonítanak nekik (Diaz-Morales et al., 2022). A hexanal fontos jelzője lehet az élelmiszer minőségnek, főleg hosszú tárolás esetén, mivel lipid (linolsav) oxidációs termék és nagy mennyiségben kellemetlen aromát adhat a terméknek (Acquaticci et al., 2024; Cognat et al., 2014). Nagyobb mennyisége kekszekben összefüggésbe hozható a tojás, olaj és méz felhasználásával (Acquaticci et al., 2024). Hexanalt én is azonosítottam a kontrol keksz mintában, de az illata nem volt érzékelhető.

A kontrol fehér csokoládé kromatogramján több illatvegyület jelent meg, melyek közül 4 komponens illata volt érzékelhető. Egy aromaalkotó illatát nem tudtam azonosítani, bár gyenge intenzitással észlelhető volt valamilyen aroma jelenléte. Az aromaaktív vegyületek közül a közepes intenzitással megjelenő, édes, tejszínes jellegű butánsav aromája emlékeztetett leginkább a fehér csokoládé illatára. A kontrol csokoládében az alkoholok csúcsterülete volt a legnagyobb (40,84%), ezen belül pedig az etanolé volt a legnagyobb csúcs a kromatogramon (29,65%). Az alkoholok és a metil-keetonok, mint például a 2-heptanon (1,75%) lipid-eredetű illó komponensek (Stewart et al., 2018), valószínűleg a kakaóvaj és a tej zsírsavainak hőbomlása során keletkeztek. A kontrol termékekben azonosított aromakomponensek listáját összehasonlítottam minden esetben a gyümölcsporral kiegészített termékek illataalkotóival. Azokat a vegyületeket, amelyek a kontrol mintákban is azonosíthatók voltak, nem tekintettem gyümölcs-jellegesnek.

4.3. A goji por és termékeinek aroma-összetétele

A gyümölcsport is tartalmazó minták eredményeinek közlését a goji por és annak felhasználásával készült keksz és fehér csokoládé illat-összetételének bemutatásával kezdem. A **gyümölcspor** mintában 51 aromakomponenst azonosítottam, ezeknek a vegyületeknek a listája a 2. táblázatban található.

2. táblázat: A goji por és termékeinek aromakomponensei

RI	Név	Terület%		
		por	keksz	csoki
	Terpének	0,78	2,52	
1162	<i>limonén</i>	0,66	2,52	
1780	α -kurkumén	0,12		
	Kénvegyületek			1,22
1936	<i>dimetil-szulfon</i>			1,22
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek	2,97		0,96
1477	<i>tetrametil-pirazin</i>			0,34
1992	<i>2-acetilpirrol</i>	2,97		0,62
	Oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek	5,58	0,68	1,38
1187	<i>2-pentil-furán</i>	0,60		
1229	<i>dihidro-2-metil-3(2H)-furanon</i>	1,37	0,27	
1457	<i>furfurol</i>	0,26		
1485	<i>2-acetil-5-metilfurán</i>	0,13		
1505	<i>acetilfurán</i>	0,16		
1661	<i>2-furánmetanol</i>		0,41	0,52
1706	<i>5-metil-2(5H)-furanon</i>	0,16		
1881	<i>2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H)-furanon</i>	0,34		
2268	<i>3,5-dihidroxi-6-metil-2,3-dihidro-4H-piran-4-on</i>	2,56		0,86
	Benzolgyűrűs vegyületek	0,81	0,77	
1048	<i>toluol</i>	0,53	0,77	
1764	<i>2,5-dimetil-benzaldehid</i>	0,28		
	Alkoholok	14,93	15,98	29,60
994	<i>etil-alkohol</i>	7,17	11,80	11,54
1001	<i>izopropil-alkohol</i>			8,43
1107	<i>1-butanol</i>	0,21	0,49	0,31
1161	<i>2-metil-1-butanol (aktív amil alkohol)</i>	0,54		
1202	<i>1-pentanol</i>	0,35		1,21
1310	<i>1-hexanol</i>	0,73		
1518	<i>1-(2-metoxipropoxi)-2-propanol</i>		2,72	
1526	<i>2,3-butándiol</i>	2,00	0,45	3,80
1543	<i>nonanol</i>			0,28
1565	<i>2,3-butándiol</i>	2,58	0,52	3,71
1610	<i>2,6-dimetil-ciklohexanol</i>	1,08		0,32
1693	<i>2-metil-2-buten-1-ol</i>	0,27		
	Aldehidek	6,89	0,60	9,01
945	<i>3-metil-butanal (izovaleraldeid)</i>	3,61		
952	<i>acetaldehid</i>	0,42		
1025	<i>pentanal</i>			0,71
1073	<i>hexanal</i>	2,53	0,60	7,00
1169	<i>heptanal</i>			0,42
1369	<i>nonanal</i>	0,33		0,88

	Ketonok	7,32	17,00	3,24
1019	2-pentanon		1,35	
1119	5-metil-5-heptén-3-on	1,12		
1151	2-heptanon	0,30		0,99
1256	3-hidroxi-2-butanon (acetoin)	2,02	1,82	2,25
1276	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	0,24	13,83	
1293	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	0,09		
1303	6-metil-5-heptén-2-on	1,19		
1389	transz-3-oktén-2-on	0,31		
1465	2-ciklohexén-1-on	1,01		
1515	(E,E)-3,5-oktadién-2-on	0,39		
1606	6-metil-3,5-heptadién-2-on	0,56		
1713	2,6,6-trimetil-2-ciklohexén-1,4-dion (4-oxoizoforon)	0,09		
	Észterek	2,07	3,97	2,09
969	izopropenil-acetát	1,29	2,52	1,37
982	etil-acetát	0,38		0,47
1096	izoamil-acetát	0,24		
1323	etil-triklóracetát		1,45	
1334	izobutil-2-hidroxipropanoát	0,16		
1682	trietyl foszfát			0,25
	Éterek		2,90	0,38
1112	propilén-glikol-monometil-éter			0,38
1473	dipropilén-glikol-monometil-éter		2,90	
	Savak	37,71	0,71	49,85
1409	ecetsav	35,07	0,71	38,20
1518	propánsav	0,26		0,67
1549	2-metil-propánsav	0,43		0,42
1618	butánsav	0,19		7,36
1662	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	0,60		0,69
1736	pentánsav	0,06		0,57
1847	hexánsav	1,10		1,94
	Szénhidrogének	16,87	54,87	1,72
953	hexán		54,87	0,98
1010	2,2,4,6,6-pentametil-heptán	15,05		0,74
1034	2,2,4,4,6,8,8-heptametil-nonán	1,55		
1043	2,2,5-trimetil-dekán	0,27		
	Ismeretlen vegyületek	4,07		0,55

a kontrol kekszben/csokiban is megtalálhatók

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (mindhárom termékben azonosítható vegyületek)

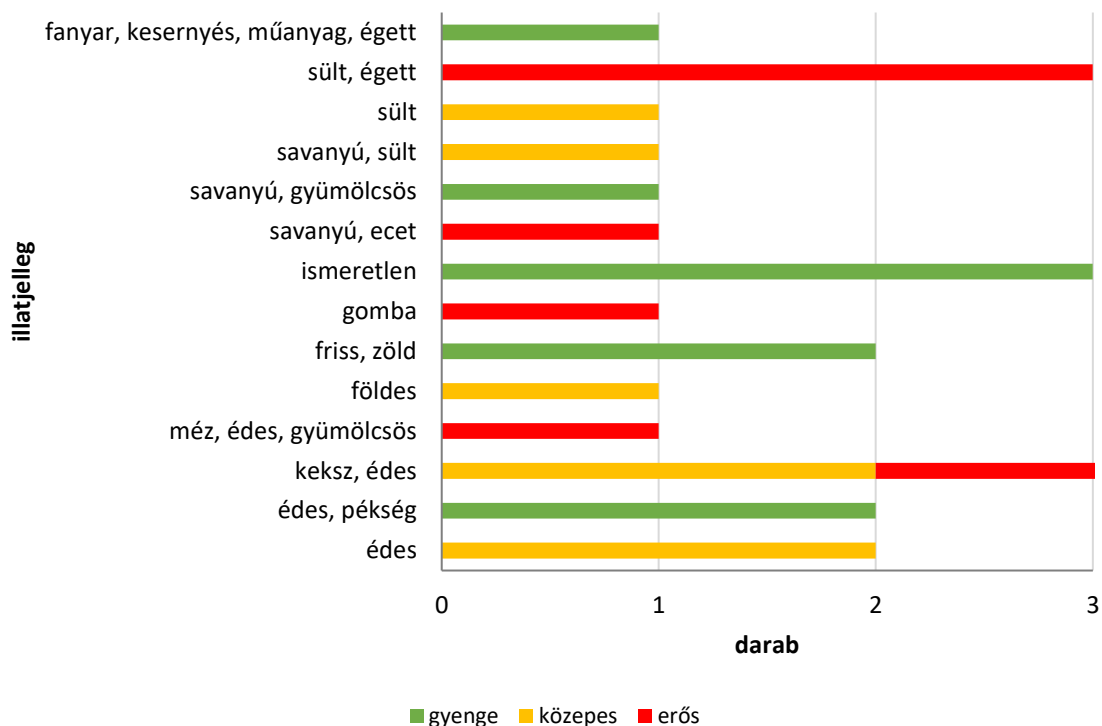
gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (a porban és az egyik termékben megtalálhatók)

A goji por aromakomponensei közül a savak jelentek meg a legnagyobb csúcsokkal (37,71%). Bár az ecetsav a gyümölcsporban és a gojis csokoládéban is a legnagyobb csúccsal rendelkező vegyület volt (35,07% és 38,20%), és a gojis kekszben is azonosítható volt,

mégsem tekinthető gyümölcsjelleges vegyületnek, mivel a kontrol mintákban is megtaláltam ezt a komponenst. Az ecetsav irodalmi adatok (Markl et al., 1987, García-González et al., 2010) szerint almaecet-szerű, savanyú, ecetes illatot kölcsönöz az élelmiszereknek, mely illat erősen érezhető volt az olfaktometriás mérés során a goji porban, és gyengén a gojis csokoládében (3. Melléklet). Az általában illatosnak tekintett, és sok esetben a növényi eredetet jelző terpénvegyületek csak kis számban jelentek meg a mintákban: csak egy olyan terpént (α -kurkumén) azonosítottam a gyümölcsporban, ami a kontrol mintákban nem jelent meg, de ez sajnos nem volt jelen a kekszben és a csokoládében. Elképzelhető, hogy a termékek elkészítése során alkalmazott magasabb hőmérséklet hatására elpárolgott ezekből az élelmiszerekből.

A legnagyobb számú aromakomponens (12) az alkoholok és a ketonok közé tartozott, de csúcsterületeik nem voltak túl jelentősek. Lu és munkatársai (2017) kutatómunkájuk során szárított és porított goji bogyókat vizsgáltak különböző érettségi állapotban. Az érett mintákban körülbelül olyan számú aromakomponenst azonosítottak (56), mint amennyit a saját mintámban is találtam. 15 vegyületet találtak kifejezetten gyümölcsjellegesnek. Ezek közül a limonént, a hexanolt, a nonanalt én is azonosítottam a legtöbb gojit tartalmazó mintámban, de a kontrol kekszben és csokoládében is, így nem állítható róluk, hogy egyértelműen goji eredetűek lennének (bár egy részük származhat a gyümölcsporból is). A limonént, mint jellegzetes goji aromakomponenst más szerzők munkája is említi (Meng et al., 2019). A kutatók által gyümölcsjellegűnek tartott 1-hexanol azonosítható volt a gyümölcsporban, de a többi termékben nem volt jelen. A termékekben azonosított aromakomponensek közül egy másik alkoholt, az 1-butanolt találtam meg valamennyi mintában, azaz a gyümölcseredet jelzője lehet a termékekben. Ezen kívül 6 másik vegyületet tudtam kimutatni a porban és legalább az egyik gyümölcstermékben. Ezek a dihidro-2-metil-3(2H) -furanon, a 2,6-dimetil-ciklohexanol, az etil-acetát, a 2-metil-propánsav, a 3-metil-butánsav és a 2,2,4,6,6-pentametil-heptán voltak. A goji porban azonosított, aromaaktív vegyületek illatjellegeit és számát a 23. ábrán közlöm.

23.ábra: A goji por aromaaktív vegyületeinek illatjellegei (Forrás: Saját szerkesztés)



A goji porból készült **keksz** esetében a gyümölcspornál sokkal kevesebb, 18 illatkomponenst azonosítottam. Ennél a mintánál a legnagyobb csúccsal rendelkező komponens a hexán volt, mely az össz-terület 54,84%-át tette ki. Az illata irodalmi adatok szerint (Pino, 2010) zöld, savanyú és gyógynövényes, viszont az olfaktometriás mérések során ezt nem tudtam azonosítani. A kekszben azonosított vegyületek közül 7 komponens esetében érzékeltem illatokat. Közülük a 2-pentanon és az etil-triklór-acetát esetében ezek erős intenzitással voltak érezhetőek: a 2-pentanon sajt, az etil-triklór-acetát pedig sült/égett illatjellegét mutatott. A goji bogyóra jellemző illékony anyagok közül ebben a mintában 2 aromakomponenst, a dihidro-2-metil-3(2H) -furanont és az 1-butanolt azonosítottam, ezek illatjellegét nem tudtam azonosítani. A többi vegyület valószínűleg elpárolgott a keksz készítés magas hőmérséklete (205 °C) során.

A goji porral dúsított **fehér csokoládéban** 32 illatkomponenst azonosítottam. A mintában legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoport a goji porhoz hasonlóan a savak voltak, melyek az össz-terület majdnem felét (49,85%-át) teszik ki. A legnagyobb csúccsal rendelkező vegyület az ecetsav volt, melynek megjelenésekor gyengén savanyú illatot éreztem az olfaktometriás mérésakor, hasonlóan a goji gyümölcsporos minta esetéhez. A csokoládé minta aromakomponensei közül még nagy terület százalékos értékkel (29,60%) rendelkeztek az alkoholok. Ennek a vegyület csoportnak a nagy részét az etil-

alkohol tette ki (11,54%), mely esetében gyengén „zöldes”, nyers illatot érzékelt az olfaktometriás mérés közben. A gojis fehér csokoládéban 6 olyan vegyületet találtam, melyek a gyümölcsporban is benne vannak, ezek jelezhetik a goji felhasználását a termékben. Ezek a vegyületek az 1-butanol, a 2,6-dimetil-ciklohexanol, az etil-acetát, a 2-metil-propánsav, a 3-metil-butánsav és a 2,2,4,6,6-pentametil-heptán voltak. A goji porral közös vegyületek száma a csokoládé esetén nagyobb volt, mint a keksz mintánál, valószínűleg azért, mert a csokoládé készítéséhez alacsonyabb hőmérsékletet (45 °C) alkalmaztam.

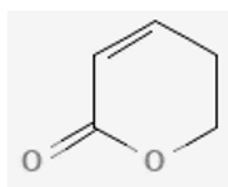
Összesítve a gojis eredményeimet, egy olyan aromakomponenst azonosítottam (1-hexanol), mely az irodalmi adatokhoz hasonlóan a gyümölcs eredetet jelezheti a gojis termékekben. Ez csak a gyümölcsporban volt jelen, a kekszben és a csokoládéban nem. Egy másik alkohol, az 1 – butanol viszont jelezheti a gyümölcs felhasználását, ez mindhárom mintában azonosítható volt. Hét olyan aromakomponens volt, amely a gyümölcsporban és legalább az egyik termékben megjelent, ezek is alkalmasak lehetnek a gyümölcs alapanyag felhasználásának jelzésére.

