



MAGYAR AGRÁR- ÉS
ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

MAGYAR AGRÁR- ÉS ÉLETTUDOMÁNYI EGYETEM

**ROVAROKKAL KOMPLETTÁLT ÉLELMISZEREK ÉRZÉKSZERVI,
TÁPLÁLKOZÁSTUDOMÁNYI, VALAMINT EGYES TECHNOFUNKCIÓS
TULAJDONSÁGAINAK VIZSGÁLATA**

LOVASNÉ BÍRÓ BARBARA

BUDAPEST

2024.

A doktori iskola

megnevezése: Élelmiszertudományi Doktori Iskola

tudományága: Élelmiszertudományok

vezetője: Simonné Dr. Sarkadi Livia

egyetemi tanár, DSc

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Táplálkozástudományi Tanszék, Élelmiszerminőségi, -biztonsági és
Táplálkozástudományi Központ, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet

Témavezetők: Dr. habil. Gere Attila

egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési
Tanszék, Élelmiszertechnológiai Központ, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet

Pásztorné dr. Huszár Klára

egyetemi docens, PhD

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Állattermék és Élelmiszertartósítási Technológia Tanszék,
Élelmiszertechnológiai Központ, Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezetők jóváhagyása

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	1
2. Célkitűzések	3
3. Irodalmi áttekintés.....	4
3.1 Az <i>entomofágia</i> fogalma, a rovarfogyasztás történelme és helyzete napjainkban	4
3.2 A főbb ehető rovarok és csáprágósok általános rendszertani besorolása	5
3.3 Az ehető rovarok jellemzése táplálkozástudományi szempontból	7
3.4 Az ehető rovarokkal kapcsolatos ételminőség- és takarmánybiztonsági kérdések.....	10
3.5 Az ehető rovarok szerepe az ételminőségbiztonság és a fenntarthatóság területén	12
3.6 Az ehető rovarokra vonatkozó ételminőségjogi szabályozások az Európai Unióban	15
3.7 Az ehető rovarok fogyasztói elfogadottsága.....	17
3.8 Az ehető rovarok felhasználásának lehetőségei az ételminőségipari termékfejlesztésben.....	19
4. Anyag és módszer	22
4.1 A felhasznált anyagok.....	22
4.1.1 Rovarőrlemények.....	22
4.1.2 Rovarőrlemény-búzáliszt keverékek	23
4.1.3 <i>Acheta domesticus</i> őrleménnyel dúsított zabkekszek.....	23
4.1.4 <i>Bombyx mori</i> őrleménnyel dúsított, hajdinaliszt alapú száraztészták.....	25
4.2 Az alkalmazott vizsgálati módszerek.....	27
4.2.1 A vizsgált rovarőrlemények makroösszetétele.....	27
4.2.2 A vizsgált rovarőrlemények NIR spektrumainak rögzítése.....	27
4.2.3 A fejlesztett keksz termékek egyes technofunkciós és fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálata.....	28
4.2.3.1 Színmérés, színkülönbség vizsgálata.....	28
4.2.3.2 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása.....	28
4.2.3.3 Műszeres állományvizsgálat – Keménység	29
4.2.4 A fejlesztett tészta termékek egyes technofunkciós és minőséget jellemző tulajdonságainak vizsgálata.....	29
4.2.4.1 Színmérés, színkülönbség vizsgálata.....	29

4.2.4.2 Nedvességtartalom meghatározása.....	29
4.2.4.3 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása.....	29
4.2.4.4 A főzési idő meghatározása.....	30
4.2.4.5 A vízfelvétel (duzzadókéesség) meghatározása.....	30
4.2.4.6 A szétfőtt darabok arányának meghatározása.....	30
4.2.5 A vizsgált rovarőrlemények és a fejlesztett termékek érzékszervi minősítése.....	31
4.2.5.1 Az érzékszervi minősítés módszereinek csoportosítása.....	31
4.2.5.2 A rovarőrlemények kvantitatív leíró érzékszervi profilanalízise.....	31
4.2.5.3 A rovarőrleménnyel dúsított termékek fogyasztói érzékszervi minősítése.....	34
4.2.6. Adatelemzés- és értékelés.....	39
5. Eredmények és értékelésük.....	41
5.1. A vizsgált rovarőrlemények.....	41
5.1.1. A vizsgált rovarőrlemények makroösszetétele.....	41
5.1.2 A vizsgált rovarőrlemények osztályozása a spektrális adatok alapján.....	46
5.1.3 A vizsgált rovarőrlemények érzékszervi profiljai.....	51
5.1.4 A rovarőrlemények vizsgálati eredményeinek összehasonlítása többszörös faktoranalízissel.....	59
5.2 A vizsgált őrlemények búzaliszttel alkotott keverékeinek vizsgálata.....	61
5.2.1 A különböző fajokból készült őrlemények hatása a keverékekre.....	62
5.2.2 A keverékek osztályozására használt módszerekkel kapott eredmények.....	63
5.3 A fejlesztett <i>Acheta domesticus</i> őrléménnyel dúsított keksz termékek vizsgálatának eredményei.....	67
5.3.1 Energia- és makrotápanyag-tartalom.....	67
5.3.2 Színmérés, színkülönbség vizsgálata.....	70
5.3.3 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása.....	72
5.3.4 Műszeres állományvizsgálat – Keménység.....	72
5.3.5 Fogyasztói érzékszervi minősítés – Kedveltségi vizsgálat és Check-All-That-Apply (CATA) analízis.....	75
5.3.5.1 Kedveltségi vizsgálat.....	75

5.3.5.2 Check-All-That-Apply (CATA) analízis	79
5.4 A fejlesztett <i>Bombyx mori</i> őrléménnyel dúsított, hajdinaliszt alapú száraztészta termékek vizsgálatának eredményei	87
5.4.1 Energia- és makrotápanyag-tartalom.....	87
5.4.2 Színmérés, színkülönbség vizsgálata.....	89
5.4.3 Nedvességtartalom meghatározása.....	90
5.4.4 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása.....	91
5.4.5 A főzési idő meghatározása.....	92
5.4.6 A vízfelvétel (duzzadóképeség) meghatározása	93
5.4.7 A szétfőtt darabok arányának meghatározása	94
5.4.8 Fogyasztói érzékszervi minősítés – Kedveltségi vizsgálat és Penalty analízis	95
5.4.8.1 Kedveltségi vizsgálat	95
5.4.8.2 Penalty analízis	98
6. Következtetések és javaslatok.....	110
7. Új tudományos eredmények.....	112
8. Összefoglalás.....	114
Summary	117
Mellékletek.....	120
M1. melléklet: Irodalomjegyzék.....	120
M2. melléklet: A rovarok rendszertanának bemutatása.....	144
M3. melléklet: A legígéretesebbnek ítélt ehető rovarokat csoportosító rendek általános morfológiája és életmódja.....	145
M3.1 Coleoptera – Bogáralakúak rendje.....	145
M3.2 Lepidoptera – Lepkék rendje	146
M3.3 Hymenoptera – Hártyásszárnyúak rendje	148
M3.4 Orthoptera – Egyenesszárnyúak rendje	149
M4. melléklet: Az Európai Unióban engedélyezett ehető rovarfajokból készült termékek élelmiszerekben való felhasználásának feltételei.....	151
M5. melléklet: A felhasznált őrlémények csomagolásai	156

M6. melléklet: Az érzékszervi bírálati módszerek csoportosítása.....	157
M7. melléklet: Az ehető rovarokat tartalmazó termékek bírálói számára készített tájékoztató	159
M8. melléklet: Az alkalmazott adatelemző és -értékelő módszerek részletes bemutatása.....	160
M8.1 Varianciaanalízis (Analysis of Variance, ANOVA).....	160
M8.2 Kruskal-Wallis teszt.....	160
M8.3 Főkomponens elemzés (Principal Component Analysis, PCA).....	160
M8.4 NIR spektrumok adatelőkezelése – Sornormalizálás (Standard Normal Variate, SNV) és spektrumderiválás	161
M8.5 Hierarchikus klaszterelemzés (Hierarchical Cluster Analysis, HCA).....	161
M8.6 Többszörös faktoranalízis (Multiple Factor Analysis, MFA).....	161
M8.7 Lineáris diszkriminancia-analízis (Linear Discriminant Analysis, LDA).....	162
M8.8 Parciális legkisebb négyzetek regresszió (Partial Least Squares Regression, PLSR)..	162
M8.9 Korrelációelemzés – Pearson-féle korrelációelemzés	163
M8.10 Cochran-féle Q teszt (Cochran’s Q test).....	163
M8.11 Korrespondencia analízis (Correspondence Analysis, CA).....	163
M8.12 Főkoordináta elemzés (Principal Coordinate Analysis, PCoA)	164
M8.13 Egymintás <i>t</i> -próba.....	164
M9. melléklet: A vizsgált rovarőrlemények mintánkénti érzékszervi profil-diagramjai	165
M10. melléklet: A vizsgált rovarőrlemények érzékszervi profilanalízisének eredményei.....	169
M11. melléklet: A rovarőrlemény-búzaliszt keverékminták második derivált spektrumai rovarőrlemények szerinti mintacsoportonként	172
M12. melléklet: Az <i>Acheta domesticus</i> őrleménnyel dúsított keksz termékek vizsgálati eredményeinek korrelációs mátrixa.....	176
M13. melléklet: Az <i>Acheta domesticus</i> őrleménnyel dúsított keksz termékek fogyasztói érezékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőív kifejezéseinek és a kedveltségi vizsgálat összkeveltség-adatainak főkomponens analízise (PCA) mintánként	177
M14. melléklet: Az <i>Acheta domesticus</i> őrleménnyel dúsított keksz termékek CATA analízise során elvégzett mean impact elemzésének számszerű eredményei.....	179
M15. melléklet: A <i>Bombyx mori</i> őrleménnyel dúsított száraztészta termékek mérési eredményeinek korrelációs mátrixa.....	180

M16. melléklet: A <i>Bombyx mori</i> őrléménnyel dúsított száraztészta termékek 9 tagú optimumskálával felvett értékelése a bírálók arányával	181
M17. melléklet: A <i>Bombyx mori</i> őrléménnyel dúsított száraztészta termékek Penalty analízise során elvégzett mean drop analízis számszerű eredményei	182
Köszönetnyilvánítás	185

JELÖLÉSEK, RÖVIDÍTÉSEK JEGYZÉKE

A minták megnevezései

AD: *Acheta domesticus* – Házi tücsök

BP: *Brachytrupes portentosus* – Óriás tücsök

GA: *Gryllus assimilis* – Jamaicai mezei tücsök

GB: *Gryllus bimaculatus* – Kétfoltú tücsök

LM: *Locusta migratoria* – Keleti vándorsáska

TM: *Tenebrio molitor* – Közöséges lisztbogár

BM: *Bombyx mori* - Selyemlepke

CP0: 0 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

CP5: 5 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

CP10: 10 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

CP15: 15 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

SW0: 0 g/100 g *Bombyx mori* őrleményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

SW5: 5 g/100 g *Bombyx mori* őrleményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

SW10: 10 g/100 g *Bombyx mori* őrleményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

AD5-50: 5%-50% *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

TM5-50: 5%-50% *Tenebrio molitor* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

LM5-50: 5%-50% *Locusta migratoria* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

GA5-50: 5%-50% *Gryllus assimilis* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

GB5-50: 5%-50% *Gryllus bimaculatus* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

BP5-50: 5%-50% *Brachytrupes portentosus* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

BM5-50: 5%-50% *Bombyx mori* őrleményt tartalmazó rovarőrlemény-búzaliszt – keverék

Módszertani megnevezések és kifejezések rövidítései

ANOVA: *Analysis Of Variance* – Varianciaanalízis

BV: *Biological Value* – biológiai érték

CA: *Correspondence Analysis* – Korrespondencia analízis

CATA: *Check-All-That-Apply* módszer

DIAAS: *Digestible Indispensable Amino Acid Score* – emészthető nélkülözhetetlen (esszenciális) aminosav pontszám

FD: *First Derivate* – Első derivált

FT-NIRS: *Fourier Transform Near-Infrared Spectroscopy* – Fourier-transzformációs közeli infravörös spektroszkópia

HCA: *Hierarchical Cluster Analysis* – Hierarchikus klaszterelemzés

JAR: *Just-About-Right* – Pont jó

k_p érték: nitrogén-fehérje konverziós faktor

LDA: *Linear Discriminant Analysis* – Lineáris diszkriminancia-analízis

MFA: *Multiple Factor Analysis* – Többszörös faktoranalízis

NIR: *Near Infrared* – közeli infravörös

NFE: *Nitrogen-Free Extract* – nitrogénmentes extrakt-tartalom

OAL: *Overall Liking* – Összkedveltség

PCA: *Principal Component Analysis* – Főkomponens analízis

PCoA: *Principal Coordinate Analysis* – Főkoordináta analízis

PDCAAS: *Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* – fehérje-emészthetőséggel korrigált aminosav pontszám

PER: *Protein Efficiency Ratio* – fehérje-hatékonysági arány

PLSR: *Partial Least Squares Regression* – Parciális legkisebb négyzetek regresszió

Q^2 : *goodness of validation using cross validation* – A keresztellenőrzésre vonatkozó determinációs együttható

R^2 : *coefficient of determination* – Determinációs együttható

RMSECV: *Root Mean Square Error of Cross Validation* – A keresztellenőrzés átlagos négyzetes hibaértéke

RMSEE: *Root Mean Square Error of Estimation* – Átlagos négyzetes hiba a becslés esetén

RPD: *Ratio Performance Deviation* – Arányos teljesítményeltérés

SNV: *Standard Normal Variate* – Vektornormalizálás

ΔE : A látható színkülönbség számszerűsített értéke

1. BEVEZETÉS

„Az életben semmi félelmetes nincsen. Csak meg kell próbálnunk megérteni. Ha többet értenénk belőle, máris nem lenne annyi félnivalónk.”

Marie Curie

Bolygónk népessége rohamos ütemben nő, az előrejelzések alapján 2050-re a népesség eléri a 9 milliárd főt, mely növekedés megkétszerezi az élelmiszer-, leginkább a jó minőségű fehérjeszükségletet. Ezzel párhuzamosan a mezőgazdasági művelésre, valamint állattenyésztésre alkalmas területek számának és méretének csökkenése, az óceánok túlhalászása, a környezetszennyezés, valamint az éghajlatváltozás és az ezzel összefüggő vízhiány következtében veszélybe kerülhet az élelmiszertermelés, így az élelmezésbiztonság, a jó minőségű élelmiszerek és tápanyagok biztosítása a populáció számára (VAN HUIS et al. 2013).

Ezek a globális befolyásoló tényezők, a túlfogyasztás, ebből fakadóan erőforrásaink rohamos kimerülése rákényszerítik társadalmunkat, hogy megújuló erőforrásokat aknázzunk ki, új, modern technológiákat használjunk, valamint új táplálékforrásokat keressünk a fenntarthatóság érdekében. Az utóbbi években bekövetkező válsághelyzetek, mint pl. a COVID-19 okozta járvány rávilágít, hogy a globális ellátási lánc, valamint a stabil gazdasági helyzet fenntartása érdekében a problémák megoldása még égetőbb, mint ahogyan azt a század elején gondoltuk.

Ezek következtében kerültek a kutatók figyelmének központjába az alternatív fehérjék, melyek forrásai lehetnek pl. növények (*cereáliák* és *pszeudocereáliák*, hüvelyesek, olajos magvak), algák, gombák, baktériumok, valamint rovarok. E fehérjeforrások a pozitív megítélést számos előnyös tulajdonságuknak köszönhetik, mint pl. a hagyományos fehérjeforrásoknál alacsonyabb környezetterhelés, valamint az egészségre gyakorolt kedvező hatások (OTERO et al. 2022).