4.4. A fekete berkenye por és a felhasználásával készült termékek illékony vegyületei

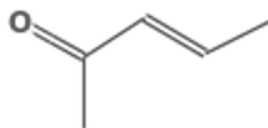
A gyümölcsport is tartalmazó minták eredményeinek közlését a fekete berkenye por és annak felhasználásával készült termékek illat-összetételének bemutatásával folytatom. Az aromakomponenseket tartalmazó táblázat a 4. Mellékletben látható. A **gyümölcsor** mintában összesen 36 aromakomponenst azonosítottam. A berkenye por aromakomponensei közül a ketonok (27,96%) és a savak (26,65%) jelentek meg a legnagyobb csúcsokkal. Az ecetsav mindhárom termékben azonosítható volt, ráadásul a berkenye porban és a berkenyés csokoládéban is a legnagyobb csúccsal rendelkező vegyület volt (24,59% és 25,21%), mégsem tekinthető kifejezetten gyümölcs-eredetű vegyületnek, mert bár természetesen a gyümölcs is tartalmazhatja, de a kontrol mintákban is megtalálható volt. Az olfaktometriás mérés során azonban csak a berkenye por esetében volt érezhető gyenge savanykás illata, ahogyan az az 5. Melléklet táblázatában is látható. A növényi eredetet jelző, általában illatosnak tekintett terpénvegyületek kis számban jelentek meg a mintákban, de ez a szám kicsivel több (5 db), mint a goji termékekben (1 db). Egyetlen terpént (α -pinén) azonosítottam, amely a kontrol mintákban nem jelent meg, viszont a gyümölcsporban és a berkenyés fehér csokoládé mintákban kis terület aránnyal ugyan (0,71% és 0,32%), de fellelhető volt. Az α -pinén irodalmi adatok (Adamski et al., 2021; Burdock, 2010;

Vespermann et al., 2017) szerint fűszeres, citrusos, fenyőre emlékeztető illatot kölcsönöz élelmiszereknek, azonban az olfaktometriás mérés során csak a berkenye por esetében érzékelttem a jelenlétét: savanykás illatúnak éreztem közepes illaterősséggel. A legnagyobb számú aromakomponens (13) az alkoholok közé tartozott, de többségük csak kis csúccsal jelent meg a kromatogramon. Butorová és munkatársai (2016) kutatómunkájuk során különböző fajtájú berkenye bogyókat vizsgáltak három idényen keresztül. Mintáikban körülbelül olyan számú komponenst azonosítottak (39), mint amennyit a saját mintámban is találtam. Az összes azonosított illóanyag közül 14 vegyületet ismertek fel, melyek a vizsgált bogyó jellegzetes aromájáért felelősek, ezeket gyümölcsös, édes, füves, virágos illatjegyekkel jellemezték. Ezek közül az etil-alkoholt, a hexanolt, a heptanalt, a nonanalt és az ecetsavat én is azonosítottam a berkenyét tartalmazó mintákban, de a kontrol kekszben és csokoládében is, így nem állítható egyértelműen, hogy berkenye eredetűek lennének. Az alkoholok, főleg az etanol nagyobb mennyisége a gyümölcsökben végbemenő korai fázisú fermentációs folyamat eredménye lehet (Butorová et al., 2016). Több tanulmányban (Butorová et al., 2016; Kraujalytė et al., 2013) is a benzaldehidet a berkenyében egyik legnagyobb mennyiségben jelen lévő, édes, gyümölcsös illatú aromakomponensként jellemzik. Az én mintáim esetében a berkenye porban és kekszben volt azonosítható a benzaldehid, de nem túl jelentős csúcsterületekkel (0,58% és 1,16%). Az olfaktometriás mérés során pedig csak a gyümölcspor esetében éreztem gyengén kenyér-szerű illatot. A kutatók által gyümölcsjellegűnek tartott 3-metil-1-butanol azonosítható volt a gyümölcsporban, de a többi termékben nem volt jelen. A mindhárom mintatípusban azonosított 9 aromakomponens közül két ketont ((E)-3-penten-2-on, 4-hidroxi-2-pentanon) és egy oxigén tartalmú heterociklusos vegyületet (5,6-dihidro-2H-piran-2-on) találtam meg valamennyi mintában, tehát ezek a gyümölcseredet jelzői lehetnek a termékekben (24. ábra).

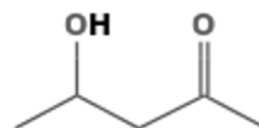
24. ábra: A minden fekete berkenye termékben azonosított, közös aromaalkotók
(Forrás: Saját készítésű)



5,6-dihidro-2H-piran-2-on



3-penten-2-on



4-hidroxi-2-pentanon

Ezekon kívül összesen 6 másik vegyületet tudtam kimutatni a gyümölcsporban és legalább az egyik berkenyész termékben. Ezek az α -pinén, a dihidro-2(3H)-furanon, a benzaldehid, a benzil-alkohol, az 1-hexanol és a 2-metil-propánsav voltak. Az általam is alkalmazott SPME mintavételt alkalmazva friss fekete berkenyészben Kraujalyt és kutatótársai (2013) nagy számú, 74 aromakomponenst detektáltak, és az olfaktométerrel érzékelt illatvegyületek száma is magas (22) volt. Hozzá hasonlóan ők is érzékelték „zöld” jellegű vegyületeket, és néhány gyümölcsös illatot, melyet a saját berkenyész poromban nem észleltem. Ez valószínűleg a minták különbségéből (friss gyümölcs vs. gyümölcspor) adódott. A berkenyész porban összesen 14 illataktív vegyületet érzékelttem az olfaktometriás vizsgálat során, melyek közül egy gyengén uborka jellegűt nem tudtam minőségileg azonosítani. Az azonosított aromavegyületek között nagyon változatos illatúak fordultak elő: voltak savanykás, édes, zöld/friss jellegű, és kekszre, gombára, kenyérre emlékeztető illatú összetevők is (5. Melléklet). Saját eredményeimhez hasonlóan, Romani és munkatársai (2016) vizsgálatában is nagy csúcsokkal jelentek meg a kromatogramokon a ketonok, és a legintenzívebb vegyület mindhárom termékben megjelent, vagyis gyümölcsjellegűnek tartott 3-penten-2-on volt.

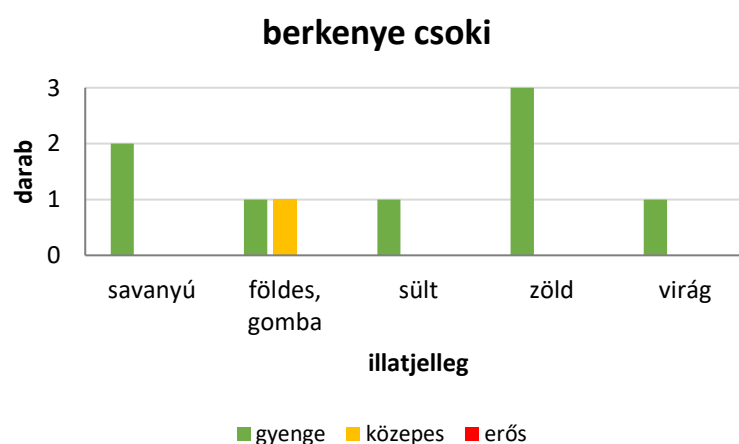
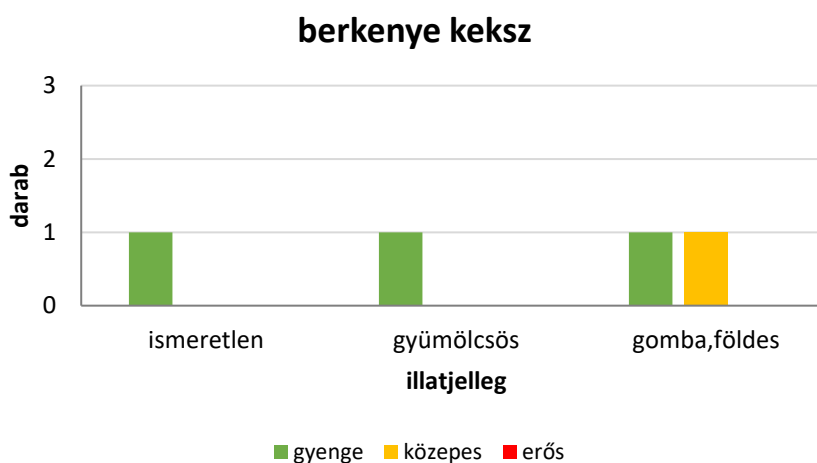
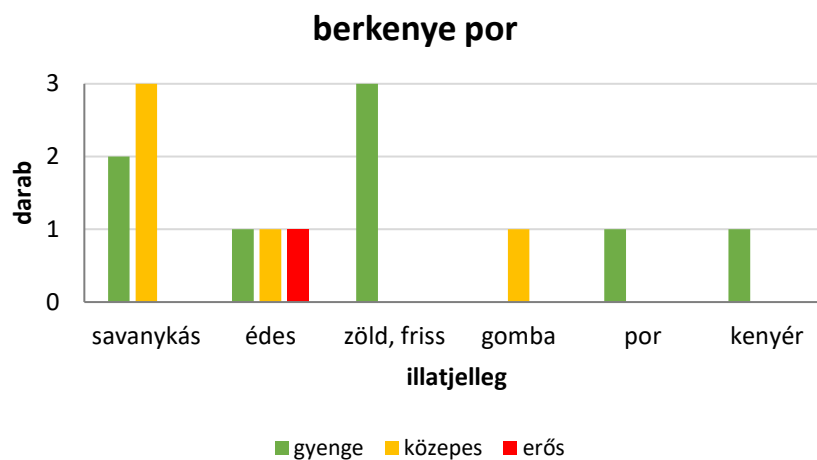
A berkenyész porból készült **keksz** esetében 21 illatkomponenst azonosítottam. Ennél a mintánál a legnagyobb csúccsal rendelkező komponens a hexán volt, mely az össz-terület több mint felét (60%) tette ki. A gojihoz hasonlóan ennél a mintánál sem tudtam azonosítani az irodalmi adatok szerinti (Pino, 2010) zöld, savanyú és gyógynövényes illatát. A kekszben azonosított vegyületek közül 4 komponens esetében érzékelttem illatokat. Közülük az etil-triklóracetát földes illata közepes intenzitással volt érzékelhető. A 2,3-butándion, az etil-alkohol és a 4-hidroxi-2-pentanon esetében pedig gyenge intenzitással voltak érezhetőek aromák: a 2,3-butándion gyümölcsös, a 4-hidroxi-2-pentanon pedig gomba illatjellegét mutatott. Az etil-alkohol esetében nem tudtam meghatározni az illatjellegét. A berkenyész bogyóra jellemző illékony anyagok közül ebben a mintában 4 aromakomponenst, az α -pinént, az 5,6-dihidro-2H-piran-2-ont, a benzaldehidet, az (E)-3-pentén-2-ont és a 4-hidroxi-2-pentanont azonosítottam, melyek közül csak a 4-hidroxi-2-pentanon gyenge erősségű gombás jellegét érzékelttem. A berkenyész por és keksz mintákban azonosított vegyületek száma közötti különbség (36 vs. 21) oka valószínűleg a keksz készítés magas hőmérséklete (205 °C) volt, melynek során valószínűleg több vegyület is elpárolgott.

A berkenyész porral dúsított **fehér csokoládéban** összesen 35 illatkomponenst azonosítottam. A mintában a legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoportok az alkoholok (35,65%) és a savak (35,25%) voltak. A legnagyobb csúccsal megjelenő

vegyület az ecetsav volt (25,21%), melynek illatjellege az olfaktometriás mérések során nem volt érzékelhető. A berkenyés fehér csokoládéban 8 olyan vegyületet találtam, melyek a gyümölcsporban is benne vannak, ezek jelezhetik a berkenye felhasználását a termékben. Ezek a vegyületek az α -pinén, a dihidro-2(3H)-furanon, az 5,6-dihidro-2H-piran-2-on, a benzil-alkohol, az 1-hexanol, az (E)-3-penten-2-on, a 4-hidroxi-2-pentanon és a 2-metil-propánsav voltak. Ezek közül az 1-hexanol és a 4-hidroxi-2-pentanon esetében azonosítottam illatokat az olfaktometriás mérések során: az 1-hexanol sült jellegű volt, a 4-hidroxi-2-pentanon pedig savanyú illatjellegét mutatott. A berkenye porral közös vegyületek száma a csokoládé esetén nagyobb volt, mint a keksz mintánál, valószínűleg azért, mert a csokoládé készítéséhez alacsonyabb hőmérsékletet (45 °C) alkalmaztam.

Összesítve a berkenyés termékekben mért eredményeimet, azonosítottam egy olyan aromakomponenst (benzaldehyd), amely az irodalmi adatok alapján (Butorová et al., 2016; Kraujalytė et al., 2013) a gyümölcsös eredetet jelezheti ezekben a termékekben. Ez a vegyület a gyümölcsporban és a kekszben volt jelen, a csokoládéban nem. Összesen hat olyan aromakomponens volt, amely a gyümölcsporban és legalább az egyik termékben megjelent, ezek lehetnek alkalmasak a gyümölcs alapanyag felhasználásának jelzésére. A berkenyés termékekben jellegzetes aromaalkotó lehet még a más szerzők (Romani et al., 2016) által is nagy intenzitással kimutatott 3-penten-2-on, mely a gyümölcsporban, a kekszben és a csokoládéban is azonosítható volt. Az illataktív vegyületeket tekintve a berkenye porban éreztem a legtöbb azonosítható illatot (14), ezt követte a készítéshez alkalmazott hőmérsékletekkel összefüggésben a berkenyés fehér csokoládé (9 vegyület), majd a berkenyés keksz (4 komponens). Az érzékelt illatok között változatos illatjellegek és többnyire gyenge-közepes illaterősségek voltak (25. ábra).

25. ábra: A berkenye termékekben azonosított aromaaktív vegyületek jellege és száma
(Forrás: Saját készítésű)



4.5. A csipkebogyó termékek illatkomponensei

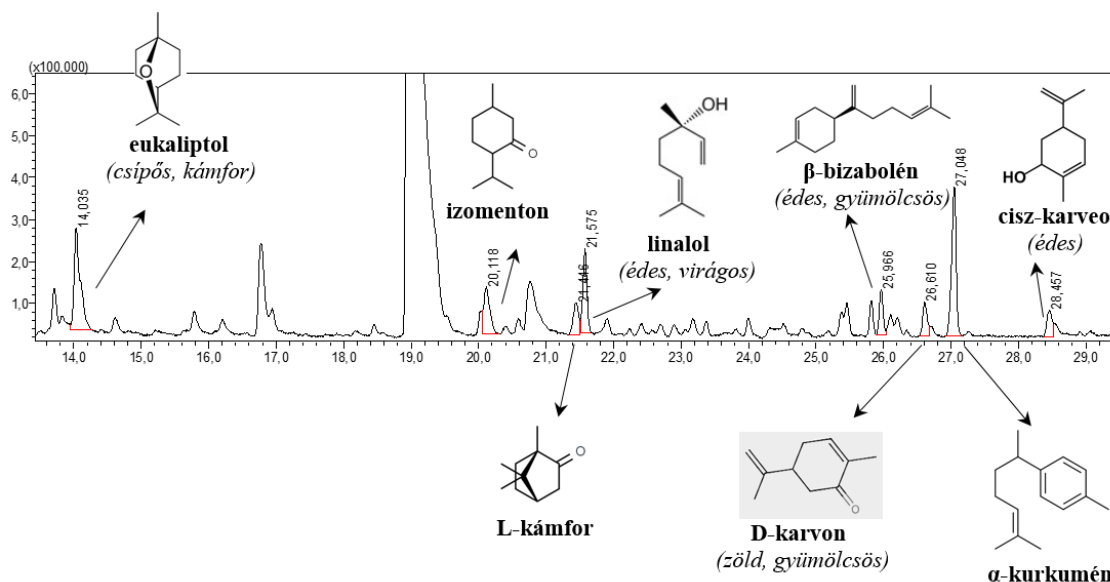
A következő fejezetben a csipkebogyó por és annak felhasználásával készült termékek illatkomponenseit szeretném bemutatni. A termékekben azonosított vegyületek

listáját a 6. Mellékletben közlöm. A **gyümölcs**por mintában 66 aromakomponenst azonosítottam, ez a minta volt a leggazdagabb illó vegyületekben a vizsgált porok közül. A csipkebogyó por aromakomponensei közül a savak jelentek meg a legnagyobb csúcsokkal (41,51%), közülük az ecetsav rendelkezett a legnagyobb intenzitással (41,19%). Ezen kívül csak két másik savat, a 3-metilbutánsavat és a nonánsavat azonosítottam a mintában, mindkettőt nagyon kis arányban. Az ecetsav a gyümölcsporban és a csokoládében is a legnagyobb csúcs volt (41,19% és 40,45%), mégsem tekinthető gyümölcsjelleges vegyületnek, mivel a kontrol mintákban is megtaláltam ezt a komponenst. Az ecetsav jellegzetes savanyú, ecetes illata a gyümölcspor és a csokoládé olfaktometriás mérése során is érzékelhető volt, erős, illetve közepes illaterősséggel (7. Melléklet). A csipkebogyó porban különösen sok (39) terpénvegyületet azonosítottam.

A terpének a legtöbb élelmiszerben a növényi eredet jelzői, a növényi anyagcsere során keletkező vegyületek (Schwab et al., 2008). Ezek közül az egyetlen olyan komponens, amely a gyümölcsporon kívül másik termékben is megtalálható volt (D-limonén), sajnos nem tekinthető egyértelműen a gyümölcsjelleg meghatározó vegyületnek, ugyanis a kontrol keksz mintában is jelen volt. Murathan és munkatársai (2016) kutatómunkájuk során többféle csipkebogyó illatkomponenseit vizsgálták. A mintákban körülbelül olyan számú aromakomponenst azonosítottak (62), mint amennyit a saját mintámban is találtam. Az ő mintájukban viszont sokkal kevesebb (2) terpén vegyület volt megtalálható, mint amennyit én azonosítottam. Demir és munkatársai (2013) kutatásuk során szintén több fajta csipkebogyót vizsgáltak, melynek során 52 aromakomponenst azonosítottak, ezek közül 24 terpén vegyületet. A terpén vegyületek közül az α -pinént, a kamfént, a D-limonént, a β -ocimént, az α -kopaént, a β -elemént, a β -kariofillént, a β -szelinént és az α -farnezent én is azonosítottam a gyümölcspor mintámban, viszont a többi termékben nem. Demir és munkatársai (2014) cikkükben szintén nagy számú mono- és szeszkviterpén vegyületről tesznek említést csipkebogyó mintákban. A kutatók által azonosított terpének közül a limonén, az α -pinén, a kámfor, a kamfén, a β -szelinén és a β -elemén az én csipkebogyó por mintámban is jelen voltak. A szakirodalom számos terpénvegyületnek biológiai hatásokat is tulajdonít. Ezen adatok alapján meglepőnek tűnhet a terpének szinte teljes hiánya a csipkebogyó port tartalmazó kekszben és fehér csokoládében, de ezek a hőérzékeny illatkomponensek valószínűleg a termékek készítése során alkalmazott magas hőmérséklet hatására párologtak el. A terpének nagy illataktivitását jelzi az az eredmény is, hogy a csipkebogyó porban olfaktometriás vizsgálattal érzékelt 29 vegyület közül 15 terpén volt.

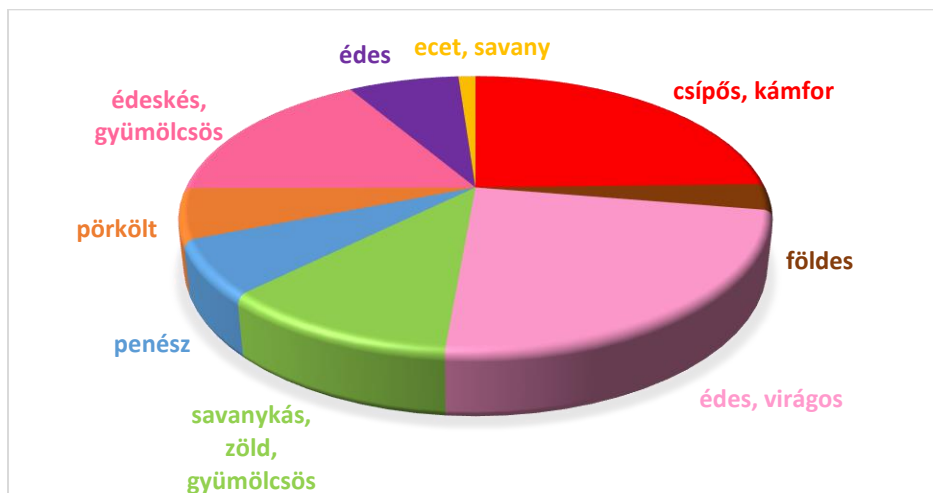
Néhány, nagyobb terület részesedésű aromakomponens megjelenését a csipkebogyó por kromatogramján a 26. ábrán mutatom be.

26. ábra: Néhány nagyobb intenzitású terpénvegyület megjelenése a csipkebogyó por kromatogramján (Forrás: Saját készítésű)



A csipkebogyó termékekben 10 olyan aromaalkotót találtam, amelyek a gyümölcs-eredet jelzői lehetnének, de ezek mindegyike megtalálható a kontrol kekszen és/vagy fehér csokoládében is. Egy részük származhat ugyan közvetlenül a gyümölcsporból is, de jelenlétük nem kifejezetten a csipkebogyó-eredetre utal. A csipkebogyó porban azonosított nagy számú terpénvegyület több, mint felének (52,59%) aromajellegét nem tudtam megállapítani az olfaktometriás vizsgálattal. Az azonosított illatú terpénvegyületek jellegének megoszlását a 27. ábra szemlélteti.

27.ábra: A csipkebogyó porban azonosított terpénvegyületek illatjellegei (Forrás: Saját készítésű)



A csipkebogyó porból készült **keksz** estén a gyümölcspornál sokkal kevesebb, 19 illatkomponenst azonosítottam. Ennél a mintánál a legnagyobb csúccsal rendelkező komponens a hexán volt, mely az össz-csúcsterület több mint felét, 54,32%-át tette ki. Az irodalmi adatok (Pino, 2010) alapján meghatározott zöld, savanyú, gyógynövényes illatát az olfaktometriás mérések során nem tudtam azonosítani. Az illataktív vegyületek száma a kekszben jóval alacsonyabb volt, mint a gyümölcsporban: csupán 7 komponens esetében érzékelttem valamilyen illatot. Ebben a mintában a terpének közül egyedül a D-limonén volt azonosítható, a többi illékony vegyület valószínűleg a keksz sütése (205 °C) során elpárolgott.

A csipkebogyóval dúsított **fehér csokoládéban** 23 illatkomponenst azonosítottam. A mintában legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoport a savak voltak (48,9%). Érdekes módon terpén komponenseket egyáltalán nem azonosítottam a csokoládé mintában, bár a termék készítéséhez alkalmazott hőmérséklet jóval alacsonyabb (45 °C) volt, mint a keksz sütésének magas hőfoka. Ebben a mintában 16 olyan komponenst detektáltam, melyek a kontrol csokoládé mintában is megtalálhatóak voltak. A legnagyobb csúccsal rendelkező komponens az ecetsav volt, melynek megjelenésekor közepes illaterősséggel savanyú, ecetes illatot éreztem az olfaktometriás méréskor. Ennek a mintának az olfaktometriás mérése során még 5 komponens megjelenésekor éreztem gyenge illat erősséggel illatokat. A 3-metil-butanal esetében vajjas, a hexanal estében zöld, alma illatot, a trietil-foszfátnál húsleves, a butánsav megjelenésekor édes, tejszínes, a 3-metil-butánsav esetében pedig nyers, zöld illatokat éreztem.

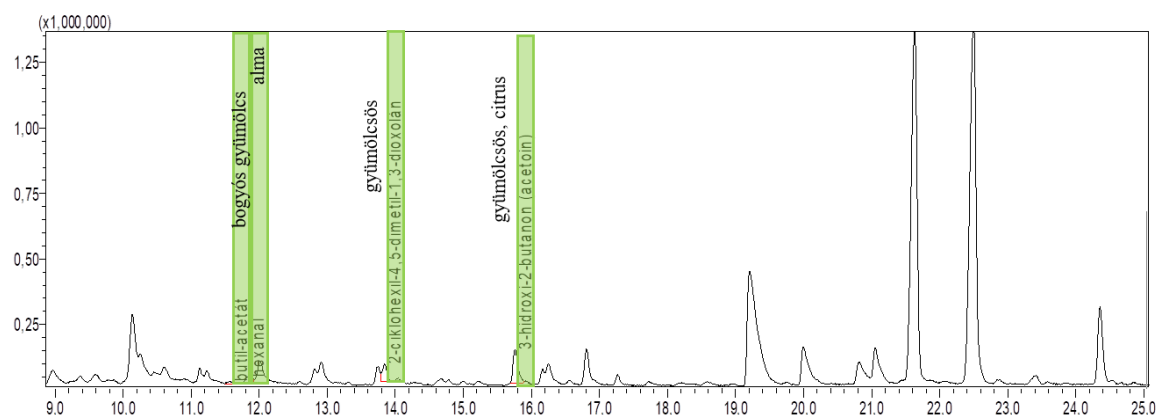
Összesítve a csipkebogyós eredményeimet elmondható, hogy a gyümölcspor volt aromakomponensekben a leggazdagabb (66 vegyület), a keksz és a csokoládé jóval kevesebb (19 és 23) illó vegyülettel rendelkezett. A gyümölcsporban 39 terpén vegyületet azonosítottam, melyek a gyümölcs eredetét jelezhetik a csipkebogyós termékekben. Sajnos megjelenésük a kekszben és a csokoládéban nem volt igazolható. A gyümölcsjelleg bizonyítására alkalmas vegyületeket sem tudtam megnevezni, mivel a termékek közös aromavegyületei kivétel nélkül jelen voltak egyik vagy mindkét kontrol mintában is. Az olfaktometriás vizsgálat is hasonló eredményt hozott: a csipkebogyó por 66 azonosított vegyületéből 29 volt aromaaktív, ebből 15 terpén. Az illatjellegek nagyon változatosak voltak: felismerhető volt köztük édes, zöld, gyümölcsös jelleg is, de savanykás, csípős, gomba, virágos és „sült/pékség” aroma is, többségük gyenge vagy erős intenzitással jelent meg (7. Melléklet). A csipkebogyós kekszben már csupán 7 komponens rendelkezett valamilyen aromával, közülük kettőt nem sikerült minőségileg egyértelműen azonosítanom. A csokoládéban 6 illataktív vegyület volt jelen, többnyire gyenge intenzitással. Egyedül az ecetsav savanyú, ecetes jellege volt határozottabban, közepes erősséggel felismerhető.

4.6. Az acerola termékek aromavegyületei

A minták aromavizsgálati eredményeinek közlését az acerola por és annak felhasználásával készült keksz és fehércsokoládé illat-összetételének bemutatásával folytatom. A mintákban azonosított aromakomponensek listáját a 8. Mellékletben közlöm. A **gyümölcspor** mintában 45 aromakomponenst azonosítottam. Az acerola por aromakomponensei közül az alkoholok voltak a legnagyobb terület részesedéssel (53,88%) rendelkező vegyület csoport. Ennek nagy részét a 2,3-butándiol tette ki (40,61%), melynek olfaktometriás mérése során észleltem gyenge intenzitással valamilyen illatot, de a jellegét nem tudtam felismerni. Az etanol zöld, növényi jellegű aromáját közepes intenzitással lehetett érzékelni (9. Melléklet). A legnagyobb számú (17 vegyület) aromakomponens csoport az oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek voltak, viszont csúcsterületeik nem voltak túl jelentősek. Olfaktometriás méréskor két aromakomponens, a 2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán esetében éreztem gyenge földes, gombás, illetve a furfural esetében nyers, zöld, erjedt illatokat. Acerola gyümölcs oldószeres kivonatát vizsgálva Vendramini és munkatársai (2000) 31 aromakomponenst azonosítottak az érett gyümölcsben. Az érés hatását vizsgálva a gyümölcs aromára arra az eredményre jutottak, hogy az érés hatására nő az illó vegyületek száma. Az érett gyümölcsben nagy csúcsokkal jelentek meg egyes benzolgyűrűs vegyületek (eugenol, vanillin), melyek az érés során, a p-kumarinsav és a

ferulasav dekarboxilációjával keletkeznek. A benzolgyűrűs vegyületek közül egyedül a feniletíl-alkoholt detektáltam a gyümölcsporban, ami acerola-eredetű lehet, a toluolt az acerolás kekszen kívül a kontrol keksz illékony frakciója is tartalmazta. Brazil kutatók az acerola gyümölcsben a 3-metil-but-2-en-1-olt és észtereit nevezték meg a gyümölcs jellemző aromakomponenseiként, valamint további fontos illatanyagokként tartották a norizoprenoidokat, valamint a furfuralt, a hexadekánsavat, a 3-metil-3-buten-1-olt és a limonént (Bicas et al., 2011). Az említett aromavegyületek közül mintáimban a furfuralt és a limonént azonosítottam. Egy másik brazil kutatócsoport acerola pép aromaösszetételét vizsgálva 70 vegyületet azonosított SPME mintavétellel (Nogueira et al., 2018). Legjelentősebbek (kb. 88%) közülük az észterek voltak. Észtereket kis számban és csúcsterülettel (1,11-2,07%) a mintáimban is ki lehetett mutatni, bár egy részük a kontrol mintákban is benne volt. A gyümölcsön túl az acerolából készített termékek illó összetételét is vizsgálják a kutatók, például ecetet (Pino et al., 2019a) és bort (Pino et al., 2019b). Az ecetben a legjelentősebb illatkomponensek a termék jellegéből adódóan a savak voltak (főleg az ecetsav), míg a borban az észterek (Pino et al., 2019ab). Az acerola bor vizsgálata során 14 gyümölcs illatú aromakomponenst azonosítottak. A kutatók által gyümölcs jellegűnek tartott aromakomponensek közül a nonanal azonosítható volt a gyümölcsporban és a csokoládéban, viszont a kontrol csokoládé mintában is benne volt, így nem mondható egyértelműen, hogy a vegyület az acerola jelenlétére utal a termékekben. A furfurol volt az egyik komponens, melyet valamennyi mintában azonosítottam. Pino és Marbot (2001) acerola vizsgálata során a furfuralt fő alkotó elemként határozták meg. Az olfaktometriás vizsgálat során a gyümölcsporban 24 illataktív komponenst találtam, változatos illatjellegekkel. A vegyületek nagy része zöld, illetve gyümölcsös jellegű volt, a butil-acetát például kifejezetten bogyós gyümölcs illatot árasztott. A gyümölcsös jellegű vegyületeket az acerola por kromatogramján az 28. ábra mutatja be.