Az alternatív fehérjék között egyre nagyobb jelentőséget tulajdonítanak az ehető rovaroknak, melyet alátámaszt, hogy az utóbbi évtizedben számos publikáció jelent meg a rovarok emberi táplálkozásban, valamint takarmányként betöltött jelenlegi, és jövőbeli szerepének vizsgálatával kapcsolatban.

Az entomofágia kifejezés görög eredetű, az *entomon* és a *phagein*, azaz a „rovar” és „enni” szavak összevonásával jött létre. A jelenség nem újkeletű, történelmi forrásaink alapján az őskortól kezdve jellemző, és ma is részét képezi több mint 100 ország gasztronómiájának, mint pl. Japán, Mexikó vagy Nigéria. Az ehetőként kategorizált fajok száma több mint 2000, melyek közé pl. bogarak, hangyák, darazsak és hernyók is tartoznak, szinte minden fejlődési stádiumukban (JONGEMA 2017). Annak ellenére, hogy napjainkban kb. 2 milliárd ember táplálkozásának képezik szerves részét, a klasszikus értelemben vett nyugati kultúra lakossága számára a rovarok

eddig nem jelentettek ételkészítés-alternatívát, holott táplálkozásélettani szempontból igen kedvezőek, valamint tenyésztésük terület-, takarmány- és vízigénye, környezetterhelése kisebb, mint más tenyésztett állatoké. Kis méretük miatt a rovarok alkalmasak az ún. *indoor* és *urban farming*-ra, valamint a vertikális tenyésztésre, takarmányozásukra mezőgazdasági, ételkészítési, vagy háztartási konyhai hulladék is alkalmas lehet (GAHUKAR 2016). Számos előnyük ellenére a nyugati országok fogyasztói inkább elutasítják a rovarokat és a rovaralapú ételkészítést, mivel az ilyen típusú ételkészítések ismeretlenek számukra, és általában undort váltanak ki (GERE et al. 2018).

Az entomofágiával 2018-ban ismerkedtem meg közelebbről, és szinte azonnal felkeltette az érdeklődésem, hiszen a téma egy új, innovatív szemléletet képvisel az ételkészítés- és táplálkozástudomány területén. Doktori munkám során arra kerestem a választ, milyen tulajdonságokkal rendelkeznek az ehető rovarok és az azokból előállított sütőipari és szárított termékek, milyen módon alkalmazhatók a rovarok új, egészséges és fenntartható ételkészítések fejlesztése során, valamint mely faktorok befolyásolják a rovarokat tartalmazó ételkészítések fogyasztói elfogadását, és ez milyen módszerekkel növelhető.

2. CÉLKITŰZÉSEK

Doktori munkám fő célkitűzése az ehető rovarokat tartalmazó élelmiszerek fogyasztói elfogadását befolyásoló faktorok, és az elfogadás fejlesztésére alkalmas tényezők feltárása, valamint ezek élelmiszeripari termékfejlesztés során való alkalmazási lehetőségeinek feltérképezése. Kutatómunkám céljának eléréséhez több ehető rovarfaj őrleményeit vizsgálatát és összehasonlítását végeztem el érzékszervi, technofunkciós és táplálkozástudományi szempontból. Az összehasonlításhoz célul tűztem ki a vizsgált őrlemények összetételének és érzékszervi tulajdonságainak feltérképezését, valamint az őrleményekkel fejlesztett, akár speciális táplálkozási igények kielégítésére is alkalmas élelmiszerek kedveltségének meghatározását korszerű, a hagyományos kedveltségi vizsgálatoknál informatívabb eredményeket szolgáltató módszerek segítségével. Céлом volt továbbá a rovarőrlemények, mint összetevők hatásának vizsgálata a fejlesztett termékek technofunkciós tulajdonságaira, tápanyagösszetételére és érzékszervi jellemzőire. Részletes kutatási célkitűzéseimet a vizsgált termékek alapján csoportosítottam.

Őrlemények:

- a rovarőrlemények makroösszetételének (szárazanyagtartalom, nedvességtartalom, hamutartalom, fehérjetartalom, zsírtartalom, rosttartalom, nitrogénmentes extrakt-tartalom) meghatározása,
- a rovarőrlemények jellemzése és osztályozása FT-NIR spektroszkópia segítségével,
- a rovarőrlemények leíró érzékszervi minősítését elvégző bírálók (panel) kiképzése,
- a rovarőrlemények érzékszervi tulajdonság-listájának létrehozása a képzett panel segítségével,
- a rovarőrlemények érzékszervi profiljainak kialakítása.

Rovarőrleményekkel dúsított élelmiszerek:

- a rovarőrlemények búzaliszttel alkotott keverékeinek vizsgálata FT-NIR spektroszkópia segítségével,
- rovarőrleményekkel dúsított sütőipari termék fejlesztése és egyes technofunkciós tulajdonságainak és minőséget jellemző paramétereinek vizsgálata,
- rovarőrleményekkel dúsított száraztésztá termék kemo-és szenzometriai értékelése,
- rovarőrleményekkel dúsított sütő- és tésztaipari termékek fogyasztói érzékszervi vizsgálata, a termékek kedveltségét befolyásoló tényezők és terméktulajdonságok meghatározása.

3. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

3.1 Az entomofágia fogalma, a rovarfogyasztás történelme és helyzete napjainkban

Az entomofágia a görög *έντομον* (éntomon) azaz „rovar” és *φάγειν* (phagein), azaz „enni” szavak összevonásából kialakult kifejezés, mely a rovarok táplálékként való felhasználására, különösképpen az emberi rovarevésre utal (EVANS et al. 2015).

A rovarok táplálékként való felhasználása az emberi faj esetében nem számít újdonságnak: történelmi bizonyítékok alapján az amerikai indiánok már i. e. 7000 körül is fogyasztottak rovarokat, mely nem meglepő, hiszen a főemlősök (*Primates*) rendjébe tartozó fajok szinte mindegyikének étrendjében szerepelnek (LIU ÉS ZHAO 2018). Egyes kutatások alapján az entomofágia még az emberi evolúcióban is szerepet játszhat, mivel a dél-afrikai Swartkrans barlangban olyan 1,7 millió éves csonteszközök láttak napvilágot, melyeket minden bizonnyal termeszek kitermelésére fejlesztettek ki őseink, amelyek tápanyagforrásként szolgálhattak a nagy agytérfogattal rendelkező *hominidák* (emberfélék) számára (LESNIK 2011).

Az egyik legrégebbi írásos beszámoló a rovarfogyasztásról az Ószövetségben, Mózes III. könyvének 11. fejezetében található. A 20-23. vers említi azokat a rovarokat, melyeket elfogyaszthatnak Izráel fiai:

„...Minden szárnyas féreg, amely négy lábon jár, útálatos néktek. Csak azt ehetitek meg a négylábú szárnyas férgek közül, amelynek lábain felül szökő-szárai vannak, hogy szökdecselhessen azokkal a földön. Ezeket egyétek meg azok közül: az arbé-sáskát az ő nemével, a szolám-sáskát az ő nemével, a khargol-sáskát az ő nemével és a khagab-sáskát az ő nemével. Minden egyéb négylábú szárnyas féreg pedig útálatos legyen néktek.” (3Móz, 11,20-23; Károli Gáspár fordítása). I. e. a III. században, az ókori Görögországban Arisztotelész egyfajta csemegeként számol be a kabócákról, Hérodotosz pedig sáskákra vadászó barbár törzsekről ír, akik a napon szárított rovarokat összetörve, tejbe szórva fogyasztják. Az I. században a Római Birodalomban idősebb Plinius írásaiban találkozhatunk „vörösboron és liszten hizlalt” lárvákkal (EVANS et al. 2015).

Míg Észak-Afrikában nagyrészt a sáskákat használták élelmezési célra, a kutatások alapján Afrika középső és déli részén, Ázsiában, Ausztráliában és Latin-Amerikában a fajok száma a több százat is elérhette, azonban a pontos számok a tanulmányok hiányosságai miatt nem ismertek (DEFOLIART 1989).

Ázsia csendes-óceáni területein, pl. Kínában már 3200 évvel ezelőtt is fogyasztottak rovarokat, melyeket takarmányként is hasznosítottak. A selyemgyártás melléktermékeként keletkező selyemhernyóbabot széles körben fogyasztotta és fogyasztja a selyemipar településeinek közelében élő lakosság. Szintén Kína, valamint India területein a házi méh bábjának, valamint

egy hangyafajoknak a fogyasztásáról Ulisse Aldrovandi alkímista is beszámol az 1644-ben kiadott *De Animalibus Insectis Libri Septem* című művében (COSTA-NETO ÉS DUNKEL 2016).

Az I. világháború miatt bekövetkező válsághelyzet, és az élelmiszerárak növekedése következtében az Egyesült Államokban a *United States Bureau of Entomology* tagjai és a *United States Bureau of Biological Survey* munkatársai között célkeresztbe kerültek a rovarok, mint új, alacsonyabb árú élelmiszerek. Leland Ossian Howard munkatársaival különböző ehető rovarételeket készített és fogyasztott, és szorgalmazta a főiskolai és egyetemi kutatómunkák megkezdését az entomofágia területén (HOWARD 1916).

A rovarok az emberi civilizáció kultúrtörténetében is jelentős szerepet töltek és töltenek be. Szerves részét képezték és képezik a gyógyászatnak és az önfenntartásnak is, mitológiai és vallási szimbólumok, a gazdaság, a tudomány, a művészetek, de még a kozmetika területén is a mai napig hasznosítjuk őket. Dossey és munkatársai szerint azonban az európai és euro-amerikai kultúrában az 1800-as évek végétől kezdve a rovarok esetében a negatív aspektusok kerültek kihangsúlyozásra (pl. veszélyesség, kártevő jelleg), így élelmiszerként való hasznosításuk még inkább háttérbe szorult (COSTA-NETO ÉS DUNKEL 2016).

Napjainkban az entomofágia szerves részét képezi 140 ország gasztronómiájának, mint pl. Japán, Mexikó vagy Nigéria. Az ehetőként kategorizált fajok száma jelenleg 2111, de tényleges számuk és a fogyasztás mértéke egyelőre nem ismert (JONGEMA 2017).

A rovarfogyasztás leginkább Afrikában, Ázsiában és Latin-Amerikában jellemző, Kína, India és Mexikó a vezető országok. A legtöbb európai országban nagyon alacsony a rovarfogyasztási hajlandóság, számos országban nem elfogadott, sőt, szinte tabu, annak ellenére, hogy a kutatások alapján fogyasztásuk mind táplálkozásélettani, mind környezeti szempontból igen kedvező (JONGEMA 2017, KOUŘIMSKÁ ÉS ADÁMKOVÁ 2016).

3.2 A főbb ehető rovarok és csáprágósok általános rendszertani besorolása

Az ehető rovarok és valódi csáprágósok rendszertani szempontból a hatlábúak (*Hexapoda*) és a csáprágósok (*Chelicerata*) altörzseibe, az ízeltlábúak (*Arthropoda*) törzsébe, az állatok (*Animalia*) országába tartoznak. (M2. melléklet). Az *Arthropoda* a legnépesebb, a legtöbb fajt számláló rendszertani törzs, az ide tartozó fajok méret és felépítés alapján is igen nagy változatosságot mutatnak.

A *Hexapoda* altörzs legnépesebb osztálya az *Insecta*, azaz a rovarok osztálya, melynek alábbi rendjeiből kerül ki az ehető rovarok többsége:

- bogáralakúak (*Coleoptera*),
- lepkek (*Lepidoptera*),
- hártýásszárnyúak (*Hymenoptera*),
- egyenesszárnyúak (*Orthoptera*),
- félfedelesszárnyúak (*Hemiptera*),
- termeszek (*Isoptera*),
- szitakötők (*Odonata*),
- kétszárnyúak (*Diptera*),
- fogólábúak (*Mantodea*),
- kérészek (*Ephemeroptera*).

Fontos még megemlíteni a pókok (*Araneae*), a csótányok (*Blattaria*), a botsáskák (*Phasmida*), az álkérészek (*Plecoptera*), a tetvek (*Phthiraptera*) és a fürgetetvek (*Psocoptera*) rendjeit, melyek családjai szintén számos ehető fajt csoportosítanak (COSTA-NETO ÉS DUNKEL 2016).

Az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (*European Food Safety Authority*, EFSA) által 2015-ben az Európai Unióban legigéretesebbnek ítélt ehető rovarfajokat az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Az EFSA által 2015-ben Európai Unióban legigéretesebbnek ítélt ehető rovarfajok (ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM 2023, EFSA SCIENTIFIC COMMITTEE 2015 alapján).

Rend	Latin név	Magyar név
Diptera	<i>Musca domestica</i>	Házi légy
Diptera	<i>Hermetia illucens</i>	Fekete katonalégy
Coleoptera	<i>Tenebrio molitor</i>	Közönséges lisztbogár
Coleoptera	<i>Zophobas atratus</i>	Gyászbogár
Coleoptera	<i>Alphitobius diaperinus</i>	Alombogár
Lepidoptera	<i>Galleria mellonella</i>	Nagy viaszmolý
Lepidoptera	<i>Achroia grisella</i>	Kis viaszmolý
Lepidoptera	<i>Bombyx mori</i>	Selyemlepke
Orthoptera	<i>Acheta domesticus</i>	Házi tücsök
Orthoptera	<i>Grylloides sigillatus</i>	Trópusi házi tücsök
Orthoptera	<i>Locusta migratoria migratorioides</i>	Keleti vándorsáska
Orthoptera	<i>Schistocerca americana</i>	Amerikai madártücsök

Pippinato és munkatársainak 2020-ban publikált munkája alapján az Európai Unióban élelmiszer- és takarmányelőállítás céljából tenyésztett és értékesített négy fő rovarfaj a házi tücsök (*Acheta domesticus*), a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), az *Alphitobius diaperinus* és a keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*) (PIPPINATO et al. 2020).

A legigéretesebbnek ítélt ehető rovarokat csoportosító rendek általános morfológiáját és életmódját terjedelmi okokból az M3. melléklet tartalmazza.

3.3 Az ehető rovarok jellemzése táplálkozástudományi szempontból

Az ehető rovarok tápanyagösszetételének ismerete kulcsfontosságú az élelmiszerként és takarmányként történő felhasználásukhoz. Általánosságban elmondható, hogy az ehető rovarok fajtól függően életciklusuk szinte minden szakaszában fogyaszthatók, azonban energia-, makro- és mikrotápanyag-tartalmukat jelentősen befolyásolja a faj, a nem, a fejlődési stádium, a rovarok életmódja, életkörülményei és környezete, az alkalmazott takarmány minősége és összetétele, illetve a feldolgozás módja is (ZHOU et al. 2022, LIU et al. 2017, WILLIAMS et al. 2016).

Az ehető rovarok energiatartalma általánosságban véve igen változatos: egy 78 féle ehető rovar vizsgáló tanulmány eredményei alapján az energiatartalom 293-762 kcal/100 g között mozgott (RAMOS-ELORDUY et al. 1997). A lárvák és a bábok energiatartalma általában magasabb, mint a kifejlett egyedeké, amelynek oka az eltérő makrotápanyag-összetétel, általában a magasabb zsírtartalom. Ezekben a fejlődési stádiumokban a növekedés és az átalakulási folyamat miatt nagyobb az energiaigény, a lárvák ezért szinte folyamatosan táplálkoznak, a báb stádiumra pedig raktározhatnak. Mivel ebben a szakaszban az egyed általában nem táplálkozik, lipidraktárai szolgáltatják az energiát (MEYER-ROCHOW et al. 2021).