28. ábra: Gyümölcsjelleges vegyületek megjelenése az acerola por kromatogramján
(Forrás: Saját készítésű)

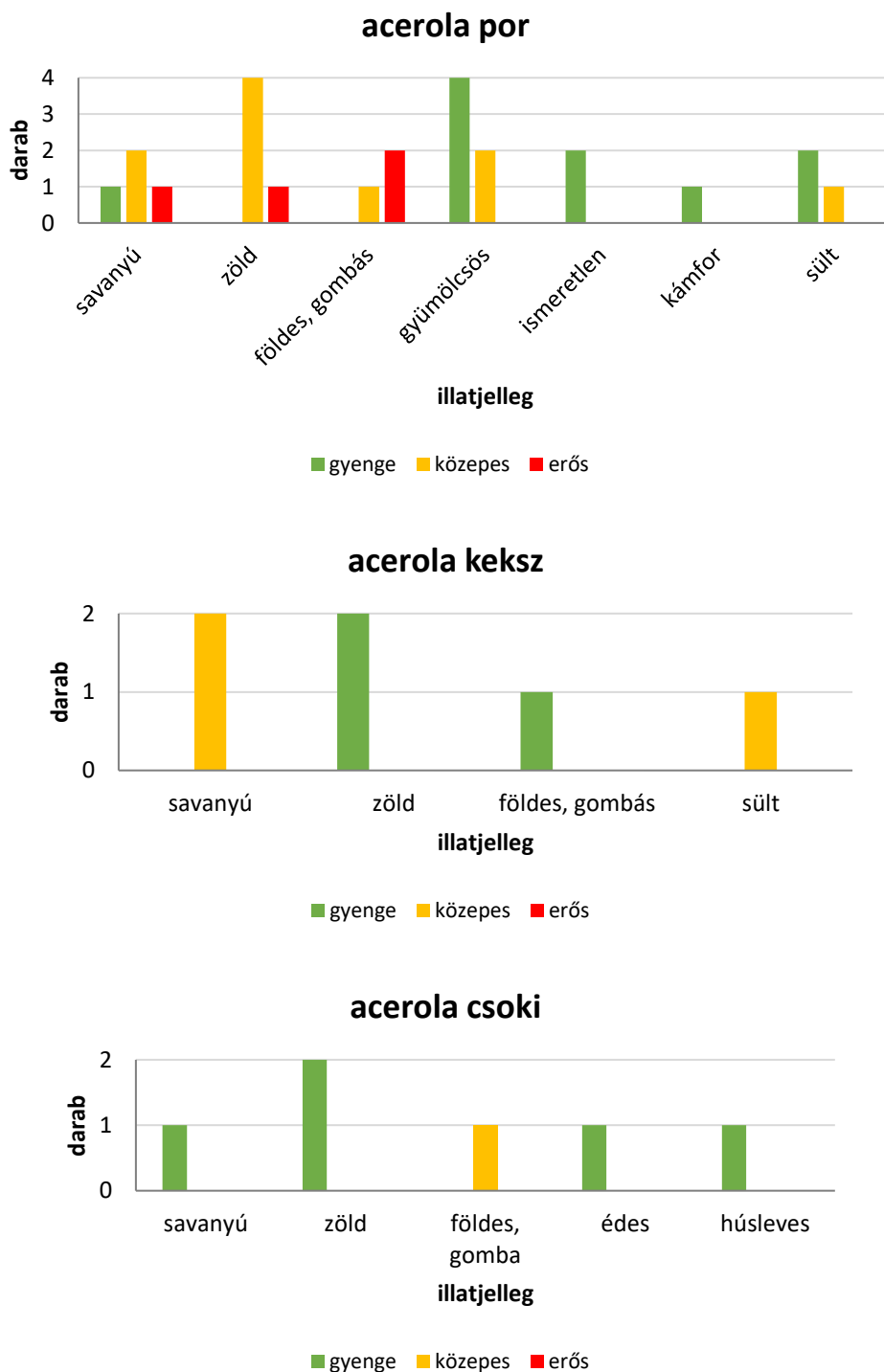


Az acerola porból készült **keksz** esetében a gyümölcspornál sokkal kevesebb, 18 illatkomponenst azonosítottam. Ennél a mintánál a legnagyobb csúccsal rendelkező komponens a hexán volt, mely az össz-terület 54,19%-át tette ki. Az irodalmi adatok alapján zöld, savanyú és gyógynövényes illatát az olfaktometriás mérések során nem tudtam azonosítani. A kekszben azonosított komponensek közül 6 vegyület esetében érzékelttem illatokat. Közülük a pentanal, az etil-triklóracetát, és a dipropilén-glikol-monometil-éter esetében ezek közepes intenzitással voltak érezhetőek: a pentanal savanykás, zöld, az etil-triklóracetát sült, a dipropilén-glikol-monometil-éter pedig sajt/savanykás illatjelleggel mutatott. Az acerolára jellemző illékony anyagok közül ebben a mintában három aromakomponenst, a furfuralt, az acetilfuránt, és a 2-furánmetanolt azonosítottam, viszont az illatukat nem éreztem az olfaktometriás mérés során. Ezek a vegyületek lehetnek alkalmasak a gyümölcs-eredet igazolására a kekszben.

Az acerola porral dúsított **fehér csokoládéban** 26 illatkomponenst azonosítottam. Ez a szám magasabb, mint a keksz aromavegyületeinek száma, valószínűleg az alkalmazott alacsonyabb hőmérséklet miatt. A mintában legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoport az alkoholok voltak, melyek az össz-terület több mint felét (61,49%-át) teszik ki. A legnagyobb csúccsal rendelkező vegyület a 2,3-butándiol volt, melynek megjelenésekor nem éreztem illatot. Az acerolás fehér csokoládéban 3 olyan vegyületet találtam, melyek a gyümölcspornban is benne vannak, ezek jelezhetik az acerola felhasználását a termékben. Ezek a vegyületek a kekszben is azonosított furfural és 2-furánmetanol, valamint az 1-butanol voltak. A csokoládéban azonosított vegyületek közül 6 komponens esetében éreztem illatokat. Közülük a 2-heptanon esetében közepes intenzitással földes, gomba illatjelleggel éreztem. A többi aroma (pl. zöld, édes, vaj, savanyú) csak

gyenge intenzitással volt érezhető. Az acerola termékekben érzékelt illataktív vegyületek számát, illatjellegét és illaterősségét egy összesített diagramon a 29. ábrán mutatom be.

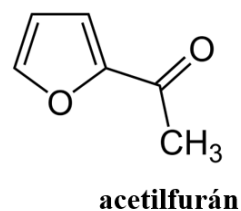
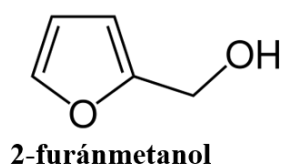
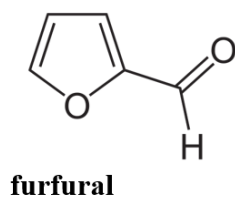
29. ábra: Az acerola termékekben azonosított aromaaktív vegyületek száma és jellege
(Forrás: Saját készítésű)



Összefoglalva az acerola poros eredményeimet, 2 olyan aromakomponenst azonosítottam (furfural, 2-furánmetanol), melyek mindhárom termékben egyaránt

megtalálhatóak. Ezek minden mintában jelentősebb intenzitással (0,89-4,81%) voltak jelen, ami a termékek gyümölcs-eredetét igazolhatja. Az acetilfurán a gyümölcsporban és a kekszben is azonosítható volt, így ez a vegyület is szóba jöhet, mint gyümölcsjelleges komponens (30. ábra).

30.ábra: Az acerola termékekben azonosított, gyümölcs-eredetre utaló aromavegyületek (Forrás: Saját készítésű)



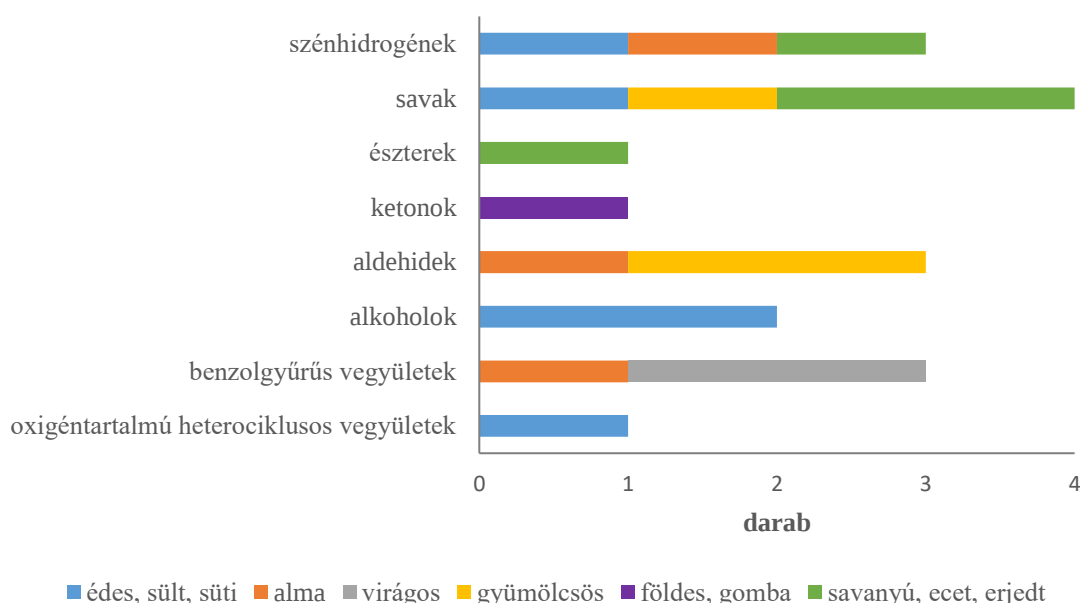
Terpének alacsony számban és csúcsokkal fordultak elő a mintákban, közülük a limonén a kontrol mintákban is jelen volt, a porban azonosított α -kurkumén pedig a többi termékben nem volt kimutatható.

4.7. A homoktövis termékek aromakomponensei

A gyümölcsport is tartalmazó minták eredményeinek közlését a homoktövis por és annak felhasználásával készült termékek illat-összetételének bemutatásával zárom le. A minták azonosított aromakomponensei a 10. Mellékletben láthatóak. A **gyümölcsor** mintában 38 aromakomponenst azonosítottam, a második legkevesebb vegyületet a fekete berkenye por után. A homoktövis porban legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoport az alkoholok voltak (31,10%). A csoporton belül a legnagyobb csúccsal megjelenő vegyület (az acerola porhoz hasonlóan) a 2,3-butándiol (22,53%) volt. A gyümölcsor minta aromakomponensei közül még nagy terület százalékos aránnyal (28,96%) rendelkeztek a savak. A szintén jelentősebb terület-aránnyal (19,22%) megjelenő aldehidek nagy része a kontrol termékekben is azonosítható volt, ezek általában gyenge/közepes intenzitású gyümölcs illatot mutatnak. Liu és munkatársai (2022) fermentált homoktövis levet vizsgáltak, mintájukban 43 aromakomponenst azonosítottak, melyek nagy része (29 komponens) az észterek csoportjába tartozik. Ezek közül a mintáimban egyiket semdetektáltam. Egy másik tanulmányban Ao és munkatársai (2022) ultramagas hőmérsékleten kezelt homoktövis pépet vizsgáltak, melynek során 80 aromakomponenst azonosítottak. Ebben a vizsgálatban is az észterek voltak a domináns vegyületek a mintában.

Négy összetevőt azonosítottak kifejezetten gyümölcsjellegűnek, ezek közül a saját mintámban egyet sem találtam. A terpének közül az acerola és goji porokhoz hasonlóan, a homoktövisben is azonosítottam α -kurkumént, bár az említett két gyümölcsporhoz hasonlóan a termékekben már nem tudtam kimutatni a jelenlétét, a hőterhelés hatására valószínűleg távozott a gyümölcsporból. A homoktövis por minta olfaktometriás mérése során összesen 20 aromakomponens megjelenésekor tudtam illatjellegét azonosítani (11. Melléklet). Ezek közül az ecetsav és a 3-metil-butánsav esetében erős intenzitással savanyú, ecetes és kellemetlen, erjedt illatokat azonosítottam. Az észlelt aromák között több gyümölcsös jellegű is volt, és bár nem zárható ki teljesen a gyümölcs-eredetük, egy részük a kontrol kekszben és/vagy csokoládében is azonosítható volt. A homoktövisben azonosított illataktív vegyületek számát és kémiai csoportjaikat a 31. ábrán mutatom be.

31. ábra: A homoktövis porban azonosított aromaaktív vegyületek



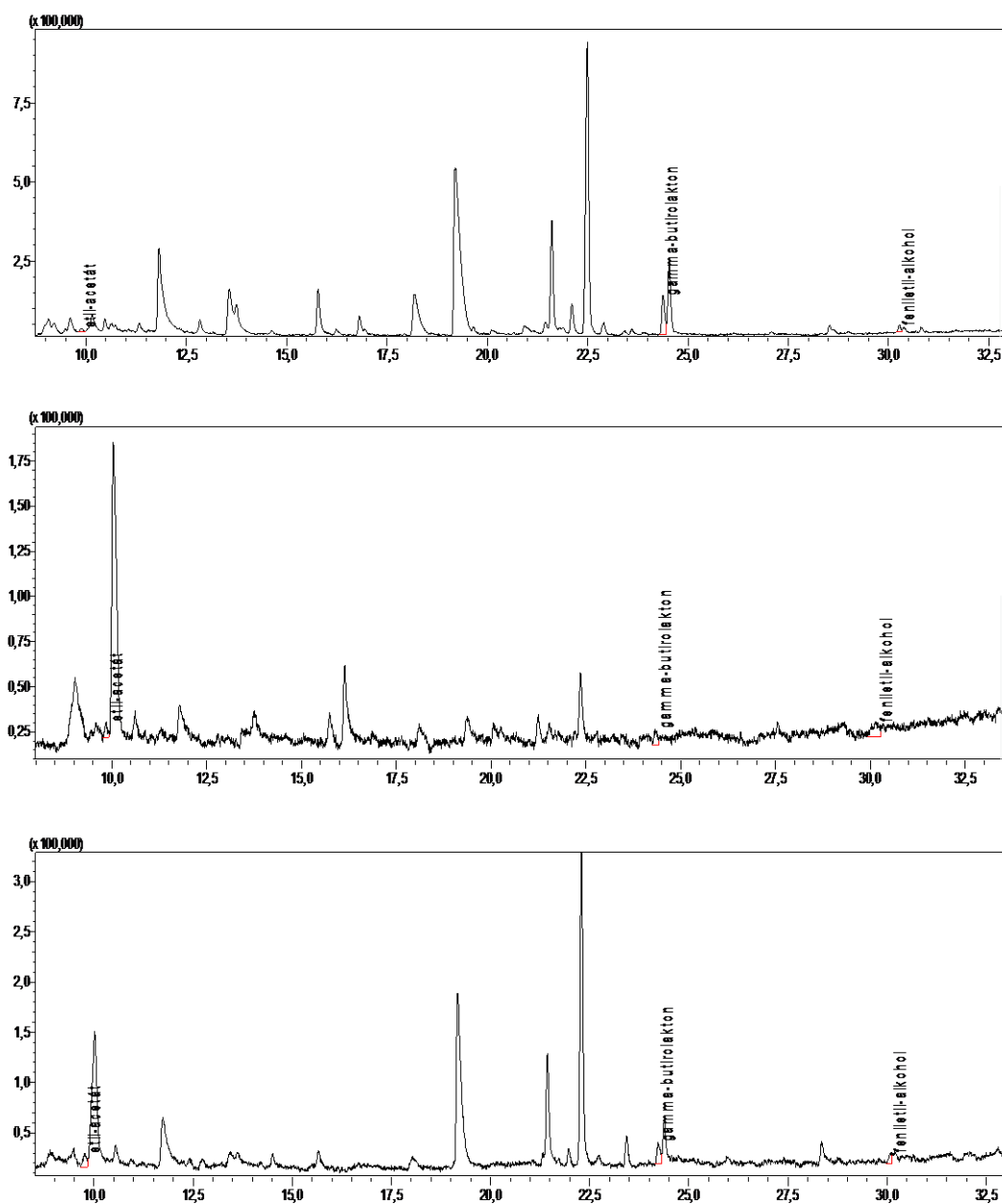
A homoktövis porból készült **keksz** esetében a gyümölcspornál sokkal kevesebb, 19 illatkomponenst azonosítottam. Ennél a mintánál a legnagyobb csúccsal rendelkező aromakomponens a hexán volt, mely az össz-terület 51,91%-át tette ki. Az irodalmi adatok szerint (Pino, 2010) meghatározott zöld, savanyú, gyógynövényes illattal ellentétben az olfaktometriás mérés során gyengén édes illatjelleggel azonosítottam. A kekszben azonosított vegyületek közül 5 komponens esetében éreztem illatokat. Közülük az etil-triklóracetát közepes intenzitással sült illatjelleggel mutatott. A homoktövises kekszben 3 olyan aromakomponenst azonosítottam, melyek a gyümölcs-eredet jelzői lehetnek, ezek a

vegyületek mindhárom termékben jelen voltak. Az említett illataalkotók a γ -butirolakton, a feniletil-alkohol és az etil-acetát voltak. Ezek közül a feniletil-alkohol jelenlétét a gyümölcspor mintában közepes intenzitású virágillat megjelenése jelezte, a csokoládé mintában pedig gyenge intenzitással érezhető volt, de az illatjelleg nem volt azonosítható.

A homoktövis porral dúsított **fehér csokoládéban** 30 illatkomponenst azonosítottam. A mintában legnagyobb terület százalékkal rendelkező vegyület csoport a homoktövis porhoz hasonlóan az alkoholok (43,54%) voltak. A minta aromakomponensei közül még nagy terület százalékos értékkel (32,02%) rendelkeztek a savak. A mintában legnagyobb csúccsal megjelenő aromakomponens az ecetsav (21,48%) volt, melynek illatát nem tudtam azonosítani az olfaktometriás mérések során. A homoktövises fehér csokoládéban volt egy olyan vegyület, melyet a gyümölcsporban is azonosítottam, ez a 2-metil-propánsav volt, mely a homoktövis felhasználását jelezheti a termékben, ennek illatát nem tudtam azonosítani. Viszonylag nagy területarányal azonosítottam a csokoládé mintában a 3-metilbutánsavat, mely a gyümölcsporban is jelentős csúcsként jelent meg. A homoktövis gyümölcs vizsgálata során Hirvi és munkatársai (1984) is nagy intenzitású vegyületként azonosították ezt a savat. Elképzelhető, hogy a komponens forrása a gyümölcs is lehet a homoktövises csokoládéban, de a kontrol csokoládéban is azonosítható volt, így ezt nem állíthatjuk biztosan. A kekszben is azonosított γ -butirolakton, feniletil-alkohol és etil-acetát a csokoládéban is jelen voltak, vagyis ezek az illataalkotók jelezhetik a gyümölcs felhasználását a termékben. Ezeknek a vegyületeknek az illatát sajnos nem tudtam azonosítani az olfaktometriás mérés során. Ez utóbbi analízissel 6 aromakomponens illatát éreztem, mindegyik gyenge intenzitással jelent meg a csokoládéban, és többnyire savanyú, gyümölcsös jellegűek voltak.

Összesítve a homoktövises eredményeimet, a mintákban három olyan közös aromakomponens volt, amely mindegyik termékben megjelent, ezek a γ -butirolakton, a feniletil-alkohol és az etil-acetát voltak (32. ábra), és még egy (2-metil-propánsav), amely a gyümölcsporban és a csokoládéban volt azonosítható. Ezek jelezhetik a gyümölcs felhasználását a termékekben.

32.ábra: A homoktövis termékekben azonosított gyümölcs-jelleges aromakomponensek
(Forrás: Saját készítésű)



5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Legfontosabb kutatási eredményeim a következő pontokban foglalhatók össze:

- A kontrol (gyümölcsport nem tartalmazó) keksz és fehér csokoládé mintákban viszonylag kevés aromavegyületet azonosítottam: a keksz 15, a csokoládé pedig 24 aromakomponenst tartalmazott. Irodalmi adatok (Diaz-Morales et al., 2022) alapján a kekszekben a sütés során keletkező illékony vegyületek keletkezését több tényező is befolyásolhatja, például a nyersanyagban jelen levő cukrok és aminosavak típusa, a sütés hőmérséklete és ideje, a nedvességtartalom, a pH, a vízaktivitás és az alkalmazott enzimek is. A keksz készítés során alkalmazott magas hőmérséklet (205 °C) hatására a nagy illékonyságú aromakomponensek valószínűleg eltávoztak, míg egyesek a hőhatásra keletkezhetnek. A kekszben legnagyobb csúcsterülettel a hexán (65,05%), az acetol (10,58%) és az etil-alkohol (8,41%) jelent meg. Ezek közül az etil-alkohol volt illataktív, gyenge édes illat volt érzékelhető az olfaktométeres mérés során. Jellegzetes illó vegyület lehet még a kekszben a hexanal, mely fontos jelzője lehet az élelmiszer minőségnek, főleg hosszú tárolás esetén, mivel lipid (linolsav) oxidációs termék és nagy mennyiségben kellemetlen aromát adhat a terméknek (Acquaticci et al., 2024; Cognat et al., 2014). Ez az aldehid a kontrol keksz mintában is jelen volt. A kontrol fehér csokoládé kromatogramján több illatvegyület jelent meg, melyek közül 4 vegyület illata volt érzékelhető. Az aromaaktív vegyületek közül a közepes intenzitással megjelenő, édes, tejszínes jellegű butánsav aromája emlékeztetett leginkább a fehér csokoládé illatára. A kontrol csokoládében az alkoholok csúcsterülete volt a legnagyobb (40,84%), ezen belül pedig az etanolé volt a legnagyobb csúcs a kromatogramon (29,65%).
- Mind az öt gyümölcs esetében a por mintákban sokkal több aromakomponenst tudtam azonosítani, mint a belőlük készült termékekben, melynek oka a keksz (205 °C) és a fehér csokoládé (45 °C) készítésénél használt hőkezelés.
- Az irodalmi adatok alapján növényi eredetet jelző, illatos terpének közül a legtöbb mintában csak 1-2 komponenst tudtam azonosítani. Egyedül a csipkebogyó por mintában találtam 39 terpén vegyületet, viszont ezek a keksz és fehér csokoládé mintákban nem jelentek meg.
- A goji porban egy olyan vegyületet, az 1-hexanolt azonosítottam, amely az irodalmi adatok alapján a gyümölcs eredetre utal, bár a többi termékben ez az alkohol nem volt jelen. Egy másik alkohol, az 1-butanol viszont jelezheti a gyümölcs felhasználását, ez mindhárom mintában azonosítható volt. Nyolc olyan aromakomponens volt, amely a

gyümölcsporban és az egyik termékben megjelent, ezek is alkalmasak lehetnek a gyümölcs alapanyag felhasználásának jelzésére.

- A berkenye eredetét a termékekben saját és az irodalmi adatok (Butorová et al., 2016; Kraujalytė et al., 2013) szerint is a benzaldehid jelezheti, bár ezt a vegyület a gyümölcsporban és a kekszben azonosítottam, a csokoládéban nem. A gyümölcs alapanyag felhasználását további 6 vegyület jelezheti, melyek a porban és az egyik termékben megtalálhatók voltak. A berkenyés termékekben jellegzetes aromaalkotó lehet még a más szerzők (Romani et al., 2016) által is nagy intenzitással kimutatott 3-penten-2-on, mely a gyümölcsporban, a kekszben és a csokoládéban is azonosítható volt.
- A csipkebogyót tartalmazó minták közül a gyümölcspor volt aromakomponensekben a leggazdagabb (66 vegyület), a keksz és a csokoládé jóval kevesebb (19 és 23) illó vegyülettel rendelkezett. A gyümölcsporban 39 terpén vegyületet azonosítottam, melyek a gyümölcs eredetét jelezhetik a csipkebogyós termékekben. Sajnos megjelenésük a kekszben és a csokoládéban nem volt igazolható. A gyümölcsjelleg bizonyítására alkalmas vegyületeket sem tudtam megnevezni, mivel a termékek közös aromavegyületei kivétel nélkül jelen voltak egyik vagy mindkét kontrol mintában is.
- Az acerolás termékekben 2 olyan aromakomponenst azonosítottam (furfural, 2-furánmetanol), melyek mindhárom termékben egyaránt megtalálhatóak. Ezek minden mintában jelentősebb intenzitással (0,89-4,81%) voltak jelen, ami a termékek gyümölcs-eredetét igazolhatja. Az acetilfurán a gyümölcsporban és a kekszben is azonosítható volt, így ez a vegyület is szóba jöhet, mint gyümölcsjelleges komponens.
- A homoktövis mintákban a mindhárom termékben megjelenő γ -butirolakton, feniletil-alkohol és etil-acetát lehetnek gyümölcsjellegesek, illetve a gyümölcsporban és a csokoládéban azonosított 2-metil-propánsav is jelezheti a gyümölcs felhasználását a termékekben.
- Az olfaktometriás eredményeket tekintve általánosságban elmondható, hogy a gyümölcsporokban érzékelttem a legtöbb aromaaktív vegyületet, a kekszekben és csokoládékban kevesebb számú illatos vegyület volt jelen. Ennek oka valószínűleg a korábban már említett magas hőmérsékletek alkalmazása volt. A nyers gyümölcsre emlékeztető, jellegzetes illatokat nem sikerült azonosítanom, de sok általános, gyümölcsjelleges aromavegyület is azonosításra került a termékekben.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

Dolgozatomban különböző gyümölcsfajták: goji (*Lycii fructus*), fekete berkenye (*Aronia melanocarpa*), csipkebogyó (*Rosa canina*), acerola (*Malpighia emarginata*), homoktövis (*Hippophae rhamnoides*) és felhasználásukkal készített keksz, illetve fehér csokoládé érzékszervi tulajdonságait, konkrétan az aromáját vizsgáltam műszeres (GC-MS-O) eljárással. Vizsgálataimba bevontam kontrol, azaz gyümölcsfajtákat nem tartalmazó keksz és fehér csokoládé mintákat is. Kísérletem fő célja az volt, hogy feltérképezsem a termékek aroma-összetételét, és azonosítsam azokat a vegyületeket, amelyek a gyümölcsök felhasználását jelezhetik a termékekben.

Az aromakomponensek vizsgálatát a mintavétellel kezdtem. Ehhez szilárd fázisú mikroextrakciót (SPME) alkalmaztam, a minták feletti gőztérből megkötve az illatkomponenseket. A mintavétel 40 °C-on történt, 50/30 µm DVB/CAR/PDMS szállal. A mintavételt követően GC-MS-O berendezéssel vizsgáltam a mintákat. A tömegspektrométer (MS) végezte az aromakomponensek minőségi vizsgálatát, az olfaktométer segítségével történt az illatjellegek és -intenzitások tanulmányozása. Ezeket az adatokat később összegezve a minták aromaaktív vegyületeiről nyertünk információt.

Elsőként a kontrol mintákat vizsgáltam meg, melyek összehasonlítási alapul szolgáltak a további mérésekhez. Gyümölcsjelleges vegyületeknek a későbbiekben azokat tekintettem, amelyek a kontrol mintákban nem voltak megtalálhatók. Ezekben a mintákban viszonylag kevés aromavegyületet azonosítottam: a keksz 15, a csokoládé pedig 24 aromakomponenst tartalmazott. A termékek készítése során alkalmazott magas hőmérséklet (205 és 45 °C) hatására a nagy illékonyosságú aromakomponensek valószínűleg eltávoztak a mintákból.

A goji porban két alkohol, a mindhárom mintában azonosítható 1-butanol, valamint irodalmi adatok alapján a porban talált 1-hexanol lehetnek a gyümölcs eredet jelzői. Nyolc olyan további aromakomponens is alkalmas lehet a gyümölcs alapanyag felhasználásának jelzésére, melyek a gyümölcsfajtákban és az egyik termékben megjelentek (2-acetilpirrol, dihidro-2-metil-3(2H)-furanon, 3,5-dihidroxil-6-metil-2,3-dihidro-4H-piran-4-on, 2,6-dimetil-ciklohexanol, etil-acetát, 2-metil-propánsav, izovaleriánsav, 2,2,4,6,6-pentametil-heptán).

A berkenyés termékekben a benzaldehid lehet a gyümölcs eredet jelzője, saját és irodalmi adatok szerint is, bár ezt a vegyület csak a gyümölcsfajtákban és a kekszen azonosítottam. A gyümölcs alapanyag felhasználását további öt vegyület (α -pinén, γ -

butirolakton, benzil-alkohol, hexanol, 2-metil-propánsav) jelezheti, melyek a porban és az egyik termékben megtalálhatók voltak. A berkenyész termékekben jellegzetes aromaalkotó lehet még irodalmi adatok alapján a 3-penten-2-on, mely mindhárom termékben is azonosítható volt.

A csipkebogyó por különösen sok (39) terpénvegyületet tartalmazott, melyek a gyümölcs felhasználásának jelzői lehetnének a termékekben, de sajnos a kekszben és a csokoládéban nem azonosítottam ezeket a komponenseket. A többi terméktől eltérően nem tudtam megnevezni olyan illatanyagokat, amelyek a gyümölcsjelleg bizonyítására alkalmasak lennének, mert a termékek közös aromavegyületei egyik vagy mindkét kontrol mintában is jelen voltak.

Az acerolás termékekben két közös illatkomponenst azonosítottam, a furfuralt és a 2-furánmetanolt. Ezek minden mintában jelentősebb intenzitással (0,89-4,81%) voltak jelen, ami a termékek gyümölcs-eredetét igazolhatja. Az acetilfurán a gyümölcsporban és a kekszben is azonosítható volt, így ez a vegyület is szóba jöhet, mint gyümölcsjelleges komponens.

A homoktövises mintákban a mindhárom termékben megjelenő γ -butirolakton, feniletil-alkohol és etil-acetát lehetnek gyümölcsjellegesek, illetve a gyümölcsporban és a csokoládéban azonosított 2-metil-propánsav is jelezheti a gyümölcs felhasználását a termékekben.

A vizsgált mintákban jóval kevesebb volt az illataktív, mint az azonosított illatkomponensek száma. A legtöbb érzékelhető illattal rendelkező komponens a gyümölcsporokban volt, a kekszek és a csokoládék aromaaktív vegyületei sokkal kisebb számban fordultak elő. Jellegzetes, a nyers gyümölcsökre emlékeztető aromákat nem sikerült azonosítanom, bár sok általános gyümölcsjellegzet mutató aromavegyületet érzékelttem, de konkrét gyümölchöz nem tudtam társítani az illatokat. A továbbiakban érdemes lenne további, friss gyümölcs felhasználásával készült terméket megvizsgálni aroma-összetétel szempontjából, mert a gyümölcsök jellegzetes aromája már a por készítés során veszíthet az intenzitásából, ami nehezíti a felismerésüket a felhasználásukkal készült termékekben.