Az ehető rovarok fehérjetartalma a többi makrotápanyaghoz képest meglehetősen magasnak mondható, így jó fehérjeforrásnak számítanak: a legtöbb ehető faj szárazanyagtartalomra vonatkoztatott fehérjetartalma a szakirodalmi adatok alapján 35 és 60% közé esik, amely magasabb, mint a gabonafélék és a hüvelyesek fehérjetartalma, és hasonló, mint más állati eredetű termékeké és a szójáé. A leggyakrabban fogyasztott ehető rovarok közül a legmagasabb fehérjetartalommal az *Orthoptera* rend fajtái, a tücskök, szöcskék és a sáskák rendelkeznek, ezeket követik az *Odonata*, és a *Hymenoptera* rendek fajtái (ZHOU et al. 2022, LICEAGA, 2022). Fontos kiemelni azonban, hogy fehérjéik egy része kémiaiilag a rovarok külső vázában, az *exoskeletonban* kötődik, ez ronthatja a biohasznosulást. Ezen felül, az exoskeleton kitint tartalmaz, amely egy nitrogéntartamú poliszacharid, így a nitrogéntartalom-meghatározásán alapuló módszerekkel a fehérjetartalom potenciálisan túlbecsülhető (HAWKEY et al. 2021).

A fehérjék minősége több módszerrel és megközelítéssel értékelhető, ilyen pl. a fehérje-hatékonysági arány (*Protein Efficiency Ratio*, PER), a biológiai érték (*Biological Value*, BV), a fehérje-emészthetőséggel korrigált aminosav pontszám (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score*, PDCAAS), valamint a jelenleg ajánlott módszer, az emészthető nélkülözhetetlen (esszenciális) aminosav pontszám (*Digestible Indispensable Amino Acid Score*, DIAAS). A DIAAS a vékonybélben felszívott aminosavak mennyiségét és emészthetőségét határozza meg. Kiváló minőségű fehérjének számít az a fehérje, amely a szükséges esszenciális aminosav-igényt kielégíti abban az esetben, ha a fehérjeforrás beviteli mennyisége 0,66 g/testtömegkilogramm/nap.

Ez alapján az állati eredetű fehérjeforrások és a szójafehérje-izolátum DIAAS értékei meghaladják a 100%-ot, míg a növényi eredetű fehérjék általában 80% alatti értékkel rendelkeznek, mivel aminosav-profiljuk nem kielégítő, egyes esszenciális aminosavakat nem tartalmaznak megfelelő mennyiségben (CHURCHWARD-VENNE et al. 2017).

Egyes tanulmányok szerint számos ehető rovar fehérjéinek BV és PER értékei a kazeinénál is magasabbak, ilyen például a *Gryllus assimilis* tücsökfaj, a *Cirina forda* lepkefaj, a *Melanoplus fodeus* szöcskefaj, a *Rhynchophorus ferrugineus* bogárfaj, valamint a *Macrotermes bellicosus* termeszfaj (OJHA et al. 2021). Öt rovarfaj fehérjéinek sertésmodellben elvégzett, DIAAS meghatározás segítségével történő értékelése alapján az *Acheta domesticus* és *Grylloides sigillatus* fajok jó minőségű fehérjeforrásnak minősültek a 6 hónapos és 3 éves kor közötti kisgyermekek, az idősebb gyermekek, serdülők és felnőttek számára, míg az *Alphitobius diaperinus* lárvája idősebb gyermekek, serdülők és felnőttek számára ideális fehérjeforrás (MALLA et al. 2022). Izotópjelölés segítségével elvégzett randomizált, kettős vak, kontrollált klinikai vizsgálat során megállapították a kutatók, hogy *Alphitobius diaperinus* lárvából származó fehérjekészítmény elfogyasztását gyors fehérjeemésztés és aminosav-felszívódás követi, amely növeli az izomfehérje szintézisét mind nyugalomban, mind testedzés utáni regeneráció során (HERMANS et al. 2021). Fontos kiemelni, hogy a fehérjeminőség ilyen módszerekkel történő értékeléséhez ismerni kell a rovarok aminosavprofilját. A szakirodalmi adatok alapján az általános aminosav-tartalmat és -összetételt nehéz meghatározni, nem csupán összességében az ehető rovarok esetében, hanem fajspecifikusan is, mivel az eredmények mind a rovarfajokon belül, mind a rovarfajok között nagy változatosságot mutatnak. Ennek következtében a fehérjék minőségének értékelése során is nagy mértékű eltérések tapasztalhatók (VAN HUIS et al. 2021). Általánosságban azonban elmondható, hogy a *Coleoptera*, *Hymenoptera*, *Lepidoptera* és *Orthoptera* rendekbe tartozó rovarok ígéretesnek bizonyulnak az aminosav-szükséglet kielégítésében, esszenciális aminosav-tartalmuk az állati eredetű termékekhez és a szójához hasonlítható. A *Blattodea*, *Diptera*, *Hemiptera* és *Isoptera* rendekbe tartozó rovarok viszont általánosságban alacsonyabb mennyiséget tartalmaznak izoleucinból, leucinból, lizinből, metioninből, és/vagy ciszteinből. A szakirodalmi adatok alapján a triptofán, a cisztein és a lizin a legtöbb ehető rovarban limitáló aminosav, azonban ez nem általánosítható (CHURCHWARD-VENNE et al. 2017).

A rovarfehérjék emészthetőségével kapcsolatban viszonylag kevés adat áll rendelkezésre. Általánosságban elmondható, hogy a feldolgozás módja, pl. a sütés, a főzés és a pírítás és a szárítás, valamint a kitintartalom eltávolítása bizonyítottan befolyásolja az emészthetőséget, több faj esetében jelentős mértékben megnövelve azt *in vitro* vizsgálatok és állatkísérletek esetében (OHJA et al. 2021).

Az elérhető adatok alapján megállapítható, hogy aminosav-tartalom és -összetétel pontosabb meghatározásához további adatokra, a rovarfehérjék minőségének értékeléséhez és emészthetőségének vizsgálatához pedig humán vizsgálatokra volna szükség.

A rovarokban lévő másik fontos makrotápanyagok a zsírok, zsírtartalmuk pedig szintén nagy változatosságot mutat: szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva általánosan 10 és 60% közé esik. A legalacsonyabb, átlagosan 13% körüli zsírtartalommal az *Orthoptera* rend fajai rendelkeznek, míg a *Coleoptera*, *Isoptera*, *Lepidoptera* és *Diptera* rendekbe tartozó fajok, különösen ezek lárvái magasabb, átlagosan 33% körüli zsírtartalommal rendelkeznek (VAN HUIS et al. 2021, KOUŘIMSKÁ ÉS ADÁMKOVÁ 2016). Lipidprofiljuk kb. 80%-ban trigliceridekből, valamint foszfolipidekből áll, de tartalmaz telítetlen zsírsavakat is, pl. például linolénsav, linolsav és olajsav. A telített zsírsavak legfőbb képviselője a rovarokban a palmitinsav, valamint koleszterint is tartalmaznak, kb. 3%-os mennyiségben (TZOMPA-SOSA et al. 2014). A zsírtartalmat szintén jelentős mértékben befolyásolja a rovarok fejlődési stádiuma: ahogyan az energiatartalom esetében már említésre került, a lárvák és a bábok zsírtartalma magasabb, mint a kifejlett példányoké. Jelentős befolyással bír továbbá a takarmány összetétele, de rovarok neme is: a hímivarú rovarok általánosan alacsonyabb zsírtartalommal rendelkeznek, mint a nőivarú egyedek (WERU et al. 2021).

Az ehető rovarok szénhidráttartalmát a szakirodalomban általában az ún. *nitrogénmentes extrakt-tartalommal* (*Nitrogen-Free Extract*, NFE) adják meg, amely a rosttartalom felüli szénhidrátokat (pl. redukáló cukrokat) reprezentáló, számított érték. A rovarok esetében ez az érték általában alacsony, mindössze néhány százalék, azonban a magas cukortartalmú táplálékot fogyasztó fajok, pl. méhek és természetesen akár 20-40% is lehet (GHOSH et al. 2016, RUMPOLD ÉS SCHLÜTER 2013).

Az egészben, vagy minimálisan feldolgozott rovarok élelmi rost-tartalma jelentős, amelynek legfőbb képviselője a külső vázkat alkotó *N-acetilglükózamin* egységekből álló poliszacharid, a kitin, amely alapvetően vízben nem oldódó élelmi rostnak tekinthető. A rovarok kitintartalma szintén nagy változatosságot mutat, szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva általánosan 10 és 20 g/100 g között mozog. A kitin rendkívül ellenálló, ezért emészthetetlen rostnak tekinthető, azonban a kitint bontó kitináz enzim megtalálható a humán gasztrointesztinális rendszerben. Egyes kutatások szerint az enzim akár aktív is lehet, leginkább azokban a populációkban, ahol a rovarfogyasztás a hagyományos étrend részét képezi. Bár a kitintartalom csökkentése növeli a rovarokban megtalálható fehérjék emészthetőségét, fontos kiemelni, hogy a kitin pozitív élettani hatásokkal is rendelkezik. A poliszacharid képes megkötni a koleszterint az emésztőtraktusban, ezáltal megakadályozza annak felszívódását, így csökkentheti a szérum koleszterin-szintet. Ballasztanyagként növeli a bélmotilitást, és javítja a széklet konzisztenciáját, emellett *prebiotikus*

hatással is bír, így segítheti a bélmikrobiom diverzitásának növelését és fenntartását, valamint megakadályozhatja a patogén baktériumok elszaporodását, ennek következtében a segíthet megőrizni az emésztőrendszer egészségét. Fontos azonban kiemelni, hogy más vízben nem oldódó rostokhoz hasonlóan túlzott fogyasztása hasmenést, székrekedést, súlyos esetben bélelzáródást is okozhat, de akár allergiás reakciót is kiválthat (KIPKOECH 2023, DE GIER ÉS VERHOECKX 2018, KOUŘIMSKÁ ÉS ADÁMKOVÁ 2016).

Az ehető rovarok mikrotápanyag-tartalma is jelentős. Ásványi anyag-tartalom szempontjából kiemelendő, hogy a rovarok többsége alacsony a nátrium- és káliumtartalommal rendelkezik, azonban jelentősebb mennyiségű foszfort, magnéziumot, kalciumot, cinket, vasat, mangánt és rezet tartalmaznak. A vitamintartalom tekintetében a rovarok általában jó riboflavin-, pantoténsav- és biotinforrásnak számítanak, viszont kevésbé jó forrásai az A és C vitaminnak, a niacinnak és a tiaminnak. Egyes rovarok, pl. a pálmafűró ormányosbogár, valamint a selyemlepke lárvái magasabb E vitamin-tartalommal rendelkeznek. A makrotápanyagokhoz hasonlóan itt is kiemelendő, hogy a mikrotápanyag-tartalmat nagy mértékben befolyásolja a rovarok takarmánya, a tápanyagok biohasznosulását pedig a feldolgozás módja (ORDOÑEZ-ARAQUE ÉS EGAS-MONTENEGRO 2021, VAN HUIS et al. 2021).

Táplálkozástudományi szempontból kiemelendő, hogy az ehető rovarok olyan *antinutritív* anyagokat is tartalmazhatnak, amelyek gátolhatják a makro- és mikrotápanyagok felszívódását és biohasznosulását. A rovarokban leggyakrabban előforduló antinutritív anyagok közé tartoznak a fitátok, hidrocianidok, oxalátok, különböző alkaloidok, szaponinok és tanninok, amelyek leginkább a természetesben, sáskákban és szöcskékben, pálmafűró bogarakban és lisztbogarakban fordulnak elő. Ezek az anyagok a megfelelő feldolgozási technológiák (pl. hőkezelés) segítségével eliminálhatók (GIAMPIERI et al. 2022).

3.4 Az ehető rovarokkal kapcsolatos élelmiszer- és takarmánybiztonsági kérdések

A rovarok élelmiszerként és takarmányként való felhasználása során is kulcsfontosságú az élelmiszer- és takarmánybiztonsági vonatkozások vizsgálata, csakúgy, mint a többi haszonállat esetében. Az EFSA 2015-ben átfogó tanulmányt készített a rovarok élelmiszerként és takarmányként való tenyésztésével és fogyasztásával kapcsolatos kockázatokról, amelyben megállapították, hogy esetükben is fennállnak a konvencionális állattenyésztés esetében ismertekhez hasonló biológiai, fizikai, kémiai és környezeti kockázatok, azonban ezek teljeskörű feltérképezéséhez még további adatokra van szükség (EFSA SCIENTIFIC COMMITTEE 2015).

A biológiai veszélyek közül kiemelkedő jelentőséggel bírnak a mikrobiológiai veszélyek. A rovarok mikrobiotáját többek között befolyásolja a faj, a fejlődési stádium, az alkalmazott

takarmány, valamint a környezetük. Utóbbi esetében fontos megkülönböztetni, hogy a rovarokat tenyésztik-e, vagy a természetből kerülnek-e begyűjtésre, a begyűjtött rovarok esetében ugyanis általánosságban nagyobb kockázattal szükséges számolni. A szakirodalmi adatok alapján az ehető rovarokból izolált leggyakoribb patogén baktériumfajok a *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Salmonella*, *Shigella* és *Clostridium* nemzetségekbe tartoznak, amelyek az emberre és a haszonállatokra is veszélyesek lehetnek (IMATHIU 2020). A mikrobiológiai veszélyek közé tartoznak a vírusok által okozott kockázatok is, viszont a rovarokat fertőző vírusok nem jelentenek veszélyt a magasabb rendű, gerinces élőlényekre. Megjegyzendő azonban, hogy a rovar-specifikus vírusok komoly kockázatot jelentenek a tenyésztett rovarok esetében, ugyanis az állomány pusztulása gazdasági veszteségeket okoz (EILENBERG et al. 2015). A penészgombák jelenléte az ehető rovarok esetében szintén releváns kockázatnak tekinthető, mivel *Bunaea alcinoe* lárvák esetében a hernyókról vett mintákban *Aspergillus*, *Penicillium*, *Fusarium* fajok elszaporodásáról számoltak be a kutatók (BRAIDE et al. 2011). A rovarfogyasztással összekapcsolható parazita fertőzés ritka, kockázata a szakirodalmi adatok alapján szintén a természetből begyűjtött, és a nyersen fogyasztott rovarok esetében releváns, azonban csótányokból már izoláltak élelmiszerek és víz közvetítésével terjedő parazitákat, köztük az *Entamoeba histolytica*-t, a *Giardia lamblia*-t és a *Toxoplasma* fajokat, így ezek esetében potenciális vektorok lehetnek (IMATHIU 2020).

A kémiai veszélyek közé tartoznak a különböző eredetű szennyező anyagok, mint pl. nehézfémek és arzén, mikotoxinok és egyéb toxinok, peszticid- és állatgyógyászati szermaradványok, környezeti szennyezők, mint pl. dioxinok, policiklusos aromás szénhidrogének (PAH-ok), vagy épp a feldolgozás során keletkező anyagok, pl. az akrilamid. Ezekkel az anyagokkal a rovarok tenyésztés, a feldolgozás és a csomagolás során is szennyeződhetnek. A szakirodalmi adatok alapján a tenyésztett rovarok takarmányában, valamint a talajban található egyes szennyezőanyagok és nehézfémek (pl. kadmium, ólom), valamint mikotoxinok (pl. aflatoxin), felhalmozódhatnak a rovarok szöveteiben, és ezek mennyisége a hagyományos feldolgozás, pl. a szárítás során relatíve megnövekedhet. A kártevő rovarok ellen alkalmazott peszticidek potenciális veszélyt jelenthetnek a fogyasztókra, azonban a növényvédőszer-maradványok jelenléte leginkább a természetből begyűjtött rovarok esetében releváns. A feldolgozás során képződő anyagok, pl. az akrilamid keletkezése az egyéb összetevőktől és a feldolgozás technológiától függ (MÉZES 2018). A *fanerotikus* rovarok (pl. méhek, darazsak) toxinjai inaktiválódnak az emésztőrendszerben, de a *kriptotikus* rovarok – azok, amelyek reakciótermékként vagy felhalmozódás eredményeként tartalmaznak toxinokat – az emésztés ellenére is toxikusak maradhatnak (EFSA SCIENTIFIC COMMITTEE 2015).