IRODALMI HIVATKOZÁS

- Laura Acquaticci, Maria Alessia Schouten, Simone Angeloni, Giovanni Caprioli, Sauro Vittori, Santina Romani (2024): Influence of baking conditions and formulation on furanic derivatives, 3-methylbutanal and hexanal and other quality characteristics of lab-made and commercial biscuits. *Food Chemistry*, 437, Paper 137791, 8 p. DOI: 10.1016/j.foodchem.2023.137791
- Adamski A. and Adamska J. (2021): The Use of Essential Oils - Alpha and B-Pinene in the Treatment of Covid-19. *Annals of Clinical and Medical Case Reports*, 7 (8), pp. 1-4.
- Xuan Ao, Yihan Mu, Shuo Xie, Dehao Meng, Yaqi Zheng, Xiaoshuang Meng, Zhaolin Lv (2022): *Food Chemistry*, 390, pp. 133-142. DOI: 10.1016/j.foodchem.2022.133142
- M. G. Aziz, Y. A. Yusof, C. Blanchard, M. Saifullah, A. Farahnaky, G. Scheiling (2018): Material Properties and Tableting of Fruit Powders. *Food Engineering Reviews*, 10, pp. 66–80. DOI: 10.1007/s12393-018-9175-0
- Marija Banožić, Małgorzata Krzywonos, Krunoslav Aladić, Hanna Pińkowska, Igor Mucha, Adrianna Złocińska, Stela Jokić (2023): Physicochemical, structural characterization and evaluation of encapsulated hesperidin from natural sources: Comparison of two encapsulation techniques; spray drying and freeze drying. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 90, Paper 105098, 11 p. DOI: 10.1016/j.jddst.2023.105098
- Juliano Lemos Bicas, Gustavo Molina, Ana Paula Dionísio, Francisco Fábio Cavalcante Barros, Roger Wagner, Mário Roberto Maróstica Jr., Gláucia Maria Pastore (2011): Volatile constituents of exotic fruits from Brazil. *Food Research International*, 44, pp. 1843–1855. DOI: 10.1016/j.foodres.2011.01.012
- Bernhard Brückner and S. Grant Wyllie (2008): Fruit and vegetable flavour. Boca Raton: CRC Press LLC
- LenkaButorová, Eva Vitova, Martin Polovka (2016): Comparison of volatiles identified in *Aronia melanocarpa* and *Amelanchier alnifolia* using solid-phase microextraction coupled to gas chromatography-mass spectrometry. *Journal of Food and Nutrition Research*, 55 (1), pp. 57-68

- Claudine Cognat, Tom Shepherd, Susan R. Verrall, Derek Stewart (2014): Relationship between volatile profile and sensory development of an oat-based biscuit. *Food Chemistry*, 160, pp. 72–81. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.02.170
- Nurullah Demir, Oktay Yildiz, Mehmet Alpaslan, Ali Adnan Hayaloglu (2014): Evaluation of volatiles, phenolic compounds and antioxidant activities of rose hip (*Rosa L.*) fruits in Turkey. *LWT - Food Science and Technology*, 57 (1), pp. 126-133. DOI: 10.1016/j.lwt.2013.12.038
- Noelia Diaz- Morales, Miriam Ortega-Heras, Ana M. Diez-Maté, Maria L. Gonzalez-SanJose, Pilar Muñiz (2022): Antimicrobial properties and volatile profile of bread and biscuits melanoidins. *Food Chemistry*, 373, Paper 131648, 6 p. DOI: 10.1016/j.foodchem.2021.131648
- Muna Ahmed Mohamed El Hadi et al., Feng-Jie Zhang, Fei-Fei Wu, Chun-Hua Zhou, Jun Tao (2013): Advances in Fruit Aroma Volatile Research. *Molecules*, 18 (7), pp. 8200-8229. DOI: 10.3390/molecules18078200
- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Diego Luis García-González, María Teresa Morales, Ramón Aparicio (szerk.): 43. Olive and Olive Oil. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 821-847. DOI: 10.1002/9780470622834
- Poliana Deyse Gurak, Gicele Sbardelotto De Bona, Isabel Cristina Tessaro, Ligia Damasceno Ferreira Marczak (2014): Jaboticaba Pomace Powder Obtained as a Co-product of Juice Extraction: A Comparative Study of Powder Obtained from Peel and Whole Fruit. *Food Research International*, 62, pp. 786–792. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.04.042
- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: F. Gutiérrez-Rosales (szerk.): 10. History and Principles of Flavor Analysis. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 157-176. DOI: 10.1002/9780470622834
- [http1:https://odourobbservatory.org/measuring-odour/gas-chromatography-olfactometry/](https://odourobbservatory.org/measuring-odour/gas-chromatography-olfactometry/)
- [http2.:https://www.eatingwell.com/article/7828108/what-are-acerola-cherries/](https://www.eatingwell.com/article/7828108/what-are-acerola-cherries/)
- [http3.: https://florapont.hu/aronia-prunifolia-viking-feketeberkenye/](https://florapont.hu/aronia-prunifolia-viking-feketeberkenye/)
- [http4.: https://sweetgarden.hu/goji-lycium-barbarum](https://sweetgarden.hu/goji-lycium-barbarum)
- [http5.: https://www.mediterranfarm.hu/termek/homoktovis/](https://www.mediterranfarm.hu/termek/homoktovis/)
- [http6.:https://www.gyogyteabolt.hu/component/k2/item/170-a-kozismert-csipkebogyo](https://www.gyogyteabolt.hu/component/k2/item/170-a-kozismert-csipkebogyo)

- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Yueming Jiang, Jun Song (szerk.): 1. Fruits and Fruit Flavor: Classification and Biological Characterization. Hoboken: John W Giley & Sons, pp. 1-23. DOI: 10.1002/9780470622834
- Agnieszka Kita, Joanna Nowak, Anna Michalska-Ciechanowska (2020): The Effect of the Addition of Fruit Powders on the Quality of Snacks with Jerusalem Artichoke during Storage. *Applied Sciences*, 10 (16), Paper 5603, 17 p. DOI: 10.3390/app10165603
- Vilma Kraujalytė, Erich Leitner, Petras Rimantas Venskutonis (2013): Characterization of Aronia melanocarpa Volatiles by Headspace-Solid-Phase Microextraction (HS-SPME), Simultaneous Distillation/Extraction (SDE), and Gas Chromatography-Olfactometry (GC-O) Methods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 61 (20), pp. 4728–4736. DOI: 10.1021/jf400152x
- Yuanye Liu, Jie Sheng, Jingjing Li, Panling Zhang, Fengxian Tang, Chunhui Shan (2022): Influence of lactic acid bacteria on physicochemical indexes, sensory and flavor characteristics of fermented sea buckthorn juice. *Food Bioscience*, 46, Paper 101519, 9 p. DOI: 10.1016/j.fbio.2021.101519
- Juanfang Lu, Haoxia Li, Junping Quan, Wei An, Jianhua Zhao, Wanpeng Xi (2017): Identification of characteristic aroma volatiles of Ningxia goji berries (*Lycium barbarum* L.) and their developmental changes. *International Journal of Food Properties*, 20 (1), pp. 214-227. DOI: 10.1080/10942912.2017.1295254
- Jing Meng, Zhi Liu, Chun-Lin Gou, Karyne M. Rogers, Wen-Juan Yu, Shan-Shan Zhang, Yu-Wei Yuan, Li Zhang (2019): Geographical origin of Chinese wolfberry (goji) determined by carbon isotope analysis of specific volatile compounds. *Journal of Chromatography B*, 1105, pp. 104–112. DOI: 10.1016/j.jchromb.2018.12.011
- Kiros Mezgebo, Tefera Belachew, Neela Satheesh (2018): Optimization of red teff flour, malted soybean flour, and papaya fruit powder blending ratios for better nutritional quality and sensory acceptability of porridge. *Food Science & Nutrition*, 18 (6), pp. 891–903. DOI: 10.1002/fsn3.624
- Zehra Tuğba Murathan, Mozghan Zarifikhosroshahi (2016): Determination of fatty acids and volatile compounds in fruits of rosehip (*Rosa* L.) species by HS-SPME/GC-MS and Im-SPME/GC-MS techniques. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, pp. 269-279. DOI: 10.3906/tar-1506-50
- Juliete Pedreira Nogueira, Airla Carla Pires de Siqueira, Rafael Donizete Dutra

Sandes, Mércia de Sousa Galvão, Maria Terezinha Santos Leite Netaa, Narendra Narain (2018): An insight into key volatile compounds in acerola (*Malpighia emarginata* DC.) pulp based on their odour activity values and chemometric evaluation. *Analytical Methods*, 10, pp. 5851–5866. DOI: 10.1039/c8ay01427b

- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Sonia Osorio, Cristina Muñoz, And Victoriano Valpuesta (szerk.): 2. Physiology and Biochemistry of Fruit Flavors. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 25-43. DOI: 10.1002/9780470622834
- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Clara Pelayo-Zaldívar (szerk.): 5. Environmental Effects on Flavor Changes. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 73-91. DOI: 10.1002/9780470622834
- Pécs Miklós (2011): Fermentációs Feldolgozási Műveletek. In: Pécs Miklós (szerk.): 5.3 Porlasztva szárítás. Budapest, Typotex Kiadó. pp. 200-211.
- Jorge A. Pino, Julio C. Pérez (2019): Analysis of the volatile compounds in acerola vinegar by solid-phase microextraction techniques coupled with gas chromatography-mass spectrometry. *Revista CENIC. Ciencias Químicas*, 50 (1), pp. 33-40.
- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Jorge A. Pino (szerk.): 14. Annona Fruits. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 229-246. DOI: 10.1002/9780470622834 Acquaticci Acquaticci
- J.A. Pino, C.E. Quijano-Célis (2018): Characterization of odour-active volatile compounds of acerola wine. *Acta Alimentaria*, Vol. 48 (3), pp. 306–315. DOI: 10.1556/066.2019.48.3.5
- Gary Reineccius (2006): Flavor Chemistry and Technology. Boca Raton: CRC Press LLC
- Annalisa Romani, Pamela Vignolini, Francesca Ieri, Daniela Heimler (2016): Polyphenols and Volatile Compounds in Commercial Chokeberry (*Aronia Melanocarpa*) Products. *Natural Product Communications*, 11 (1), pp. 99-102. DOI: 10.1177/1934578X1601100129
- Fakhreddin Salehi, Sara Aghajanzadeh (2020): Effect of dried fruits and vegetables powder on cakes quality: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 95, pp. 162–172. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.11.011
- Y.H. Hui (2010): Handbook Of Fruit And Vegetable Flavors. In: Carlos Sanz And Ana G. Pérez (szerk.): 9. Plant Metabolic Pathways and Flavor Biosynthesis. Hoboken: John Wiley & Sons, pp. 129-155. DOI: 10.1002/9780470622834

- C. Schippa, G. George, R. Fellous (1993): Volatil compounds of acérola fruit (Antilles cherry). *Parfums, cosmétiques, arômes*, 113, pp. 81-84.
- Wilfried Schwab, Rachel Davidovich-Rikanati and Efraim Lewinsohn (2008): Biosynthesis of plant-derived flavor compounds. *The Plant Journal*, 54 (4), pp. 712–732. DOI: 10.1111/j.1365-313X.2008.03446.x
- S.A. Siddick, S. Ganesh (2016): Spray Drying Technology For Producing Fruit Powders From Tomatoes And Tomarillo. *Acta Horticulturae*, 1120, pp. 343-348. DOI: 10.17660/ActaHortic.2016.1120.52
- Jun Song, Charles F. Forney (2008): Flavour volatile production and regulation in fruit. *Canadian Journal of Plant Science*, 88 (3), pp. 537-550. DOI: 10.4141/CJPS07170
- Ashleigh Stewart, Alistair Grandison, Colette Fagan, Angela Ryan, Daniel Festring, Jane K. Parker (2018): Changes in the volatile profile of skim milk powder prepared under different processing conditions and the effect on the volatile flavor profile of model white chocolate. *Journal of Dairy Science*, 101 (10), pp. 8822–8836. DOI: 10.3168/jds.2018-14414
- Ana L. Vendramini, Luiz C. Trugo (2000): Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia puniceifolia* L.) at three stages of maturity. *Food Chemistry*, 71 (2), pp. 195-198. DOI: 10.1016/S0308-8146(00)00152-7
- Kele A. C. Vespermann, Bruno N. Paulino, Mayara C. S. Barcelos, Marina G. Pessôa, Glaucia M. Pastore, Gustavo Molina (2017): Biotransformation of α - and β -pinene into flavor compounds. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 101, pp. 1805–1817. DOI: 10.1007/s00253-016-8066-7
- Bojana B. Vidović, Danijel D. Milinčić, Mirjana D. Marčetić, Jelena D. Djuriš, Tijana D. Ilić, Aleksandar Ž. Kostić, Mirjana B. Pešić (2022): Health Benefits and Applications of Goji Berries in Functional Food Products Development: A Review. *Antioxidants*, 11 (2), Paper 248, 29 p. DOI: 10.3390/antiox11020248
- Wang Wei, Chen Mo, Chen Guohua (2012): Issues in Freeze Drying of Aqueous Solutions. *Chinese Journal of Chemical Engineering*, 20(3), pp. 551-559. DOI: 10.1016/S1004-9541(11)60218-8
- Yiwen Zhang, Yingchun Zhao, Xinglong Liu, Xueyan Chen, Chuanbo Ding, Ling Dong, Jinping Zhang, Shuwen Sun, Qiteng Ding, Sadia Khatoon, Zhiqiang Cheng, Wencong Liu, Liqian Shen, Fengyan Xiao (2021): Chokeberry (*Aronia melanocarpa*)

as a new functional food relationship with health: an overview. *Journal of Future Foods*, 1 (2), pp. 168-178. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2022.01.006

MELLÉKLETEK

1. Melléklet A kontrol keksz aromakomponensei és illataktív vegyületei

RI	Név	Terület%	illat	
			jelle	erősség
	Terpének	3,07		
1170	D-limonén	3,07		
	Benzolgyűrűs vegyületek	1,06		
1056	toluol	1,06		
	Alkoholok	10,57		
1007	etil-alkohol	8,41	édes	gyenge
1517	1-(2-metoxipropoxi)-2-propanol	2,16		
	Aldehidek	0,72		
1079	hexanal	0,72		
	Ketonok	11,54		
1263	3-hidroxi-2-butanon (acetoin)	0,96		
1280	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	10,58		
	Észterek	3,90		
977	izopropenil-acetát	1,17		
993	izobutil-acetát	1,35		
1308	metil-triklór-acetát	1,38		
	Éterek	3,53		
1156	2-metoxietanol	0,58		
1470	dipropilén-glikol-monometil-éter	2,28		
1809	dietylénglikol-butyl-éter	0,67		
	Savak	0,56		
1431	ecetsav	0,56		
	Szénhidrogének	65,05		
952	hexán	65,05		