Fizikai veszélyt jelenthet a nem megfelelően előkészített, nagy méretű, hosszú lábakkal és szárnyakkal, illetve kemény, vastag szárnyfedővel rendelkező rovarok elfogyasztása, az említett testrészek ugyanis akár bélelzáródást okozhatnak (KOUŘIMSKÁ ÉS ADÁMKOVÁ 2016).

A rovarok csípéseikkel, szúrásaikkal vagy a légutakon keresztül történő érintkezéssel (pl. poratkák) különböző bőrtüneteket, pl. ekcémát vagy bőrgyulladást, enyhe vagy akár súlyos légúti tüneteket, kötőhártya-gyulladást, de akár *angioödémát* és *anafilaxiás sokkot* is okozhatnak. A rovarok elfogyasztásához kapcsolódó allergiás reakciók kockázatbecsléséhez elsősorban más ízeltlábúak, pl. a pókfélékkel (atkák) és a rákfélékkel kapcsolatosan rendelkezésre álló adatokat használják a kutatók, ugyanis azoknál, akiknél allergiás reakciót váltanak ki ezek az ízeltlábúak, a rovarok elfogyasztása szenzibilizáló hatású lehet, így kiváltva az adverz reakciókat. Az elmúlt években a már ismert *pánallergének*, pl. a tropomiozin és az arginin-kináz mellett más potenciálisan allergén vegyületeket is azonosítottak az ehető rovarokban, ilyenek pl. a kitin, a kitináz és a paramiozin. A potenciális allergének azonosítása és jellemzése, a szenzibilizációs és keresztreaktivitási mechanizmusok feltérképezése kulcsfontosságú információkat jelentenek a kockázatértékeléshez. A kockázatcsökkentés szempontjából ígéretesnek bizonyul, hogy a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok alapján az élelmiszer-feldolgozás egyes technológiái (pl. a kémiai vagy enzimatis hidrolízis, a hőkezelés vagy az ultrahangos kezelés, illetve ezek és más technológiák kombinációi) a rovarfajtól, és az allergén vegyület típusától függően befolyásolhatják a szenzibilizáló anyagok oldhatóságát és immunreaktivitását. Kiemelendő továbbá, hogy a rovarok a tenyésztési környezet és a takarmány révén bizonyítottan szennyeződhetnek gluténnal, de akár más gyakori allergénnel is, pl. mustárral, diófélékkel vagy szójával. Ez elkerülhető az allergénmentes tenyésztési- és feldolgozási környezet és takarmány biztosításával (DE MARCHI et al. 2021, MANCINI et al. 2020, DE GIER et al. 2018).

3.5 Az ehető rovarok szerepe az élelmezésbiztonság és a fenntarthatóság területén

A XXI. század egyik legnagyobb kihívása a környezeti szempontból fenntartható élelmezésbiztonság megteremtése. Az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*, FAO), az *International Fund for Agricultural Development* (IFAD), a *United Nations Children's Fund* (UNICEF), a *World Food Programme* (WFP) és a *World Health Organization* (WHO) 2023-ban kiadott közös jelentése alapján az élelmezési rendszereket továbbra is rendkívül érzékenyen érinti az éghajlatváltozás és annak következményeként a biodiverzitás, az édesvízkészletek és a megművelhető mezőgazdasági területek méretének csökkenése, a gazdaság recessziója, az energiaárak növekedése, valamint a geopolitikai konfliktusok. Ezek a tényezők növelik az egyre növekedő népesség társadalmi és

gazdasági egyenlőtlenségeit, valamint veszélyeztetik a globális élelmezés- és ellátásbiztonságot, azaz, hogy mindenki számára biztosított legyen a táplálkozásélettanilag kielégítő, biztonságos és megfizethető étrend. A jelentés szerint az éhezés és az alultápláltság, leginkább a fehérje- és mikrotápanyag-hiányos állapotok 2022-ben globálisan 690-783 millió főt érintettek, amely 122 millióval több, mint a COVID-19 világjárvány előtt. Pozitív azonban, hogy a pandémiát követő gazdasági fellendülés következtében az éhezők számának növekedése megállt. 2022-ben mintegy 3,8 millióval kevesebb ember éhezett, mint 2021-ben, azonban ez nem jelenti azt, hogy a probléma megoldódni látszana, mivel az éhezők száma továbbra is emelkedik Afrikában, Nyugat-Ázsiában és a Karib-térségben (FAO, IFAD, UNICEF, WFP ÉS WHO 2023). Nem csak az alultápláltság okoz azonban világszintű problémát. A malnutrició egyéb formái, a túlsúly, az obezitás, a mikrotápanyaghiány és az ezekkel összefüggő krónikus nem fertőző megbetegedések prevalenciája világszerte magas, és a fejlett országok mellett egyre gyakrabban érinti a fejlődő országokat is. A WHO 2022-es becslései alapján 18 éves vagy annál idősebb populációban 2,5 milliárd ember túlsúlyos, ebből 890 millió fő elhízott, az 5 és 19 éves kor közötti gyermekek és serdülők körében pedig a túlsúllyal élők száma 390 millió fő, közülük 160 millióan elhízottak (WHO 2024).

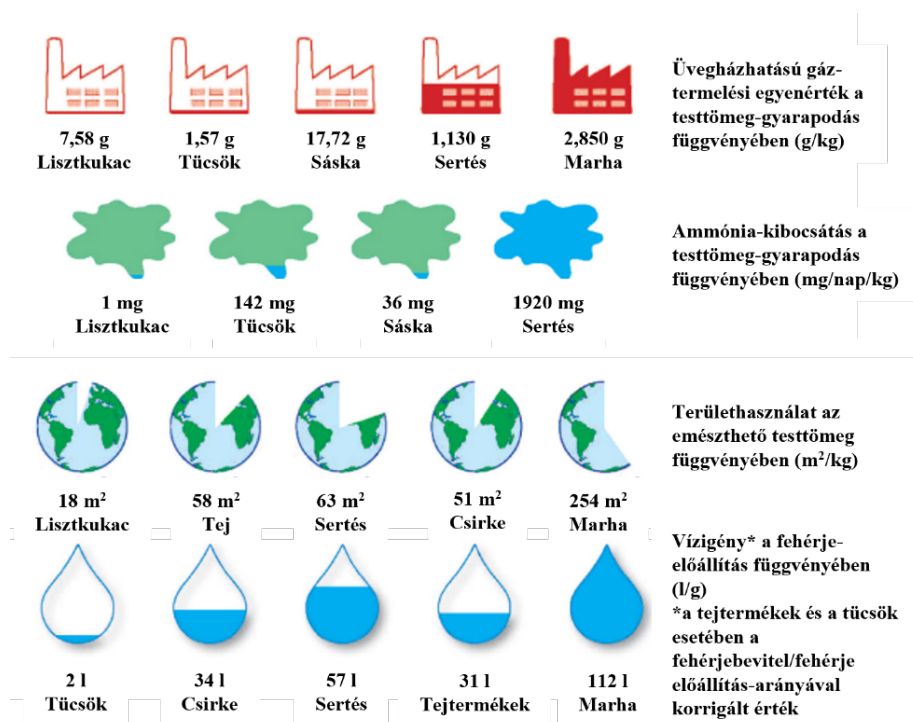
A fenntartható élelmezésbiztonság problémáinak megoldására való törekvések tehát nem csupán a megfelelő mennyiségű élelmiszerral való ellátást, hanem az étrend tápanyagminőségét is érintik. Napjainkra már széles körben elterjedté vált a fenntartható táplálkozási ajánlások koncepciója, amelyek a táplálkozásélettanilag kielégítő étrendi ajánlások mellett környezeti, gazdasági és szociokulturális szempontokat is magukban foglalnak. A számos irányelv alapján mára már egyszerűbben leírhatóvá váltak az egészséges és fenntartható étrend általános jellemzői. Az ilyen étrendet alapjaiban jellemzi a változatosság, valamint az energiabevitel és az energiaszükséglet megfelelő egyensúlyának kialakítása és fenntartása. Az étrend alapját képező élelmiszerek a minimálisan feldolgozott gumós növények és teljes kiőrlésű gabonafélék, a hüvelyesek, gyümölcsök és zöldségek (különösen a romlásra kevésbé hajlamos fajták), valamint a mérsékeltebb mennyiségű állati eredetű élelmiszer (húsok, fenntartható halászatból származó halak és egyéb vízi állatok, tojás, tej és tejtermékek). Az étrend részét képezik továbbá a sótlan magvak és diófélék, valamint a táplálkozásélettani szempontból kedvező zsírsavösszetételű, omega-3 és omega-6 zsírsavakat megfelelő arányban tartalmazó növényi olajok, mint a repce- és az olívaolaj. A magas zsír-, cukor- és sótartalmú, mikrotápanyagokban szegény élelmiszerek (pl. chipsek, édességek és egyéb snack termékek) fogyasztását ajánlott a minimálisra csökkenteni, cukrozott üdítőitalok helyett pedig lehetőség szerint a csapvizet szükséges előnyben részesíteni (TOMPA 2023).

A fenntartható és környezetkímélő élelmezés kialakításában kulcsfontosságú a jelenlegi élelmezési rendszerek működésének felülvizsgálata és átalakítása. Az elmúlt évtizedben publikált tanulmányok szerint az élelmiszeripar a globális üvegházhatású gáz (*greenhouse gases*, GHG), többek között metán, nitrogén-oxidok és szén-dioxid kibocsátás 21-50%-áért felelős. A mezőgazdasági termelés különösen vízintenzív ágazat, egyes szakirodalmi adatok alapján az antropológiai vízlábnyom mintegy 70-85%-áért, a teljes vízfelhasználás kb. 99%-áért felelős. A környezetre gyakorolt legnagyobb hatással a magas biológiai értékű fehérjék előállítása bír, mivel az állattenyésztés nagy mennyiségű takarmányt, ennek következtében nagy mennyiségű vizet és termőföld-területet igényel, valamint az állattenyésztés üvegházhatású gáz-kibocsátása önmagában is jelentős (THAMARAI et al. 2024, MEKONNEN ÉS HOEKSTRA 2020, POORE ÉS NEMECEK 2018, SMETANA et al. 2016).

Az elmúlt évtizedben több tanulmány is foglalkozott az ehető rovarok élelmiszer- és takarmány-előállító-iparban betöltött lehetséges szerepével, mivel egy lehetséges megoldást jelenthetnek az élelmezésbiztonság és a fenntarthatóság kihívásainak kezelésére. Ahogyan az disszertációm egy korábbi fejezetben már részletesen ismertetésre került, az ehető rovarok táplálkozásélettani szempontból általánosan ígéretesnek bizonyulnak, mivel jelentős mennyiségű kiváló minőségű fehérjét tartalmaznak, kedvező zsírsavösszetétellel rendelkeznek, kitinből felépülő külső vázuknak köszönhetően magas az élelmi rost-tartalmuk, és számos vitamint és ásványi anyagot tartalmaznak. Ennek következtében élelmiszer-célú felhasználásuk is előnyös, a takarmány-előállító-iparban pedig kiválthatják a két legfőbb fehérjeforrásnak számító, azonban a kevésbé fenntartható szójalisztet és a hallisztet (SOGARI et al. 2019).

A szakirodalomban elérhető adatok alapján a rovarok a fenntarthatóság és a környezetvédelem szempontjából is előnyösnek bizonyulnak, mivel tenyésztésük kisebb hatást gyakorol a környezetre, mint más haszonállatoké. A rovarenyésztés földhasználata általánosságban alacsony, mivel beltéren, városi környezetben és az ún. *vertical farming*-gal, azaz a függőleges tenyésztéssel, egymásra helyezett ládáknak is tenyészthetők. Mivel a rovarok képesek feldolgozni a magasabb rosttartalmú anyagokat, takarmányozásukra számos mezőgazdasági, élelmiszeripari és háztartási konyhai hulladék-típus alkalmas, ennek következtében értékes részét képezhetik a körforgásos gazdaságnak. Szaporodási rátájuk és takarmányhasznosítási képességük is kiemelkedő. A szakirodalmi adatok alapján a konvencionális haszonállat-tenyésztés során 1 kg elősúly előállításához fajtól függően 2,5-10, átlagosan 6 kg növényi fehérjére van szükség, *Acheta domesticus* faj esetében ehhez csupán 1,7 kg takarmány szükséges. Ezen felül, üvegházhatású gáz- és ammóniakibocsátásuk minimális a marha- vagy sertésenyésztéshez képest, az egységnyi mennyiségű rovarfehérje előállításához szükséges vízmennyiség pedig töredéke a más

állatfajokból származó fehérjék előállításához szükséges mennyiségnek (1. ábra) (GOVORUSHKO 2019, HALLORAN et al. 2018, GAHUKAR 2016).



1. ábra: A rovartenyésztés egyes erőforrás-felhasználási és környezeti hatás-paraméterei más haszonállatokkal és állati eredetű termékekkel szemben (GAHUKAR 2016 alapján).

3.6 Az ehető rovarokra vonatkozó élelmiszerjogi szabályozások az Európai Unióban

Az Európai Unióban *Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/2283 rendelete az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről* értelmében az ehető rovarok, illetve az ehető rovarok felhasználásával készült élelmiszerek új élelmiszernek minősülnek. A rendelet 3. cikk (2) bekezdésének a) pontja értelmében „új élelmiszer”: *bármely olyan élelmiszer, amely 1997. május 15. előtt az Unión belül nem került jelentős mértékben emberi fogyasztásra történő felhasználásra (a tagállamok uniós csatlakozásának időpontjaitól függetlenül) ...*. A pontban felsorolt új élelmiszer-kategóriák közül az ehető rovarok az „v. állatokból vagy részeikből álló, azokból izolált vagy azokból előállított élelmiszerek ...” közé tartoznak ((EU) 2015/2283 RENDELET).

Az Európai Unió belső piacának hatékony működése, az állampolgárok egészsége és a fogyasztói érdekvédelem biztosítása érdekében az új élelmiszerek forgalomba hozatalát minden esetben egy előzetes engedélyezési eljárás előzi meg. Az engedélyezési kérelmet az Európai Bizottság Egészségügyi és Élelmiszerbiztonsági Főigazgatóságához (*Directorate-General for Health and Food Safety, DG SANTE*) szükséges benyújtani, amelyet követően a kérelemmel együtt benyújtott, az új élelmiszer biztonságosságát bizonyító tudományos eredmények alapján az

EFSA elvégzi a szükséges biztonsági értékeléseket. Az engedélyezett új élelmiszerek felvételre kerülnek az *Új élelmiszerek uniós jegyzékébe*. Az Európai Parlament és Tanács (EU) 2015/2283 rendelete értelmében Európai Unió területén csak olyan új élelmiszerek kerülhetnek forgalomba önmagukban, vagy élelmiszer-összetevőként, amelyek ebben a jegyzékben szerepelnek, és a forgalomba hozott termékeknek meg kell felelniük a jegyzékben meghatározott felhasználási feltételeknek és jelölési előírásoknak, valamint a többi releváns rendelkezésnek (pl. a 1169/2011/EU rendeletben szereplő jelölési követelményeknek) (NÉBIH 2024, (EU) 2017/2470 VÉGREHAJTÁSI RENDELET).