2. Melléklet A kontrol csokoládé aromakomponensei és illataktív vegyületei

RI	Név	Terület%	illat	
			jelleg	erősség
	Terpének	0,77		
1126	3,7-dimetil-1,3,7-oktatrién (ocimén)	0,77		
	Kénvegyületek	3,38		
1936	dimetil-szulfon	3,38		
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek	0,72		
1478	tetrametil-pirazin	0,72		
	Alkoholok	40,84		
1002	etil-alkohol	29,65		
1210	1-pentanol	2,16		
1422	2-etil-1-hexanol	0,70		
1530	2,3-butándiol	3,95		
1543	1-nonanol	0,61	sült	gyenge
1570	2,3-butándiol	3,77		
	Aldehidek	19,82		
1080	hexanal	13,05		
1168	heptanal	1,17		
1264	oktanal	3,95	földes, gomba	közepes
1374	nonanal	1,65		
	Ketonok	1,75		
1160	2-heptanon	1,75		
	Észterek	2,02		
990	etil-acetát	1,08		
1683	trietyl-foszfát	0,94		
	Éterek	1,78		
1114	1-metoxi- 2-propanol (propilénlikol-monometil-éter)	1,78		
	Savak	27,69		
1427	ecetsav	15,07		
1526	propánsav	0,80		
1622	butánsav	4,72	édes, tejszín	közepes
1667	3-metil- butánsav (izovaleriánsav)	1,40		
1740	pentánsav	1,40	ismeretlen	gyenge
1850	hexánsav	4,30		
	Szénhidrogének	1,23		
960	heptán	1,23		

3. Melléklet A goji por és termékeinek illataktív vegyületei

Goji por

tR (min)	Név	illatjelleg	Illaterősség
9,184	acetaldehid	friss, zöld	gyenge
9,555	izopropenil-acetát	édes	közepes
10,095	etil-alkohol	édes	közepes
10,428	2,2,4,6,6-pentametil-heptán	méz, édes, gyümölcsös	erős
11,140	2,2,5-trimetil-dekán	ismeretlen	gyenge
11,523	ismeretlen	ismeretlen	gyenge
11,776	hexanol	frissen vágott fű, zöld, friss	gyenge
13,127	ismeretlen	savanyú, gyümölcsös	gyenge
13,473	2-heptanon	ismeretlen	gyenge
16,164	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	gomba	erős
17,044	ismeretlen	sült, égett	erős
19,020	ecetsav	savanyú, ecet	erős
20,041	furfurol	földes	közepes
20,656	2-acetil-5-metilfurán	földes	gyenge
21,295	(E,E)-3,5-oktadién-2-on	keksz, édes	közepes
21,364	propánsav	keksz, édes	közepes
21,825	ismeretlen	fanyar, kesernyés, műanyag, égett	gyenge
22,853	ismeretlen	erősen sült, égett, vajas, keksz	erős
23,256	6-metil-3,5-heptadién-2-on	erősen sült, égett	erős
24,463	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	savanyú, sült	közepes
25,956	ismeretlen	édes, pékség	gyenge
26,054	pentánsav	édes, pékség,	gyenge
29,162	2,5-dimetil-4-hidroxi-3(2H) -furanon (ananász keton)	sült	közepes
32,752	ismeretlen	édes, keksz, sült	erős

Goji keksz

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
9,520	izopropenil-acetát	nyers, zöld	gyenge
10,066	etil-alkohol	savanykas	gyenge
10,442	2-pentanon	sajt	erőd
13,736	D-limonén	zöld, zöltséges	gyenge
16,098	1-hidroxi- 2-propanon (acetol)	földes, gomba	gyenge
17,016	etil-triklór-acetát	sült, égett	erős
20,266	dipropilén-glikol-monometil-éter	sült zöltség	gyenge

Goji csokoládé

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,064	etil-alkohol	zöld	gyenge
10,579	pentanal	zöld	gyenge
19,171	ecetsav	savanyú	gyenge
23,480	butánsav	savanyú, vajas	közepes
24,456	3-metil- butánsav (izovaleriánsav)	savanyú	közepes
26,052	pentánsav	ismeretlen	gyenge

4. Melléklet A fekete berkenye por és termékeinek aromakomponensei

RI	Név	Terület%		
		por	keksz	csoki
	Terpének	1,07	0,50	0,62
1038	<i>α-pinén</i>	0,71		0,32
1172	<i>D-limonén</i>		0,50	
1173	izotujol			0,30
1632	<i>β</i> -ciklocitrál	0,26		
1965	<i>β</i> -jonon	0,10		
	Kénvegyületek			2,02
1937	<i>dimetil-szulfon</i>			2,02
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek			0,53
1478	<i>tetrametil-pirazin</i>			0,53
	Oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek	1,26	5,89	1,01
1656	<i>dihidro-2(3H)-furanon (γ-butirolakton)</i>	1,06		0,80
1663	2-furánmetanol		0,30	
1882	<i>5,6-dihidro-2H-pirán-2-on</i>	0,20	5,59	0,21
	Benzolgyűrűs vegyületek	2,71	2,33	0,37
1050	<i>toluol</i>	1,49	1,17	
1536	<i>benzaldehyd</i>	0,58	1,16	
1893	<i>benzil-alkohol</i>	0,41		0,37
1930	fenil-etil-alkohol	0,23		
	Alkoholok	21,75	12,16	35,65
996	<i>etil-alkohol</i>	12,40	8,69	14,72
1001	izopropil-alkohol			7,58
1099	2-pentanol			0,32
1113	1-metoxi-2-propanol			0,41
1116	1-butanol			0,19
1163	3-metil-1-butanol (izopentil-alkohol)	0,80		
1204	<i>1-pentanol</i>	0,35		1,37
1278	<i>cisz-2-pentén-1-ol</i>	0,25		
1312	<i>1-hexanol</i>	0,58		0,25
1520	<i>1-(2-methoxipropoxi)-2-propanol</i>		1,66	
1527	<i>2,3-butándiol</i>	5,23	0,85	7,26

1567	2,3-butándiol	1,75	0,96	3,55
1612	2,6-dimetil-ciklohexanol	0,39		
	Aldehidek	3,99	0,27	11,21
1023	3-metil-butanal (izovaleraldehid)			0,56
1073	hexanal	3,70	0,27	9,47
1169	heptanal			0,42
1371	nonanal	0,29		0,76
	Ketonok	27,96	14,83	8,69
971	aceton	1,71		
991	4-hidroxi-2-butanon		0,46	
1024	2,3-butándion (diacetil)		0,28	
1112	(E)-3-pentén-2-on	20,05	2,96	1,66
1160	2-heptanon			1,35
1257	3-hidroxi-2-butanon (acetoin)	2,74	1,31	3,25
1283	1-hidroxi-2-propanon (acetol)		8,69	
1293	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	0,32		
1388	3,5,5-trimetil-2-ciklohexén-1-on (α -izoforon)	0,52		
1452	4-hidroxi-2-pentanon	2,62	1,13	2,43
	Észterek	3,21	1,56	2,81
980	izopropenil-acetát		1,32	1,88
983	etil-acetát	0,94		0,61
1305	metil-triklór-acetát	2,27		
1327	etil-triklór-acetát		0,24	
1684	trietyl-foszfát			0,32
	Éterek		1,88	
1469	dipropilén-glikol-monometil-éter		1,88	
	Savak	26,65	0,58	35,25
1415	ecetsav	24,59	0,58	25,21
1526	propánsav			0,68
1551	2-metil-propánsav	0,62		0,63
1622	butánsav			4,88
1664	4-metil- pentánsav (izohexánsav)	0,65		
1668	3-metil- butánsav			0,76
1738	pentánsav	0,26		0,76
1850	hexánsav	0,53		2,33
	Szénhidrogének	10,52	60,00	0,88
943	2-metil-pentán (izohexán)	1,36		
949	hexán	8,32	60,00	
961	heptán			0,88
1011	2,2,4,6,6-pentametil-heptán	0,51		
1041	2,3,6,7-tetrametil-oktán	0,33		
	Ismeretlen vegyületek	0,88		

a kontrol kekszben/csokiban is megtalálhatók

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (mindhárom termékben azonosítható vegyületek)

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (a porban és az egyik termékben megtalálhatók)

5. Melléklet A fekete berkenye por és termékeinek illataktív vegyületei

Fekete berkenye por

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,442	2,2,4,6,6-pentametil-heptán	savanykás	közepes
11,024	α -pinén	savanykás	közepes
11,286	toluol	édes	közepes
11,794	hexanal	zöld, friss	gyenge
14,610	1-pentanol	keksz, süti	gyenge
16,195	cisz-2-pentén-1-ol	gomba	közepes
16,919	1-hexanol	fű	gyenge
19,152	ecetsav	savanykás	gyenge
19,945	4-hidroxi-2-pentanon	por	gyenge
21,752	benzaldehyd	kenyér	gyenge
22,853	ismeretlen	uborka	gyenge
24,510	4-metil-pentánsav (izohexánsav)	savanyú	közepes
26,086	pentánsav	savanykás	gyenge
30,980	β -jonon	édes, keksz	erős

Fekete berkenye keksz

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,118	etil-alkohol	ismeretlen	gyenge
10,554	2,3-butándion (diacetyl)	gyümölcsös	gyenge
17,114	etil-triklór-acetát	földes	közepes
19,958	4-hidroxi-2-pentanon	gomba	gyenge

Fekete berkenye csokoládé

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,084	etil-alkohol	savanyú, zöld	gyenge
11,777	hexanal	fű, zöld, alma	gyenge
16,147	ismeretlen	földes, gomba	közepes
16,912	1-hexanol	sült	gyenge
19,927	4-hidroxi-2-pentanon	savanyú	gyenge
20,379	tetrametil-pirazin	virág	gyenge
21,813	ismeretlen	földes	gyenge
23,510	butánsav	kénes, savanyú	gyenge
26,062	pentánsav	virágos, zöld, savanyú	gyenge

6. Melléklet A csipkebogyó por és termékeinek aromakomponensei

RI	Név	Terület%		
		por	keksz	csoki
	Terpének	26,24	0,79	
1035	α -pinén	0,26		
1059	kamfén	0,13		
1118	cisz- β -ocimén	0,74		
1162	<i>D</i> -limonén	1,39	0,79	
1177	eukaliptol	3,06		
1231	β -cimén	0,14		
1381	(+)-1,3,3-trimethyl-2-norbornanon	0,25		
1458	cisz-p-mentan-3-on (izomenton)	2,03		
1472	(+)-cikloizoszativén	0,22		
1480	α -kopaén	0,38		
1520	L-kámfor	0,96		
1526	linalol	2,43		
1542	linalol-acetát	0,44		
1557	mentil-acetát	0,17		
1572	D-fenchil-alkohol (fenchol)	0,08		
1578	bornil-acetát	0,30		
1587	β -elemén	0,43		
1601	4-terpinenol	0,53		
1630	β -ciklocitrál	0,16		
1639	DL-mentol	0,49		
1653	β -kariofillén	0,42		
1694	α -amorfén	0,15		
1703	L- α -terpineol	0,57		
1706	endo-borneol	0,80		
1724	α -zingiberén	0,74		
1730	β -bizabolén	1,07		
1737	γ -muurolén	0,38		
1741	β -szelinén	0,54		
1748	α -farnezen	0,08		
1760	D-karvon	0,96		
1781	α -kurkumén	4,37		
1790	dihidrokarvol	0,12		
1846	cisz-karvol	0,91		
1867	geranilaceton	0,09		
1874	α -jonon	0,11		
1962	β -jonon	0,08		
2169	karvakrol	0,04		
2194	timol	0,08		
2258	4-izopropenil-1-metil-1,2-ciklohexándiol	0,14		
	Kénvegyületek			2,25

1938	<i>dimetil-szulfon</i>			2,25
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek	0,09		
1987	2-acetilpirrol	0,09		
	Oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek	0,78	0,59	
1455	furfurol	0,71		
1662	2-furánmetanol		0,59	
2054	(R)-dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil- 2(3H)-furanon (pantolakton)	0,07		
	Benzolgyűrűs vegyületek	0,66	1,85	
1048	<i>toluol</i>	0,45	1,85	
1676	p-allil-anizol (esztragol)	0,21		
	Alkoholok	7,17	17,83	28,11
994	<i>etil-alkohol</i>	4,38	12,68	17,65
1001	izopropil-alkohol			5,93
1118	1-butanol		0,49	0,42
1120	1-pentén-3-ol	0,51		
1203	<i>1-pentanol</i>	0,39	0,28	1,02
1258	3,4-dimetil-2-hexanol	0,78		
1311	1-hexanol	0,48		
1519	<i>1-(2-metoxipropoxi)-2-propanol</i>		3,24	
1531	<i>2,3-butándiol</i>		0,49	1,66
1565	<i>2,3-butándiol</i>	0,27	0,65	1,43
1609	2,6-dimetil-ciklohexanol	0,36		
	Aldehidek	7,21	0,61	11,85
1016	pentanal	0,31		
1028	3-metil-butanal (izovaleraldehid)			3,12
1071	<i>hexanal</i>	6,69	0,61	7,21
1171	<i>heptanal</i>			0,89
1369	<i>nonanal</i>	0,21		0,63
	Ketonok	7,89	13,94	1,37
969	aceton	3,64		
1019	2-pentanon		1,75	
1161	<i>2-heptanon</i>			1,37
1264	<i>3-hidroxi-2-butanon (acetoin)</i>		1,70	
1276	<i>1-hidroxi-2-propanon (acetol)</i>	0,38	10,49	
1292	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	0,11		
1303	6-metil-5-heptén-2-on	3,55		
1387	α -izoforon	0,08		
1595	2-undekanon	0,13		
	Észterek	0,27	6,40	4,18
977	<i>izopropenil-acetát</i>		2,71	2,95
982	<i>etil-acetát</i>	0,27		0,63
991	<i>izobutil-acetát</i>		3,05	
1323	etil-triklór-acetát		0,64	
1685	<i>trietyl-foszfát</i>			0,60
	Éterek		2,39	0,34

1115	<i>propilén-glikol-monometil-éter</i>			0,34
1467	<i>dipropilén-glikol-monometil-éter</i>		2,39	
	Savak	41,51	0,83	48,90
1405	<i>ecetsav</i>	41,19	0,83	40,45
1527	<i>propánsav</i>			0,73
1624	<i>butánsav</i>			3,72
1662	<i>3-metil -butánsav (izovaleriánsav)</i>	0,24		0,63
1742	<i>pentánsav</i>			1,05
1852	<i>hexánsav</i>			2,32
2155	<i>nonánsav</i>	0,08		
	Szénhidrogének	5,62	54,32	0,86
954	<i>hexán</i>		54,32	0,86
1009	<i>2,2,4,6,6-pentametil-heptán</i>	5,06		
1033	<i>2,2,4,4,-tetrametiloktán</i>	0,56		
	Ismeretlen vegyületek	2,56	0,45	2,14

a kontrol kekszben/csokiban is megtalálhatók

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (mindhárom termékben azonosítható vegyületek)

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (a porban és az egyik termékben megtalálhatók)

7. Melléklet A csipkebogyó por és termékeinek illataktív vegyületei

Csipkebogyó por

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
9,543	aceton	édes	gyenge
10,090	etil-alkohol	zöld	gyenge
10,570	pentanal	savanykás	gyenge
11,246	toluol	citrus	gyenge
11,741	hexanal	friss, zöld, gyümölcsös, alma	közepes
14,013	eukaliptol	csípős, kámfor	gyenge
14,575	1-pentanol	édes, keksz	közepes
16,155	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	gomba	közepes
18,928	ecetsav	ecet, savanyú	erős
20,554	α -kopaén	földes	gyenge
21,537	linalol	édes, virágos	közepes
21,782	ismeretlen	égett	közepes
21,869	linalol-acetát	édes, virágos	közepes
22,856	β -elemén	savanykás, zöld, gyümölcsös	közepes
23,020	2-undekanon	zöld, gyümölcsös	közepes
24,470	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	savanykás	közepes
25,416	endo-borneol	penész	gyenge
25,784	α -zingiberén	pörkölt	gyenge
25,931	β -bizabolén	édeskés, gyümölcsös	gyenge
26,066	γ -murolén	édeskés, gyümölcsös	gyenge
26,168	β -szelinén	édeskés	gyenge
26,302	α -farnezen	édeskés	gyenge