Az Új élelmiszerek uniós jegyzékében jelenleg négy rovarfaj szerepel, amelyeket különböző formákban hozhatnak forgalomba a kérelmezők ((EU) 2017/2470 VÉGREHAJTÁSI RENDELET):

- szárított *Tenebrio molitor* (közönséges lisztbogár) lárvá ((EU) 2021/882 VÉGREHAJTÁSI RENDELET),
- fagyasztott, szárított és por formában lévő *Locusta migratoria* (keleti vándorsáska) ((EU) 2021/1975 VÉGREHAJTÁSI RENDELET),
- közönséges lisztbogár fagyasztott, szárított és por formában lévő lárvája (*Tenebrio molitor* lárvá) ((EU) 2022/169 VÉGREHAJTÁSI RENDELET),
- fagyasztott, szárított és por formában lévő *Acheta domesticus* (házi tücsök) ((EU) 2022/188 VÉGREHAJTÁSI RENDELET),
- az *Acheta domesticus*ból (házi tücsök) előállított, részben zsírtalanított por ((EU) 2023/5 VÉGREHAJTÁSI RENDELET),
- fagyasztott, pépesített, szárított és por formában lévő *Alphitobius diaperinus*-lárvák (alombogár lárvák) ((EU) 2023/58 VÉGREHAJTÁSI RENDELET).

Az egyes engedélyezett rovarok, valamint az azokból készült termékek leírását, jellemzőit és élelmiszerbiztonsági követelményeit az Új élelmiszerek uniós jegyzéke, valamint a Bizottság vonatkozó végrehajtási rendeletei tartalmazzák. A végrehajtási rendeletekben szerepelnek az összetevők pontos, a jelölésen kötelezően használt megnevezései is. A rendeletekben szereplő listákat, amelyek meghatározzák, hogy az engedélyezett készítmények mely élelmiszerekben és milyen mennyiségben használhatók fel, az M4. melléklet táblázatok formájában tartalmazza.

Az Európai Unió hivatkozott rendeletei hazánkban is érvényesek és hatályosak, így a felsorolt engedélyezett összetevők és termékek Magyarországon is forgalomba hozhatók. A 36/2014. (XII. 17.) FM rendelet az élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásról 2/F. fejezetének 7/H. paragrafusában azonban külön is rendelkezik „A rovarfehérjét tartalmazó élelmiszerekre vonatkozó követelményekről”.

A rendelkezés értelmében

- „(1) A rovarfehérjét tartalmazó élelmiszer nevéhez kapcsolódóan legalább a termék megnevezésére használt betűmérettel megegyező betűmérettel fel kell tüntetni a „Figyelem! Az élelmiszer rovarfehérjét tartalmaz!” kifejezést.”,
- (2) A rovarfehérjét tartalmazó élelmiszereket forgalomba hozataluk során a vásárlók számára elkülönített módon kell kihelyezni.” (36/2014. (XII. 17.) FM RENDELET).

A rovarok a dolgozat korábbi fejezetében ismertetett lehetséges allergizáló hatásának ismeretében felmerül az a szabályozási kérdés, hogy szükséges-e ezeket az összetevőket allergénként megjelölni (ELHASSAN et al. 2019), illetve felvenni *Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról* II. mellékletében szereplő 14 kötelezően jelölendő allergiát és intoleranciát okozó anyagok és termékek közé (1169/2011/EU RENDELET). A (EU) 2015/2283 rendelet 9. cikkének értelmében az Új élelmiszerek uniós jegyzékébe felvett új élelmiszerről szóló bejegyzésnek szükség szerint tartalmaznia kell speciális jelölési követelményeket, azonban a végrehajtási rendeletekben foglaltak alapján az engedélyezett rovarok fogyasztásához köthető potenciális allergén hatásra nincs egyértelmű bizonyíték, így a rovarok elsődleges szenzibilizációs potenciáljára vonatkozóan ilyen jelölési követelményeket a Bizottság nem fogalmazott meg, az EFSA pedig javasolja további kutatások elvégzését a témakörben. Mivel azonban a Hatóság értékelése alapján a rákfélékre, puhatestűekre és atkákra allergiás személyeknél a rovarok allergiás reakciót válthatnak ki, a végrehajtási rendeletekben szereplő különös jelölési követelmények alapján az engedélyezett készítményeket tartalmazó élelmiszerek jelölésén fel kell tüntetni, hogy az összetevők allergiás reakciókat válthatnak ki azoknál a fogyasztóknál, akik ismertén allergiásak rákfélékre, puhatestűekre és az azokból készült termékekre, valamint atkákra, és ezt a kijelentést az összetevőlista közvetlen közelében kell elhelyezni. Ezen felül, mivel az engedélyezett formában forgalomba hozott *Alphitobius diaperinus* lárvák étrendkiegészítőkben is felhasználhatók, az ilyen termék jelölésén szerepeltetni kell, hogy az étrendkiegészítőt 18 év alatti személyek nem fogyaszthatják ((EU) 2015/2283 RENDELET, (EU) 2017/2470 VÉGREHAJTÁSI RENDELET).

3.7 Az ehető rovarok fogyasztói elfogadottsága

A dolgozat korábbi fejezetei alapján az ehető rovarok élelmiszer- és takarmánycélú felhasználása megoldást jelenthet napjaink és a jövő globális problémáinak enyhítésére. Ezek az objektív tények és pozitív hatások felhasználhatók lehetnek a fogyasztói szemlélet formálására, az étkezési magatartás befolyásolására. Számos kutatás igazolta azonban, hogy az élelmiszer-preferenciák és az étkezési szokások tekintetében a szemléletformálás nem egyszerű feladat.

Európában és hazánkban a rovarok humán táplálkozásba való bevezetésének egyik akadálya az alacsony fogyasztói elfogadás, ezért az elmúlt években az ehető rovarokkal kapcsolatos fogyasztói kutatások nagy arányban ennek vizsgálatára összpontosítottak.

A rovarok élelmiszerként való elfogadásának az egyik legnagyobb akadálya az *élelmiszer-neofóbia*, azaz új élelmiszerektől való félelem, amelyet számos kutató figyelt meg a világ különböző részein. A fogyasztói kutatások a neofóbia vizsgálatára kidolgozott *élelmiszer-neofóbia skálát* alkalmazzák (PLINER ÉS HOBDEN 1992), amelynek segítségével a különböző vizsgálatok eredményei egyszerűen összehasonlíthatók. A szakirodalmi adatok alapján Európa egyes országaiban, pl. Olaszországban, Dániában, Németországban és Magyarországon is jellemző a neofóbia, amely csökkenti a fogyasztási hajlandóságot (GERE et al. 2018). Általános tapasztalat, hogy a rovarok feldolgozottságának mértéke jelentősen befolyásolja az újdonságtól való félelmet: amennyiben az élelmiszer egész rovart vagy nagyobb, felismerhető darabokat (pl. lábak, szemek) tartalmaz, a neofóbia sokkal kifejezettebbé válik, a fogyasztók inkább elutasítják ezeket a termékeket (HARTMANN ÉS BEARTH 2019, LENSVELT ÉS STEENBEKKERS 2014). Ez alapján a neofóbia csökkentésének eszköze lehet, ha a rovarok „láthatatlan formában”, pl. pépként, örleményként kerülnek az élelmiszerekbe.

A neofóbia mellett a fogyasztói elfogadás másik fő akadályozó tényezője az undor, amelynek háttérében a rovarokkal kapcsolatos negatív prekonceptiók állnak: a nyugati fogyasztók a rovarokat a higiénia hiányával, szennyezettséggel, egészségügyi kockázatokkal azonosítják. Az undort az ún. „viselkedési immunrendszer” részének tekintik a kutatók, mivel megakadályozza, hogy kapcsolatba kerüljünk valamivel, ami patogén lehet (TERRIZZI et al. 2013). Svájci fogyasztókkal végzett kutatás eredményei alapján az undor számos különböző negatív érzellemmel is együtt jár, mint például elégedetlenség, ingerültség, furcsa vagy kellemetlen érzések (GMUER et al. 2016). Érdekes, hogy bár a neofóbia és az undor is összefügg azzal, hogy a nyugati fogyasztók esetében alacsony a rovarok fogyasztási hajlandósága, a két tényező közötti kapcsolat nem tiszta: egyes tanulmányok szerint a neofóbia és az undor között nincs összefüggés és az undor a neofóbiánál nagyobb befolyásoló tényező, más tanulmányok szerint azonban az undor kisebb befolyással bír, mint a neofóbia (LAMMERS et al. 2019, LA BARBERA et al. 2017, HARTMANN ÉS SIEGRIST 2016). Az undor leküzdése az egyik kulcstényezője lehet az entomofágia fogyasztói elfogadásának növelésének, ennek legegyszerűbb és leghatásosabb módja pedig a fogyasztók edukációja (GERE et al. 2018).

Cross-cultural (interkulturális) tanulmányok alapján a fogyasztói elfogadást kulturális háttér is befolyásolja: azokban az országokban, ahol a rovarok hagyományosan is részét képezik az étrendnek, magasabb ezek fogyasztói elfogadása (TAN et al. 2015). A vizsgálati eredmények alapján továbbá az is feltételezhető, hogy azoknál a nemzeteknél, ahol kifejezetten erős a

gasztrokultúra, mint pl. Olaszország vagy Magyarország, a fogyasztók kevésbé nyitottak a rovarfogyasztás felé, a neofóbia előfordulása gyakoribb (TOTI et al. 2020, GERE et al. 2017).

A szakirodalmi adatok alapján a fogyasztási hajlandóságot pozitívan befolyásoló tényezők közül a legfontosabbak a tapasztalatok: amennyiben a rovarot tartalmazó élelmiszerek kóstolásakor a fogyasztó pozitív tapasztalatot szerez, valamint számára ismerős érzékszervi tulajdonságokkal találkozik, az jelentős pozitív befolyással bírhat a fogyasztási hajlandóságra (WENDIN ÉS NYBERG 2021). Ezek a pozitív tapasztalatszerzések elősegíthetők azzal, ha a rovarokat a fogyasztók által ismert és kedvelt termékekben használják fel (DELICATO et al. 2020, SIDALI et al. 2019).

Szintén pozitív befolyásoló tényező lehet, ha a fogyasztó rendelkezik az entomofágiával kapcsolatos ismeretekkel, például, hogy a rovarok táplálkozásélettani szempontból ígéretesek, és a környezetünk megóvását is segíthetik (JONES 2020, WOOLF et al. 2019). Ennek következtében az informatív, kóstolási lehetőségekkel egybekötött edukációs alkalmakon való részvétel egy sikeres stratégia lehet rovarok fogyasztói elfogadásának növelésére és az undor csökkentésére (WENDIN et al. 2021, MANCINI et al. 2019). A kíváncsiság, a változatosság keresése, és a „szenzációhajhászás” szintén pozitív befolyásoló tényezők, amelyek az élménykereső fogyasztókat az ehető rovarok mihamarabbi kipróbálására ösztönözhetik (ARDOIN ÉS PRINYAWIWATKUL 2021).

3.8 Az ehető rovarok felhasználásának lehetőségei az élelmiszeripari termékfejlesztésben

Az elmúlt évtizedben az ehető rovarok iránti kutatói érdeklődés a termékfejlesztésekkel foglalkozó tanulmányok számát is megnövelte. A dolgozat előző fejezetében ismertetett szakirodalmi adatok alapján előnyösebb a rovarokat élelmiszerek összetevőjeként, nem látható formában bevezetni, így megfelelő előkészítést (pl. aprítást, őrlést, olajok extrahálását) követően a rovarok a fogyasztók által már ismert termékek dúsítására alkalmasak, amelynek segítségével növelhető a fogyasztói elfogadottság (GERE et al. 2018).

A rovaralapú termékek fejlesztésével foglalkozó tanulmányok nagy arányban foglalkoznak sütőipari termékek előállításával, mivel a rovarok már akár kis mennyiségben is megemelik ezeknek a termékeknek a fehérje-, táplálkozásélettani szempontból kedvező zsír- és élelmi rost-tartalmát (AMOAH et al. 2023). A termékcsoportban a leggyakrabban dúsított termékek a hagyományos, valamint gluténmentes kenyerek, sütemények és kekszek és snack termékek sós és édes verziói, amelyeket szárított, fagyasztva szárított (liofilizált), pirított tücskökből, sáskákból, csótányokból, bogarak és lepkék lárváiból, bábjaiból és kifejlett példányaiból készített termékek felhasználásával készítettek el, akár 3D élelmiszernyomatás technológiájával is. (BAS ÉS EL

2022, ORTOLÁ et al. 2022, SRIPRABLOM et al. 2022, ALTHWAB et al. 2021, BAWA et al. 2020, NISSEN et al. 2020, DELICATO et al. 2020, OSIMANI et al. 2018, SEVERINI et al. 2018).

A sütőipari termékek mellett kiváló alaptermékek a búzalisztból, esetleg álgabona-lisztekből, tojással, vagy tojás felhasználása nélkül előállított hagyományos és reform száraztészták. A kutatók ezeket a termékeket szintén tücskökből, illetve lepkék lárváiból és bábjaiból előállított készítményekkel dúsították, megemelve azok fehérje- és élelmi rost-tartamát (PIAZZA et al. 2022, JAKAB et al. 2020, ÇABUK ÉS YILMAZ 2020, DUDA et al. 2019).

Mivel a rovarok környezetkímélő alternatívái lehetnek a hagyományos állati fehérjeforrásoknak, a feldolgozott húskészítményekben a hús részleges és teljes helyettesítésére is alkalmazhatók a táplálkozásélettani előnyök és az alaptermékek technofunkciós tulajdonságainak megőrzésének lehetőségével önmagukban, vagy más fehérjeforrásokkal kombinálva (ACOSTA-ESTRADA et al. 2021). Tücskök, bogárlárvák és lepkébábok felhasználásával sertéshús alapú, ún. *hibrid* vörösárukat, kolbászokat, hamburger húspogácsákat, valamint rovar- és szójafehérje felhasználásával hús-analógokat fejlesztettek a kutatók, amellyel megnövelték a termékek fehérje- és mikrotápanyag-tartalmát. *Hermetia illucens* és *Tenebrio molitor* lárvákból már tejhelyettesítő termékek előállításával is kísérleteznek a kutatók (BEKHIT et al. 2022, SCHOLLIERS et al. 2020, SMETANA et al. 2018, PARK et al. 2017, KIM et al. 2017, KIM et al. 2016, CAPARROS MEGIDO et al. 2016).

Rovarak felhasználásával egyéb, ún. *condiment* termékek, fűszerkeverékek, fermentált szószok, mártások és ételízesítők, de akár krémekek, édességek, és egyéb funkcionális élelmiszerek, pl. energiaszeletek is készíthetők, amelyek rovartartalmuknak köszönhetően magasabb tápanyagtartalommal rendelkeznek, és kulináris élményt nyújthatnak a fogyasztóknak (SKOTNICKA et al. 2021, ACOSTA-ESTRADA et al. 2021).

A rendelkezésre álló szakirodalmi adatok szerint a sütőipari és száraztészta termékek ehető rovarokkal történő dúsítása akár előnyösebbnek is tekinthető, mint az állati eredetű termékeké. Ezekben a termékekben nagyobb mértékben megnövekszik a fehérjetartalom, akár kis mennyiségű rovar adagolásával is. Bár a rovarok hozzáadása növelheti a termékek zsírtartalmát, nem eredményezi azok energiatartalmának nagymértékű növekedését, és hasznos telítetlen zsírsavakat is biztosíthat. Szintén előnyt jelenthetnek a gyártástechnológia és a fogyasztói elfogadás szempontjából is, mivel az egyéb összetevőktől, és az adagolt rovarkészítmény formájától és mennyiségétől függően nem változtatják meg nagyon nagy mértékben az alaptermékek műszeres mérésekkel meghatározható paramétereit, valamint egyes érzékszervi tulajdonságait. Kiemelendő azonban, hogy a rovarkészítmény, így a rovartartalmú termék színe nem csupán a rovarok vázáinak pigmentáltságának köszönhető. A rovarok esetében a barnulás a feldolgozás (pl. aprítás, őrlés) során figyelhető meg, és különböző enzimátikus és nem enzimátikus folyamatokhoz, a rovarokban

található fenolos vegyületek oxidációjához köthető. Egyes, a kutikula szklerotizációjáért felelős, valamint különböző védekező mechanizmusok során aktiválódó enzimek (pl. fenoloxidáz, tirozináz, lakkáz, tirozin-hidroxiláz, DOPA-dekarboxiláz, peroxidáz) tirozin eredetű szubsztrátjaikat *kinonokká* oxidálják, amelyek nem enzimatis úton reakcióba léphetnek fehérjékkel és *melaninokat* képezhetnek. Ez erősen befolyásolhatja a fogyasztói elfogadást, mivel a barnulás gyakran az élelmiszerek minőségváltozásának, esetenként romlásának jelzője, így negatívan befolyásolhatja a fogyasztási hajlandóságot (JANSSEN et al. 2017b).

4. ANYAG ÉS MÓDSZER

4.1 A felhasznált anyagok

4.1.1 Rovarőrlemények

Doktori munkám során hétféle rovarőrleményt vizsgáltam, melyeket Thaiföldről és Hollandiából szereztem be: hat féle őrleményt a JR Unique Foods Ltd.-től (Udon Thani, Thaiföld), valamint egy őrleményt a Kreca Ento-Food BV (Ermelo, Hollandia) vállalattól. A minták légipostával érkeztek Magyarországra, műanyag fóliából készült, simítózárral ellátott tasakokba csomagolva (M5. melléklet). A Thaiföldről érkező őrlemények csomagolása fényvédő bevonattal rendelkezett, valamint a tasakok tartalmaztak egy-egy oxigén abszorbert. Mivel a termékek kereskedelmi forgalomban kapható, előre csomagolt termékek, a csomagolásokon műanyag fóliából, illetve papírból készült címkéken szerepeltek a termékek adatai. A mintákat a kísérletek megkezdéséig a termékinformációknak megfelelően hűvös, száraz, fénytől védett helyen tároltam.

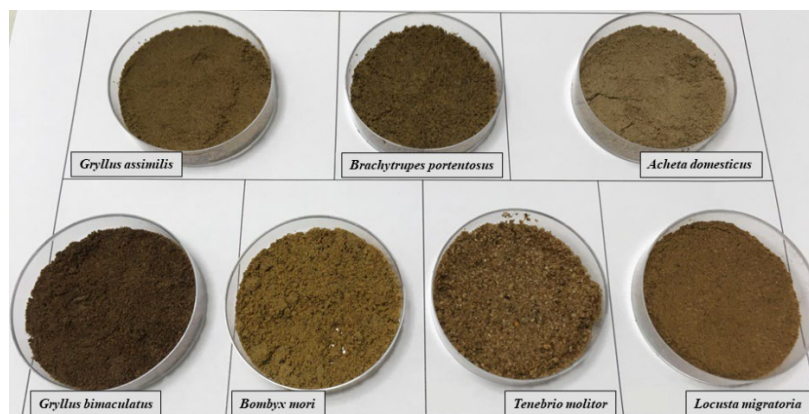
A vizsgált őrlemények a következő fajokból származtak: *Acheta domesticus*, *Brachytrupes portentosus*, *Gryllus assimilis*, *Gryllus bimaculatus*, *Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor*, *Bombyx mori*.

Az őrleményeket az egész rovarok szárítását, valamint fagyasztva szárítását (*liofilizálás*) követően állították elő. A rovarfajok felhasználáskori fejlődési stádiumait a 2. táblázat tartalmazza, az őrlemények külső megjelenését a 2. ábra szemlélteti.

A kutatásba bevont fajok közül az Európai Parlament és a Tanács új élelmiszerekről szóló (EU) 2015/2283 rendeletének értelmében jelenleg a *Tenebrio molitor*, a *Locusta migratoria* és az *Acheta domesticus* engedélyezettek ((EU) 2015/2283 RENDELET, (EU) 2017/2470 VÉGREHAJTÁSI RENDELET).

2. táblázat: A kutatásba bevont rovarfajok felhasználáskori fejlődési stádiumai.

Rend	Család	Latin név	Fejlődési stádium
Orthoptera	Gryllidae	<i>Acheta domesticus</i>	Imágó
Orthoptera	Gryllidae	<i>Brachytrupes portentosus</i>	Imágó
Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus assimilis</i>	Imágó
Orthoptera	Gryllidae	<i>Gryllus bimaculatus</i>	Imágó
Orthoptera	Acrididae	<i>Locusta migratoria</i>	Imágó
Coleoptera	Tenebrionidae	<i>Tenebrio molitor</i>	Lárva
Lepidoptera	Bombycidae	<i>Bombyx mori</i>	Báb



2. ábra: A felhasznált őrlemények külső megjelenése (saját fotó).

4.1.2 Rovarőrlemény-búzaliszt keverékek

A kísérlethez felhasznált lisztkeverék-mintákat a hétféle rovarőrleményből, valamint a GoodMills Magyarország Kft. (Komárom, Magyarország) által gyártott "Nagyi Titka" BL55 búzalisztból állítottam elő. A vizsgálathoz 70 db mintát készítettem úgy, hogy a búzalisztet és a különböző rovarőrleményeket egyenként, növekvő arányban, 100 g végtömegre kevertem össze, 5-50%-os rovarőrlemény aránnyal a keverékben, öt százalékos lépésenként.

4.1.3 *Acheta domesticus* őrleménnyel dúsított zabkekszek

Négy féle zabliszt alapú, skót vajjas keksz (*scottish shortbread*) jellegű, omlós tésztából készült finompékárut készítettem 2019-ben, melyből három különböző arányban tartalmazott *Acheta domesticus* őrleményt. A felhasznált zablisztet és a hajdinalisztet magyarországi gyártóktól (Első Pesti Malom- és Sütőipari Zrt. és Bonetta Bt., Magyarország), kiskereskedelmi forgalomból, az *Acheta domesticus* őrleményt a JR Unique Foods Ltd.-től (Udon Thani, Thaiföld) szereztem be. A minták további összetevői a következők voltak: laktózmentes sótlan vaj (82% zsírtartalmú), laktózmentes félzsíros tejföl (Alföldi Tej Kft, Magyarország), sütőpor (Dr. Oetker Magyarország Élelmiszer Kft., Magyarország), valamint étkezési só.

A szakirodalmi adatok alapján a rovartartalmú élelmiszerek elfogadását növeli, ha a fogyasztóknak tudomásuk van arról, hogy a rovarok, illetve az azokkal dúsított élelmiszerek táplálkozásélettani szempontból kedvezőek (GERE et al. 2018). A zab (*Avena sativa* L.) a perjefélék (*Poaceae*) családjába tartozó, nagy népszerűségnek örvendő, táplálkozásélettani szempontból kedvező gabonaféle, amelynek pozitív élettani hatásait számos tanulmány bizonyította. A zab ezen felül gluténmentes étrendben is jól alkalmazható, amennyiben a gluténérzékeny fogyasztónak nem okoz panaszokat (RASANE et al. 2015). A zabliszt alapú termék fejlesztésével tehát egy a fogyasztók számára könnyebben elfogadható terméket

fejlesztettem, hanem azt is vizsgálhattam, hogy a rovarok technológiai szempontból alkalmasak-e speciális táplálkozási célú élelmiszerek dúsítására.

A termékfejlesztés kezdeti szakaszában próbasütéseket végeztem, amelyek alapján megállapítottam, hogy a rovarőrlemény a mennyiségével arányosan, jelentősen megváltoztatta a minták színét, amely az érzékszervi minősítés eredményeit nagy mértékben befolyásolta volna. Ennek kiküszöbölése érdekében a zablisztnél sötétebb színű hajdinalisztet adagoltam a tésztához, hogy a minták közötti színekülönbségeket finomítsam anélkül, hogy a kész termék ízét jelentősen befolyásolnám. A próbasütések során végzett érzékszervi előtesztek alapján a hajdinaliszt adagolása 20 g/100 g lisztkeverék esetében tompította a színekülönbségeket, azonban nem befolyásolta jelentős mértékben a kekszek ízét.

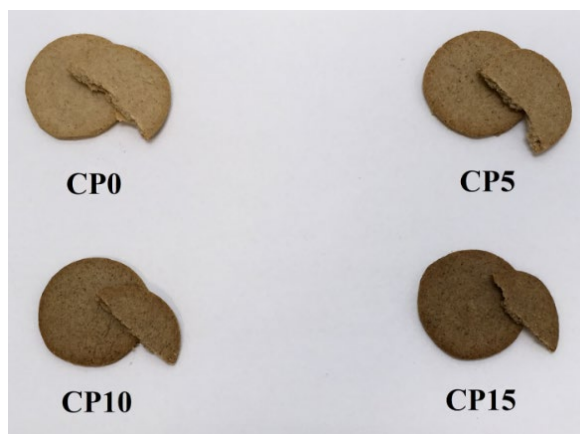
Az *Acheta domesticus* őrleményt öt százalékos lépésenként adtam a lisztkeverékekhez 5-15% mennyiségben, a zabliszt mennyiségét pedig ezzel arányosan csökkentettem. A Bizottság (EU) 2022/188 végrehajtási rendeletének értelmében por formában lévő *Acheta domesticus*-szal a pékáruk, így a finompékáruk is maximum 15%-os mennyiségben dúsíthatók ((EU) 2022/188 VÉGREHAJTÁSI RENDELET).

A tészták összeállítása során első lépésként a zabliszt, a hajdinaliszt és a rovarőrlemény kimérésére és összekeverésére került sor, melyet a sütőpor és a só hozzáadása követett. A száraz összetevőkhöz ezután hozzáadtam a kimért tejfölt, majd kisebb adagokban az apró darabokra vágott vaját. Az alapanyagokat ezután kézzel homogenizáltam, amíg egyenletes masszát kaptam. A tészta 3 mm vastagságú lappá való nyújtását követően 5 cm átmérőjű szaggatóval kör alakú darabokat vágtam ki. A kivágott darabokat egy sütőpapírral borított tepsire fektettem és 180 °C-ra előmelegített *Sveba Dahlem S300* (Sveba Dahlen, Fristad, Svédország) mini forgóállványos kemencében légkeveréses módszerrel, 10 perc alatt készre sütöttem. A kekszek szobahőmérsékletűre hűtését (kb. 23 °C) követően tömítéssel ellátott műanyag dobozokban tároltam azokat az aznapi felhasználásig. Egy mintához egy alkalommal kb. 300 g tésztát állítottam elő. Az egyes minták összetételét a 3. táblázat tartalmazza, a kész minták külső megjelenése a 3. ábrán látható.

3. táblázat: A rovarőrleménnyel dúsított zabkekszek összetétele.

Mintakód	<i>Acheta domesticus</i> őrlemény (g/100 g*)	Zabliszt (g/100 g*)	Hajdinaliszt (g/100 g*)	Vaj (g)	Tejföl (g)	Sütőpor (g)	Só (g)
CP0	0	80	20	33,9	20,3	0,4	0,7
CP5	5	75	20	33,9	20,3	0,4	0,7
CP10	10	70	20	33,9	20,3	0,4	0,7
CP15	15	65	20	33,9	20,3	0,4	0,7

*A mennyiség 100 g lisztkeverékre vonatkozik.



3. ábra: A kontrollminta és a rovarőrleménnyel dúsított kekszek külső megjelenése (saját fotó).

4.1.4 *Bombyx mori* őrleménnyel dúsított, hajdinaliszt alapú száraztészták

A száraztészták fejlesztését a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Élelmiszertudományi és Technológiai Intézetének egykori hallgatója, Fodor Rebeka, az Intézet Gabona és Iparinövény Technológia Tanszékének egyetemi adjunktusa, Dr. Szedljak Ildikó, valamint az Intézet Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszékének egyetemi docense, Dr. Sipos László végezte el 2017-ben. A kutatás a hallgató élelmiszermérnöki alapképzés keretein belül benyújtott szakdolgozatának témája volt (FODOR, SZEDLJAK ÉS SIPOS 2017). A kutatás során a kapott eredmények értékelésében vettem részt.

A munka során a hallgató hajdinaliszt alapú lisztkeverékekből három tojás nélküli száraztésztát állított elő, melyek közül kettő különböző arányban tartalmazott *Bombyx mori* őrleményt. A felhasznált hajdinalisztet magyarországi gyártótól (Naturtrade Hungary Kft., Magyarország), kiskereskedelmi forgalomból, az *Bombyx mori* őrleményt a JR Unique Foods Ltd.-től (Udon Thani, Thaiföld) szerezte be. A minták további összetevője búzasikér (Dénes-Natura Kft., Magyarország) és ivóvíz volt.

A hajdina (*Fagopyrum esculentum* Moench és *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn.) a *Polygonaceae* családba tartozó, gluténmentes *pseudocereália*, azaz álgabona (rendszerint nem a gabonafélék közé tartozik, gluténtartalmú gabonák helyettesítésére használható). Bár színe kissé sötét, íze pedig a fogyasztók többsége számára szokatlan kesernyés, napjainkban mégis egyre népszerűbbé válik ez az álgabona, mivel táplálkozásélettani szempontból igen kedvező összetételű. Rosttartalma magas, valamint jelentős mennyiségű flavonoidot tartalmaz: legfontosabb bioaktív vegyületei a kvercetin és a rutin, amelyek *in vitro* antioxidatív, antimikrobiális, gyulladáscsökkentő és rákellenes hatást mutatnak (MOLINARI et al. 2018, ZHU 2016). Mivel a rovartartalmú élelmiszerek elfogadását növeli, azok táplálkozásélettani szempontból kedvezőek (GERE et al. 2018), hajdinaliszt-alapú termék fejlesztésével egy a fogyasztók számára elfogadhatóbb termék előállítására volt lehetőség.

Az Európai Parlament és a Tanács új élelmiszerekről szóló (EU) 2015/2283 rendeletének értelmében a *Bombyx mori* őrlemény az Európai Unióban még nem engedélyezett termék ((EU) 2015/2283 RENDELET). Az őrleményt 5 és 10%-os mennyiségben adta a lisztkeverékhez, a hajdinaliszt mennyiségét ezzel arányosan csökkentve. A száraztészták laboratóriumi körülmények között készültek. A fejlesztés kisebb kihívása a tészta elégtelen nyújthatósága volt: az eljárás során nagyon könnyen szakadt, így egyszerre csak kis mennyiségek előállítására volt lehetőség (100 g).

A hajdinaliszt, a rovarőrlemény és a búzasikér összekeverését követően a tésztát a hallgató 10 percig kézzel homogenizálta, melyhez 6,9-es pH-értékű ivóvizet használt. Az 50 mm hosszú és 1 mm vastag szélesmetélt jellegű tészta nyújtása és alakítása *Peterhof PH-12888* (PETERHOF OÜ, Tallinn, Észtország) tésztakészítő géppel történt. Az elkészült minták szárítása 80 °C hőmérsékleten, 35%-os relatív páratartalom mellett 20 percig tartott, egy *Armfield FT31* (Armfield Limited, Ringwood, Anglia) folyadékszáritó használatával.