26,569	D-karvon	zöld, gyümölcsös	gyenge
26,655	ismeretlen	gyümölcsös	gyenge
28,413	cisz-karveol	édes	közepes
30,917	β -jonon	kellemes, virágos (jázmin?)	erős
31,455	2-acetil-pirrol	gyümölcsös	gyenge
32,897	(R)-dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil-2(3H)-furanon (pantolakton)	pékség	közepes
37,293	4-izopropenil-1-metil-1,2-ciklohexándiol	ecet, savanyú	gyenge

Csipkebogyó keksz

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,445	2-pentanon	vajas, savanykás	közepes
16,128	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	földes	gyenge
17,029	etil-triklór-acetát	sült, pörkölt	erős
20,144	dipropilén-glikol-monometil-éter	zöldborsó	gyenge
21,809	ismeretlen	virágos	közepes
22,393	2,3-butándiol	virágos	gyenge
22,824	ismeretlen	sült, kenyér	közepes

Csipkebogyó csokoládé

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,638	3-metil-butanal (izovaleraldeid)	vajas	gyenge
11,809	hexanal	zöld, alma	gyenge
19,232	ecetsav	savanyú, ecet	közepes
23,546	butánsav	édes, tejszín	gyenge
24,513	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	nyers, zöld	gyenge
24,876	trietyl-foszfát	húsleves	gyenge

8. Melléklet Az acerola por és termékeinek aromakomponensei

RI	Név	Terület%		
		por	keksz	csoki
	Terpének	0,23	1,53	
1170	<i>limonén</i>		1,53	
1780	α -kurkumén	0,23		
	Kénvegyületek	0,36		0,82
959	dimetil-szulfid	0,36		
1937	<i>dimetil-szulfon</i>			0,82
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek	0,08		0,22
1478	<i>tetrametil-pirazin</i>			0,22
1994	2-acetilpirrol	0,08		
	Oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek	18,97	6,85	2,23
1016	2,4,5-trimetil-1,3-dioxolán	0,59		

1123	2-pentadecil-1,3-dioxepán	0,96		
1166	2-heptil-1,3-dioxepán	1,81		
1176	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	0,31		
1191	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	0,08		
1220	4,5-dimetil-2-pentadecil-1,3-dioxolán	0,15		
1230	dihidro-2-metil-3(2H) -furanon	0,19		
1274	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	0,61		
1325	2-pentadecil-1,3-dioxepán	0,41		
1451	furfurol	4,63	4,81	0,89
1501	acetil-furán	2,72	0,23	
1584	5-metil-furfurol	0,29		
1655	2-furánmetanol	4,20	1,81	1,34
1793	cisz-2-butén epoxid	0,23		
2015	2H-pirán-2,6(3H)-dion	1,15		
2054	(R)-dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil-2(3H)-furanon (pantolakton)	0,13		
2268	3,5-dihidroxi-6-metil-2,3-dihidro-4H-pirán-4-on	0,51		
	Benzolgyűrűs vegyületek	0,13	1,13	
1059	toluol		1,13	
1928	feniletil-alkohol	0,13		
	Alkoholok	53,88	24,67	61,49
994	etil-alkohol	5,76	8,85	9,58
1001	izopropil-alkohol			3,63
1108	1-butanol	0,11		0,43
1118	5-metil-5-nonanol	0,70		
1205	3-izopentenil-alkohol	0,40		
1210	1-pentanol			0,71
1309	1-hexanol	0,18		
1347	(Z)-3-hexén-1-ol	0,19		
1520	1-(2-metoxipropoxi)-2-propanol		1,60	
1528	2,3-butándiol	19,20	6,69	21,46
1568	2,3-butándiol	21,41	7,53	25,68
1611	2,6-dimetilciklohexanol	0,59		
2184	tetraetilén-glikol	5,34		
	Aldehyde	0,80	0,83	7,31
1028	pentanal		0,38	1,94
1073	hexanal	0,48	0,45	4,49
1170	heptanal			0,35
1368	nonanal	0,32		0,53
	Ketonok	2,55	7,09	1,22
969	aceton	0,33		
1160	2-heptanon			0,62
1255	3-hidroxi-2-butanon (acetoin)	1,75	1,16	
1283	1-hidroxi-2-propanon (acetol)		5,93	
1286	1-metoxi-2-propanon			0,60
1292	2,2,6-trimetil-ciklohexanon	0,17		

2107	2,2-dimetil-3-hexanon	0,30		
	Észterek	1,11	2,07	1,57
979	<i>izopropenil-acetát</i>		1,66	0,72
990	<i>etil-acetát</i>			0,51
1061	butil-acetát	0,12		
1278	tejsav metil-észter	0,86		
1324	etil-trikloro-acetát		0,41	
1684	<i>trietil-foszfát</i>			0,34
1738	pentánsav butil-észter	0,13		
	Éterek		1,06	0,30
1114	<i>propilén-glikol-monometil-éter</i>			0,30
1474	<i>dipropilén-glikol-monometil-éter</i>		1,06	
	Savak	13,21	0,58	22,68
1415	<i>ecetsav</i>	12,90	0,58	18,59
1619	<i>butánsav</i>	0,11		2,05
1668	<i>3-metil-butánsav (izovaleriánsav)</i>			0,42
1741	<i>pentánsav</i>			0,42
1847	<i>hexánsav</i>	0,20		1,20
	Szénhidrogének	0,63	54,19	0,26
954	<i>hexán</i>		54,19	0,26
1040	5-etil-2-metil-oktán	0,45		
1210	2,6,11-trimetil-dodekán	0,18		
	Ismeretlen vegyületek	8,05		1,90

a kontrol kekszben/csokiban is megtalálhatók

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (mindhárom termékben azonosítható vegyületek)

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (a porban és az egyik termékben megtalálhatók)

9. Melléklet Az acerola por és termékeinek illataktív vegyületei

Az acerola por aromaaktív vegyületei

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
9,323	dimetil-szulfid	savanyú	gyenge
10,087	etil-alkohol	zöld, növényi	közepes
10,201	ismeretlen	zöld, növényi	közepes
10,553	2,4,5-trimetil-1,3-dioxolán	savanyú, friss	közepes
11,182	ismeretlen	földes	közepes
11,534	butil-acetát	bogyós gyümölcs	gyenge
11,786	hexanal	alma	gyenge
11,957	ismeretlen	ismeretlen	gyenge
13,993	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	kámfor	gyenge
14,319	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	gyümölcsös	gyenge
15,709	3-hidroxi-2-butanon (acetoin)	gyümölcsös, citrus	gyenge
16,119	2-ciklohexil-4,5-dimetil-1,3-dioxolán	földes, gomba	erős
16,197	tejsav	földes, gomba	erős
17,674	(Z)- 3-hexén-1-ol	nyers, zöld, növényi, friss	közepes

18,142	nonanal	uborka	közepes
19,136	ecetsav	savanyú	közepes
19,928	furfurol	nyers, zöld, erjedt	erős
21,575	2,3-butándiol	ismeretlen	gyenge
24,481	ismeretlen	zöld, gyümölcsös	közepes
24,606	ismeretlen	zöld, gyümölcsös	közepes
25,967	ismeretlen	sült, édes	gyenge
26,087	pentánsav	savanyú	erős
32,059	2H-pirán-2,6(3H) -dion	sült	gyenge
32,890	dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil- 2(3H) -furanon (pantolakton)	pékség, sült pörkölt	közepes

Az acerola keksz aromaaktív vegyületei

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
9,571	izopropenil-acetát	zöld	gyenge
10,096	etil-alkohol	zöld	gyenge
10,633	pentanal	savanykás, zöld	közepes
16,148	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	gomba, földes	gyenge
17,053	etil-triklór-acetát	sült	közepes
20,293	dipropilén-glikol-monometil-éter	sajt, savanykás	közepes

Az acerola csokoládé aromaaktív vegyületei

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,080	etil-alkohol	zöld	gyenge
10,611	pentanal	édes, vajas	gyenge
11,794	hexanal	zöld	gyenge
16,234	1-metoxi-2-propanon	földes, gomba	közepes
23,520	butánsav	savanyú	gyenge
24,836	trietyl-foszfát	húsleves	gyenge

10. Melléklet A homoktövis por és termékeinek aromakomponensei

RI	Név	Terület%		
		por	keksz	csoki
	Terpének	0,20	1,00	
1173	<i>D-limonén</i>		1,00	
1780	<i>α-kurkumén</i>	0,20		
	Kénvegyületek			1,30
1936	<i>dimetil szulfon</i>			1,30
	N-tartalmú heterociklusos vegyületek			0,32
1479	<i>tetrametil-pirazin</i>			0,32
	Oxigéntartalmú heterociklusos vegyületek	3,66	0,48	1,45
1457	furfurol	0,44		
1655	<i>γ-butirolakton</i>	2,57	0,48	1,45
1852	tetrahydro-2H-pirán-2-on (δ-valerolakton)	0,25		

2055	(R)-dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil-2(3H)-furanon (pantolakton)	0,40		
	Benzolgyűrűs vegyületek	1,61	1,72	0,54
1049	<i>toluol</i>	0,93	0,94	
1929	feniletil-alkohol	0,44	0,78	0,54
1934	izoamil-benzoát	0,24		
	Alkoholok	31,10	28,35	42,76
994	<i>etil-alkohol</i>	6,69	24,12	11,48
1000	izopropil-alkohol			5,53
1119	1-pentén-3-ol	0,75		
1203	<i>1-pentanol</i>	0,21		0,87
1519	<i>1-(2-metoxipropoxi)-2-propanol</i>		1,11	
1526	<i>2,3-butándiol</i>	5,17	0,48	5,77
1544	2-oktanol			0,41
1567	<i>2,3-butándiol</i>	17,36	2,64	18,07
1586	4-metil-2-heptanol	0,69		
1590	propilén-glikol			0,63
1611	2,6-dimetilciklohexanol	0,23		
	Aldehidek	19,22	3,26	13,37
1026	3-metil-butanal (izovaleraldehid)			0,95
1072	<i>hexanal</i>	6,72	1,96	9,84
1153	<i>heptanal</i>	6,77		0,95
1368	<i>nonanal</i>	5,73	1,30	1,63
	Ketonok	5,74	5,87	3,77
969	aceton	0,55		
1161	<i>2-heptanon</i>			1,70
1256	<i>3-hidroxi-2-butanon (acetoin)</i>	2,66	1,59	2,07
1277	<i>1-hidroxi-2-propanon (acetol)</i>	0,33	4,28	
1304	6-metil-5-heptén-2-on	2,20		
	Észterek	0,78	1,02	2,32
978	izopropenil-acetát			1,28
982	etil-acetát	0,37	0,77	0,79
1324	etil-triklór-acetát		0,25	
1436	izopentil-hexanoát	0,25		
1683	<i>trietyl-foszfát</i>			0,25
1870	etil-cisz-4-decenoát	0,16		
	Éterek		3,18	0,78
1113	propilén-glikol-monometil-éter			0,78
1157	<i>etilén-glikol-monometil-éter</i>		1,15	
1465	<i>dipropilén-glikol-monometil-éter</i>		1,38	
1811	<i>dietylén-glikol-butyl-éter</i>		0,65	
	Savak	28,96	1,65	32,02
1414	<i>ecetsav</i>	21,44	1,65	21,48
1519	<i>propánsav</i>	0,56		0,68
1550	2-metil propánsav	1,52		0,86
1619	<i>butánsav</i>	0,25		3,65

1662	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	4,05		2,27
1737	pentánsav	0,16		0,49
1848	hexánsav	0,55		2,08
1954	heptánsav	0,23		
2057	oktánsav			0,51
2155	nonánsav	0,20		
	Szénhidrogének	7,44	51,91	0,59
945	hexán	6,51	51,91	0,59
1009	2,2,4,6,6-pentametil-heptán	0,58		
1021	nonán	0,23		
1059	2-metil-oktán	0,12		
	Ismeretlen vegyületek	1,29	1,56	0,78

a kontrol kekszben/csokiban is megtalálhatók

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (mindhárom termékben azonosítható vegyületek)

gyümölcs-eredetűek lehetnek a termékekben (a porban és az egyik termékben megtalálhatók)

11. Melléklet A homoktövis por és termékeinek vegyületei

Homoktövis por

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,095	etil-alkohol	édes	gyenge
10,564	ismeretlen	édes, növényi	közepes
10,663	nonán	édes, savanyú	közepes
11,265	toluol	alma	gyenge
11,494	2-metil-oktán	alma	gyenge
11,762	hexanal	alma, zöld	közepes
13,513	heptanal	gyümölcsös	gyenge
14,575	1-pentanol	édes	gyenge
16,171	1-hidroxi-2-propanon (acetol)	földes, gomba	közepes
18,130	nonanal	gyümölcsös	gyenge
19,124	ecetsav	savanyú, ecet	erős
19,602	izopentil-hexanoát	savanyú	gyenge
21,770	ismeretlen	sült, égett	közepes
23,533	butánsav	ismeretlen	gyenge
24,463	3-metil-butánsav (izovaleriánsav)	kellemetlen, savanyú, erjedt	erős
26,078	pentánsav	édes, süti, nyers	gyenge
28,466	hexánsav	bogyós gyümölcs	közepes
30,210	feniletill-alkohol	virágos	közepes
30,320	izoamil-benzoát	virágos, tejszínes	közepes
32,927	(R)-dihidro-3-hidroxi-4,4-dimetil-2(3H)-furanon (pantolakton)	édes, sült	közepes

Homoktövis keksz

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
9,037	hexán	édes	gyenge
9,557	ismeretlen	savanykás, zöld	gyenge
11,800	hexanal	alma	gyenge
17,039	etil-triklór-acetát	sült	közepes
20,092	dipropilén-glikol-monometil-éter	savanykás, zöld	gyenge

Homoktövis csokoládé

tR (min)	Név	Illatjelleg	Illaterősség
10,074	etil-alkohol	savanyú, zöld	gyenge
10,597	3-metil-butanal (izovaleraldehid)	savanyú, vaj	gyenge
11,777	hexanol	zöld, alma	gyenge
23,505	butánsav	vaj	gyenge
26,053	pentánsav	gyümölcsös (kajszi)	gyenge
30,190	feniletil-alkohol	ismeretlen	gyenge

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

6.13. sz. függelék: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

NYILATKOZAT

a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ nyilvános hozzáféréséről és
eredetiségéről

A hallgató neve: RÉGELY BOGLÁRKA
A Hallgató Neptun kódja: B5VAVK
A dolgozat címe: GYÜMÖLCSPOROK ÉS FELHASZNÁLÁSUKKAL
A megjelenés éve: 2024 KÉSZÜLT TERMÉKEK ILLEKONY
VEGYÜLETEINEK FELTÉRKÉPEZÉSE
A konzulens intézetének neve: ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS TECHOLÓGIAI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: TÁP-ÉLELMISZERTUDOMÁNYI TANSZÉK

Kijelentem, hogy az általam benyújtott
záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi
alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen
megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a
záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

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

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

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

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

Kelt: 2024 év 04 hó 28 nap

Régely Boglárka
Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törölendő.

NYILATKOZAT

Régely Boglárka (B5VAVK) 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 védelemre **javaslom**.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2024. április 26.



belső konzulens