Az egyes minták összetételét a 4. táblázat tartalmazza. A kész minták külső megjelenése a 4. és 5. ábrákon látható.

4. táblázat: A rovarőrleménnyel dúsított száraztészták összetétele.

Mintakód	<i>Bombyx mori</i> őrlemény (g/100 g* lisztkeverék)	Hajdinaliszt (g/100 g* lisztkeverék)	Búzasikér (g/100 g* lisztkeverék)	Lisztkeverék:víz arány (g:ml)
SW0	0	80	20	10:5
SW5	5	75	20	10:5,1
SW10	10	70	20	10:4,5

*A mennyiség 100 g lisztkeverékre vonatkozik.



4. ábra: A kontrollminta és rovarőrleménnyel dúsított tészták külső megjelenése a szárítás előtt (saját fotó).



5. ábra: Az SW5 minta külső megjelenése a szárítást követően (saját fotó).

4.2 Az alkalmazott vizsgálati módszerek

4.2.1 A vizsgált rovarőrlemények makroösszetétele

A vizsgált minták makroösszetételének meghatározását az Eurofins Food and Feed Testing Budapest Kft. (korábban Wessling Hungary Kft., 1045 Budapest, Anonymus utca 6.) Élelmiszervizsgáló Laboratóriumának munkatársai végezték el 2022 májusában. A Laboratórium akkreditálási okiratszám: NAH-1-1009/2019.

A **fehérjetartalom meghatározása** Dumas-módszerrel történt, az eredmények g/100 g dimenzióban, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva kerültek megadásra. A vizsgálati módszer azonosítója WBSE-131:2018. A **zsírtartalom meghatározása** savas feltárást és extrakciót követően gravimetriásan történt, az eredmények g/100 g dimenzióban, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva kerültek megadásra. A vizsgálati módszer azonosítója WBSE-78:2012. A **nyersrost-tartalom meghatározása** az MSZ 3626:1986 szabvány alapján történt, az eredmények g/100 g dimenzióban, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva kerültek megadásra (MSZ 3626:1986). A **szárazanyag- és nedvességtartalom meghatározása** gravimetriás módszerrel történt, az eredmények g/100 g dimenzióban kerültek megadásra. A vizsgálati módszer azonosítója WBSE-107:2015. A **hamutartalom meghatározása** gravimetriás módszerrel történt, az eredmények g/100 g dimenzióban, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva kerültek megadásra. A vizsgálati módszer azonosítója WBSE-105:2015. A **nitrogénmentes extrakt-tartalom** a mért paraméterek alapján, számítással került meghatározásra a következőképpen:

$$\text{Nitrogénmentes extrakt-tartalom} = 100 - (\text{Hamutartalom} + \text{Fehérjetartalom} + \text{Zsírtartalom} + \text{Nyersrost-tartalom})$$

4.2.2 A vizsgált rovarőrlemények NIR spektrumainak rögzítése

A rovarőrlemények spektrumait egy interferométerrel és aranybevonatú integráló gömbbel ellátott, *Bruker MPATM* típusú FT-NIR analizátorral (Bruker, Ettlingen, Németország) vettem fel öt ismétlésben, az 12500-3800 cm⁻¹ spektrális tartományban (800 – 2500 nm). A mintákat egy 85 cm átmérőjű forgatható kvarc küvettában vizsgáltam. A spektrumok felvétele diffúz reflexiós módban, az *OPUS 7.2* (Bruker, Ettlingen, Németország) szoftverrel történt, ólomszulfid (PbS) detektor használatával. A felvett spektrumok 32 alspektrum átlagából álltak össze, a felbontás 16 cm⁻¹, a pásztázási sebesség 10 kHz volt.

4.2.3 A fejlesztett keksz termékek egyes technofunkciós és fizikai-kémiai tulajdonságainak vizsgálata

4.2.3.1 Színmérés, színkülönbség vizsgálata

A fejlesztett keksz minták színét *Konica Minolta CR-310* típusú digitális, kézi színmérő készülékkel (Konica Minolta, Chiyoda, Tokió, Japán) vizsgáltam. A készülék működése a CIE $L^*a^*b^*$ elméleti színingertéren alapul, ahol az a^* érték a vörösség vagy zöldesség mértékét, a b^* érték a kékeség, vagy a sárgaság mértékét fejezi ki, az L^* érték pedig a színtől független világosságot jelöli. A műszer kalibrálására egy szabványos etalon fehér csempét használtam ($L^*=97,63$, $a^*=0,78$, $b^*=0,25$). Az egyes sütési tételekből hét-hét kekszet vizsgáltam, így a méréseket tizennégy ismétlésben végeztem el.

A ΔE érték a minták közötti látható színkülönbséget, fejezi ki, matematikai módszerrel számszerűsíthető a színmérés során kapott L^* , a^* és b^* értékek átlagai alapján, a következő egyenlet segítségével:

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2}, \text{ ahol}$$
$$\Delta L^* = L^*_2 - L^*_1; \Delta a^* = a^*_2 - a^*_1; \Delta b^* = b^*_2 - b^*_1$$

Az egyenlet alapján a ΔE érték nem lehet kisebb nullánál. A kapott érték értelmezésének megkönnyítése érdekében az általánosan használt definíciók a következők:

- $0 < \Delta E < 1$ – a különbség nem észrevehető,
- $1 < \Delta E < 2$ – a különbség csak a tapasztalt megfigyelők számára észrevehető,
- $2 < \Delta E < 3,5$ – a különbség a tapasztalatlan megfigyelők számára is észrevehető,
- $3,5 < \Delta E < 5$ – egyértelmű színkülönbség,
- $5 < \Delta E$ – a megfigyelők két különböző szintet érzékelnek (MOKRZYCKI ÉS TATOL 2011).

4.2.3.2 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása

A keksz mintákból a titrálható savtartalom meghatározása az MSZ 20501-1:2007 szabvány szerint, 0,1 N NaOH mérőoldattal titrálási módszerrel történt, 8,5-ös végső pH értékig. A pH-érték változását egy *HANNA Instruments Model pH 209* precíziós pH-mérővel (HANNA Instruments, Woonsocket, RI, USA) követtem. Az eredményeket a felhasznált mérőoldat mennyiségében (ml) fejeztem ki. A mérést minden minta esetében három ismétlésben végeztem.

4.2.3.3 Műszeres állományvizsgálat – Keménység

A termékek keménységét egy *Stable Micro Systems TA.XT2i* típusú precíziós állománymérő készülékkel (Stable Micro Systems, Godalming, Egyesült Királyság) vizsgáltam. A készülék kalibrálása egy 2000 g-os terhelésmérő cellával történt. A kekszok törési szilárdsága hárompontos hajlítási teszttel határozható meg. A talpazaton két tartó helyezkedik el, ezek távolsága állandó volt a termékek mérése közben az eredmények összehasonlítása céljából. Ezekről egyenlő távolságra helyezkedik el a penge, mellyel a hajlítási teszt elvégezhető. A felülettel való érintkezéskor a penge 3 mms^{-1} sebességgel, 5 mm távolságon keresztül gyakorolt nyomást a mintákra. A törés pillanatában mért erő a maximális erő, amely a minta keménységét jellemzi. A méréseket sütésenként hét-hét, mintánként összesen 14 ismétlésben végeztem el.

4.2.4 A fejlesztett tészta termékek egyes technofunkciós és minőséget jellemző tulajdonságainak vizsgálata

4.2.4.1 Színmérés, színkülönbség vizsgálata

A fejlesztett tészta minták színének vizsgálatát a hallgató *Konica Minolta CR-300* típusú készülékkel végezte el (Konica Minolta, Chiyoda, Tokió, Japán). A módszertan megegyezik a keksz termékek vizsgálata során alkalmazott módszertannal (MOKRZYCKI ÉS TATOL 2011). A méréseket minden minta esetében három ismétlésben végezte el.

4.2.4.2 Nedvességtartalom meghatározása

A vizsgált tészta minták nedvességtartalmának meghatározása *Sartorius MA 50* (Sartorius Lab Instruments GmbH & Co. KG, Göttingen, Németország) típusú gyors nedvességmérő berendezéssel történt. A vizsgálatot minden minta esetében három ismétlésben került elvégzésre, az eredmények tömegszázalékban (m/m%) kerültek megadásra. A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve szerint a fejlesztett termékek az egyéb száraztészta kategóriába sorolhatók be, ezek nedvességtartalma legfeljebb 13,0 m/m% lehet (MÉ 2-321).

4.2.4.3 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása

A tészta mintákból a savfok meghatározása az MSZ 6369-11:1987 szabvány szerint, 0,1 mólus NaOH mérőoldattal és fenolftalein indikátorral végzett titrálási módszerrel történt, amíg a mintából készített oldat színe halvány rózsaszínbe csapott át. Az eredmények Soxhlet-Henkel fokban (SH°) kerültek megadásra. A vizsgálat minden minta esetében három ismétlésben történt. A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve szerint alapján a fejlesztett termékek az „egyéb

száraztészta” kategóriába sorolhatók, ezek esetében a savfok értéke legfeljebb 5 °SH lehet (MÉ 2-321).

4.2.4.4 A főzési idő meghatározása

A főzési idő meghatározása az MSZ 20500-1:1985 szabvány alapján történt. A vizsgálat során 50 g törmelékmentes száraztészta-mintát 500 ml forrásban lévő vízbe helyeztek. Újraforrástól számítva főzési folyamat minden 30. másodpercében néhány tézsdarabot eltávolításra került a vízből, és a darabok felületén maradt felesleges víz felitatását követően a darabokat átlátszó üveglemezek közé szorította a hallgató. A főzési idő az alapján került meghatározásra, hogy a tézsta közepén lévő fehér, átfőzetlen, lisztes csík mikor tűnt el teljesen. A szabvány alapján a főzési idő nem haladhatja meg a 25 percet.

4.2.4.5 A vízfelvétel (duzzadókéesség) meghatározása

A száraztészta által a főzés során felvett víz mennyiségének meghatározása, azaz a duzzadókéesség vizsgálata az MSZ 20500-1:1985 szabvány alapján történt. A paramétert tömegszázalékban (m/m%) fejezik ki. Meghatározásához a hallgató a főtt tézstát Büchner-tölcsérbe helyezte, langyos vízzel leöblítette és lecsepegtette, ismert tömegű edényben lemérte, végül a következő képlettel határozta meg:

$$\text{vízfelvétel (m/m\%)} = \frac{a-b}{b} * 100,$$

ahol:

a = főtt tézsta tömege (g),

b = száraztészta tömege (g).

A szabvány alapján a főzés közben felvett víz mennyiségének legalább 100%-nak kell lennie.

4.2.4.6 A szétfőtt darabok arányának meghatározása

A szétfőtt darabok százalékos arányának meghatározása az MSZ 20500-1:1985 szabványnak megfelelően történt. 100 db törmelékmentes száraztészta kifőzését követően kiválogatásra kerültek a szétfőtt tézsdarabok, majd az ép és a szétfőtt darabok száma alapján a következő képlet alapján került meghatározásra a szétfőtt darabok aránya:

$$\text{szétfőtt darabok (\%)} = \frac{b}{a} * 100,$$

ahol:

b = szétfőtt darabok mennyisége (db),

a = kifőzött darabok mennyisége (db).

A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve szerint alapján mind a kontrollminta, mind a BM örleménnyel dúsított tészták az „egyéb száraztészta” kategóriába sorolhatók, amely esetében a szétfőtt darabok aránya legfeljebb 10% lehet (MÉ 2-321).

4.2.5 A vizsgált rovarörlemények és a fejlesztett termékek érzékszervi minősítése

4.2.5.1 Az érzékszervi minősítés módszereinek csoportosítása

Az érzékszervi bírálatok módszereit több szempont alapján csoportosíthatjuk. A szakirodalom a leggyakrabban az érzékszervi bírálók képzettsége (képzett vagy képzetlen), valamint a módszer elve (pl. leíró vizsgálat, összehasonlító vizsgálat, kedveltségi vizsgálat, rangsorolás) alapján sorolja csoportokba az egyes módszereket. A csoportok, valamint az azokba tartozó módszerek főbb jellemzői terjedelmi okokból az M6. mellékletben található. Doktori munkám során több érzékszervi vizsgálati módszert is alkalmaztam.

4.2.5.2 A rovarörlemények kvantitatív leíró érzékszervi profilanalízise

Az érzékszervi profilanalízis egy összetett, leíró jellegű vizsgálat, amely a különbségvizsgálati és rangsorolós módszerekkel ellentétben lehetővé teszi több érzékszervi jellemző egyidejű elemzését. A részletesen leírt tulajdonságok által a vizsgált minták összehasonlíthatók.

A profilanalízis során képzett, vagy szakértő bírálók (általában 12-15 fő) csoportja több lépésben meghatározza a vizsgált minták érzékszervi jellemzőit, valamint azok jellemző intenzitás-értékeit.

A bírálat során használt leíró kifejezések listája több módszer segítségével állítható össze (KÓKAI 2003, MSZ EN ISO 13299:2016):

1. Szabadszavas bírálat: az érzékszervi profilhoz a bírálók egyénileg választják ki a használni kívánt leíró kifejezéseket;
2. Közös kiválasztott kifejezésekkel történő bírálat:
 - a. a bírálóbizottság, azaz a *panel* tagjai mások által előre meghatározott leíró kifejezéseket használnak a bírálat során;
 - b. a panel tagjai *konszenzussal*, azaz egyénileg, majd közös munkával meghatározott kifejezéseket alkalmaznak a bírálat során.

A rovarörlemények kvantitatív érzékszervi profilanalízisének helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Budai Campusán az Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszékének Érzékszervi Minősítő Laboratóriuma volt. A laboratórium berendezése megfelel a vonatkozó,

bírálati helyiségek kialakítására vonatkozó szabványnak (MSZ EN ISO 8589:2015). A vizsgálat során az adatok felvételéhez az Érzékszervi Minősítő Laboratórium, valamint a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem közösen fejlesztett szoftverét, a *ProfiSens* szoftvert használtam (KÓKAI et al. 2004, MSZ EN ISO 13299:2016).

A bírálatot 15 főből álló, képzett, legalább 100 órás érzékszervi vizsgálati tapasztalattal rendelkező panel segítségével hajtottam végre két ismétlésben, a vonatkozó MSZ EN ISO szabványoknak megfelelően, referenciaminta alkalmazásával (MSZ EN ISO 13299:2016, MSZ EN ISO 8586:2014). Az Érzékszervi Minősítő Laboratórium gyakorlati tapasztalatai alapján egy bírálat során 6 minta értékelése javasolt, mivel ennél a mintaszámnál még nem jelentkezik az érzékszervi kifáradás. A rovarörlemények vizsgálata során a bírálók 7 mintát értékelték a referenciamintával együtt, amely az *Acheta domesticus* örleménye volt. Mivel a mintacsoport egy szűk élelmiszercsoport, és a bírálók megfelelő tapasztalattal rendelkeztek, a megnövekedett mintaszám nem okozott problémát a bírálat során. A panel tagjai a mintákat *szimultán* bírálták, tehát a mintákat egyszerre kapták meg, így *komparatív* (összehasonlító) bírálatot végeztek.

A ProfiSens szoftverben egy bírálat alkalmával 6 minta értékelésére van lehetőség. A vizsgált örlemények és a referenciaminta a konszenzushoz szükséges együttes prezentálására egy 7 mintát tartalmazó alátétlapot (a mintakódokat tartalmazó, a minták megkülönböztetését szolgáló nyomtatott alátét) készítettem. A bírálat során a szoftver mintaszám-limitációjának feloldáshoz a referenciamintát, és annak konszenzus során megállapított intenzitás-értékeit bírálónként külön prezentáltam, a vizsgált további hat mintát pedig a ProfiSens által generált, 6 mintát tartalmazó alátétlapon helyeztem a bírálati fülkébe.

A mintákat átlátszó, sterilizált, műanyag Petri-csészékbe helyeztem, háromjegyű véletlen számokkal kódoltam, majd a bírálók számára kiegyensúlyozott véletlenszerű kiosztással (*balanced randomized block design*), prezentáltam, tehát a minták sorrendje bírálónként eltért (MSZ ISO 6658:2018). Az egyes minták bírálata közti ízsemlegesítéshez a panel tagjainak szénsavmentes ásványvizet biztosítottam.

A bírálók képzése

Az érzékszervi bírálók képzésének célja a vizsgált minták objektív értékelése érdekében elengedhetetlen, hiszen a szakértői és leíró bírálatok, mint pl. a kvantitatív profilanalízis során a panel tagjai nem a saját preferenciáikat fejezik ki, hanem az egyes terméktulajdonságokat írják le, illetve azok intenzitását értékelik (GERE 2015).

Az első bírálatot megelőzően a panel tagjai a vonatkozó MSZ EN ISO szabvány szerinti bíráló-képzésen vettek részt, melynek során megismerkedtek az érzékszervi minősítés fogalmával és

általános szabályaival, illetve a kvantitatív profilanalízis módszerével. A képzés részeként tesztelésre került bírálók szín-, illat- és ízfelismerő képessége is.

A színfelismerő-képesség tesztelése során a bírálóknak 30 db, eltérő intenzitású zöld, piros és sárga színoldatot kell a színek szerint szétválogatniuk, valamint az intenzitás alapján sorba rendezniük a legvilágosabbtól a legsötétebbig. Az illatfelismerés során a panel tagjainak 10 véletlenszerűen kiválasztott illatot kell felismerniük. Az ízfelismerés során a bírálók feladata egy 9 darabból álló oldatsor ízeinek azonosítása volt, amelyben az 5 alapíz, az édes (szacharóz-oldat), a sós (nátrium-klorid oldat), a keserű (koffein-oldat), a savanyú (citromsav-oldat) és az umami (nátrium-glutamát oldat), valamint a fémesség (vas-II-szulfát-heptahidrát oldat) és a semleges íz (szénsavmentes ásványvíz) ismétlődött. Az azonosítás előtt a bírálóknak lehetőségük volt megismerkedni az oldatokkal az azonosítás megkönnyítése érdekében. A képzéshez használt színoldat-mintákat négy-, az illat és ízmintákat háromjegyű véletlen számokkal kódoltam, az ízfelismerés során szénsavmentes ásványvizet biztosítottam a minták közti ízsemlegesítéshez (MSZ EN ISO 8586:2014).

A bírálói konszenzus

A konszenzus létrehozásához a panel tagjai először egyénileg megismerkedtek a vizsgált mintákkal, majd csoportosan megállapították azokat a terméktulajdonságokat, amelyek alapján értékelték azokat (MSZ EN ISO 13299:2016). A referenciamintaként használt *Acheta domestica* őrlemény vizsgált tulajdonságainak intenzitás-értékei a konszenzus során kerültek megállapításra. A meghatározott terméktulajdonságok intenzitását mintánként és tulajdonságonként egy-egy 0-100-ig terjedő skála segítségével állapították meg a bírálók. A meghatározott terméktulajdonságokat az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A bírálói konszenzus során megállapított 27 terméktulajdonság.

Külső megjelenés	Illat	Íz	Állomány
Színintenzitás Szemcsésség Inhomogén küllem Barna szín	Globális illatintenzitás Halas illat Olajos magvas illat Pirított illat Gabonás illat Dohos illat Keserű illat Szúrós szag	Globális ízintenzitás Olajos magvas íz Pirított íz Gabonás íz Élesztős íz Sajtos íz Édes íz Sós íz Keserű íz Íztartósság	Állomány inhomogenitása Szemcsés állomány Nedvesség Ropogósság Szájbevonó-képesség

4.2.5.3 A rovarörleménnyel dúsított termékek fogyasztói érzékszervi minősítése

A szakértői, és képzett panellel végrehajtott bírálatokkal szemben a fogyasztói érzékszervi minősítés során a bírálók a termékkel, illetve a termékek tulajdonságaival kapcsolatos preferenciákra, azaz a kedveltségre, a termék elfogadására, vagy akár a vásárlási hajlandóságra irányuló kérdéseket kapnak. Az ilyen bírálatok során a vizsgált mintákkal kapcsolatos előzetes ismeret befolyásolhatja a kapott eredményt, így kerülendő, hogy a bírálók ismerjék a termékeket, vagy azok márkáját. További fontos tényező, hogy a fogyasztói érzékszervi vizsgálatok során alacsony mintaszámmal dolgozzunk, valamint egyszerű, könnyen értelmezhető kérdőíveket és skálákat alkalmazzunk, ugyanis a fogyasztói panel esetében nem szükséges, és nem is elvárható az érzékszervi minősítés módszereinek mélyebb ismerete. Ebből kifolyólag különös figyelmet kell fordítani a feladat egyértelmű ismertetésére. A vonatkozó MSZ EN ISO 11136:2017 szabvány, valamint a nemzetközi szakirodalom alapján a panel minimum 60 főből kell álljon, összetétele szempontjából ajánlott törekedni a reprezentativitásra. A résztvevők kiválasztása során érdemes arra is törekedni, hogy a panelt a potenciális célcsoport alkossa (GERE 2015, NÆS et al. 2010, MSZ EN ISO 11136:2017).

A vizsgálatok helyszíne a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (MATE) Budai Campusán az Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítés Tanszékének Érzékszervi Minősítő Laboratóriuma volt. A laboratórium berendezése megfelel a vonatkozó, bírálati helyiségek kialakítására vonatkozó szabványnak (MSZ EN ISO 8589:2015).

Az kapott eredmények megbízhatóságának biztosítása érdekében a fogyasztók részletes tájékoztatást kaptak a bírálat menetéről. A résztvevőket szóban és írásban is tájékoztattam a minták rovartartalmáról, a bírálók egy önkéntességi nyilatkozatot is kitöltöttek, amelyben nyilatkoztak, hogy tudomást szereztek a termékek rovartartalmáról, valamint a rovarok esetleges allergizáló hatásáról (M7. melléklet).

A minták bemutatása során Kilcast ajánlásait követtem (KILCAST 2010). A vonatkozó szabványoknak, valamint a jó érzékszervi gyakorlatnak megfelelően a vizsgált mintákat négyjegyű véletlen számokkal kódoltam, továbbá kiegyensúlyozott véletlenszerű kiosztással prezentáltam a panelek tagjainak (MSZ ISO 6658:2018). Az ízathordásból eredő hibák kiküszöbölése érdekében szénsavmentes ásványvizet biztosítottam számukra. A vizsgálatok elvégzéséhez a RedJade® szoftvert használtam (RedJade Sensory Solutions, Martinez, Kalifornia, USA).

Az Acheta domesticus örleménnyel dúsított zabkekszek fogyasztói érzékszervi bírálata

A bírálóban 67 fő, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (korábban Szent István Egyetem) hallgatói vettek részt 2019-ben. A bírálók toborzása hólabda-módszerrel (*snowball sampling*) történt, az így létrejött panelt 35,82%-ban férfiak, 64,18%-ban nők alkották. Az életkor 18 és 35 év között mozgott, 67,16%-uk 18-23 éves volt. A résztvevők 55,22%-a a fővárosban, Budapesten élt, 38,81%-uk már kóstolt rovarokat, vagy rovaralapú élelmiszereket. A panel tagjainak kiválasztásakor fontos szempont volt, hogy hetente legalább egyszer fogyasszanak keksz termékeket. Minden bíráló egy-egy darab kekszet kapott mintánként.

A Check-All-That-Apply (CATA) módszer elve

A *Check-All-That-Apply* (CATA) egy sokoldalúan használható, feleletválasztós kérdéseket alkalmazó érzékszervi vizsgálati módszer, mely során a résztvevők egy előre összeállított kifejezéslistát kapnak, amely kifejezésekből ki kell választaniuk mindazokat, amelyek szerintük a vizsgált mintára vonatkoznak. Bár a módszert korábban csak képzett panellel használták, mára már széles körben elterjedt a marketingkutatók, így a fogyasztói vizsgálatok terén is. Népszerűségének oka, hogy használatával kivédhető a nem megfelelő szókincsből eredő hiányosságok, így a csökken a résztvevők válaszadási terhe. A mintában jelen lévő tulajdonságok listából való kiválasztása a fogyasztó bírálók számára is egy könnyű és intuitív feladat, amely kevesebb kognitív erőfeszítést igényel, mint más, tulajdonság-értékelésen alapuló módszerek (pl. intenzitás-skálák) (ARES ÉS JAEGER 2015).

A teszt során alkalmazott tulajdonságok listája

A CATA tesztekben bemutatott kifejezéslisták általában kizárólag a termék érzékszervi jellemzőit tartalmazzák. Amennyiben fel szeretnénk tárni a fogyasztók érzelmeire és a kedveltségre ható, valamint az elfogadásra vonatkozó jellemzőket, a listában szerepeltethetünk *hedonikus*, valamint nem érzékszervi jellemzőkkel kapcsolatos kifejezéseket is, mint például érzelmek (PIQUERAS-FISZMAN ÉS JAEGER 2014, ARES ÉS JAEGER 2013). A lista negatív tulajdonságokat, hibákat is tartalmazhat, amelyekkel kapcsolatban korábban feltételezték, hogy befolyásolhatja a fogyasztók kedveltség-értékelését, azonban ezt nem tudták bizonyítani egy tanulmányban sem. Ez alapján a CATA tesztek kedveltségi kérdésekkel való kiegészítése összetettebb termékjellemzésre is alkalmas, így segítheti a termékfejlesztést (ARES ÉS JAEGER 2015).

A rovarörleményt tartalmazó keksz termékek, valamint a kontrollminta vizsgálata során használt 38 kifejezés listáját egy 10 képzett bírálóból álló panel segítségével, konszenzusos alapon állítottam össze. A panel a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Érzékszervi Minősítő

Laboratóriumában a vonatkozó MSZ EN ISO 8586 szabvány alapján képzett bírálókból állt (MSZ EN ISO 8586:2014). A kifejezések listáját a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A CATA teszt során alkalmazott kifejezések listája terméktulajdonságonként.

Terméktulajdonság	CATA kifejezések
Külső megjelenés	túl sötét, túl világos, pont jó színű, barna, szemcsés
Illat	túl erős illatú, túl gyenge illatú, sajtos illatú, kesernyés illatú, magvas illatú, földes illatú, napraforgómagos illatú, pirítós illatú, kellemes illatú, halas illatú
Állomány	omlós, kemény, puha, morzsalékos, zsíros, ropogós, darabos, száraz, tapadós
Íz	túl erős ízű, túl gyenge ízű, sajtos ízű, magvas ízű, fűszeres ízű, sós ízű, napraforgómag ízű, pirítós ízű, ízletes, édes ízű, pikáns, halas ízű, égett ízű, íze hosszan tart

A teszt során a bírálók az adott kifejezések számának korlátozása nélkül választhattak. Ares és Jaeger tapasztalatai alapján a felsorolt kifejezések használatának gyakorisága növelhető, ha csoportosítjuk és strukturáltan (pl. ízzel kapcsolatos kifejezések, illattal kapcsolatos kifejezések stb.) prezentáljuk a panel tagjainak, így a kérdőívet ennek megfelelően állítottam össze a RedJade® szoftverben (6. ábra) (ARES ÉS JAEGER, 2013). Az egyes tulajdonságokra vonatkozó, valamint az összkedveltség-értékek (*Overall Liking*, OAL) rögzítéséhez 9 tagú hedonikus skálákat alkalmaztam, ahol az 1 = „egyáltalán nem kedvelem”, 9 = "nagyon kedvelem" (6. ábra).

6. ábra: A RedJade® szoftverben a CATA-teszthez összeállított kérdőív részletei (saját kép).

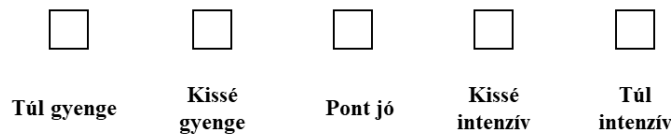
Ahogy a 6. ábrán is látható, a CATA kérdőív egy többszörös feleletválasztó feladat. A rögzített adatokat a szoftver egy *dichotóm, bináris* adattáblává konvertálja: annál a tulajdonságánál vagy kifejezésnél, amelyet a bíráló jelen lévőként, vagy igazként jelölt meg az adott mintára vonatkozóan 1, annál pedig, amelyet nem jelölt meg, 0 jelenik meg. Az így létrehozott adattábla alapján megállapítható, hogy melyik felsorolt tulajdonság volt jelen, és melyik nem volt jelen a mintában a fogyasztók szerint. A bináris adattábla és az összkedveltség átlagértékeinek együttes elemzésével vizsgálható egyes kifejezések és tulajdonságok összkedveltségre gyakorolt hatása, ez az ún. *mean drop analízis*. Az elemzés során minden a kérdőívben szereplő terméktulajdonság és kifejezés esetében kiszámításra kerül az összkedveltség átlagpontszáma, abban az esetben is, ha az adott tulajdonság/kifejezés a bírálók szerint jelen van a mintában, és abban az esetben is, ha nincs jelen. Az átlagértékek felhasználásával kalkulált *mean impact* érték segítségével megállapítható, hogy a tulajdonság jelenléte vagy hiánya befolyásolja-e az összkedveltséget, és ha igen, milyen irányba (ARES ÉS JAEGER 2015).

A Bombyx mori örleménnyel dúsított száraztészták fogyasztói érzékszervi minősítése

A bírálatban 40 fő, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem (korábban Szent István Egyetem) hallgatói és munkatársai vettek részt 2018-ban. A bírálók toborzása hólabda-módszerrel (*snowball sampling*) történt, az így létrejött panelt 28,21%-ban férfiak, 71,79%-ban nők alkották. Az életkor 19 és 43 év között mozgott, az átlagéletkor $23,28 \pm 4,71$ év volt. A résztvevők 41,02%-a a fővárosban, Budapesten élt, 48,72%-uk hetente egyszer fogyaszt száraztésztát, amely leggyakrabban durum, vagy teljes kiőrlésű lisztből készült száraztészta. Minden bíráló 50 g főtt tésztát kapott mintánként, amely a mintaelőkészítés során konyhai mérleggel került kimérésre.

Az optimumskálák és a Penalty Analysis módszer elve

Az optimumskálák, azaz a „*just-about-right*” (JAR) skálák az intenzitás-, valamint a hedonikus-skálákat ötvözik (7. ábra). Ezek a skálák bipolárisak, tehát két kifejezetten ellentétes végponttal és egy középső, neutrális ponttal rendelkeznek - előbbieket a „túl kevés” és a „túl sok” kifejezéseknek feleltethetők meg, a középpontot pedig általában az „éppen megfelelő”, vagy a „pont jó” kifejezéssel jelölik meg. A JAR-skálák a középben elhelyezkedő neutrális pont miatt páratlan számú, általában 5, illetve 7 tagból állnak. A skálatípust kategóriaskálaként alkalmazzuk, fogyasztói pannellel végzett bírálatok esetében (LAWLESS ÉS HEYMANN 2010, ROTHMAN ÉS PARKER 2009, PLAETHN ÉS HORNE 2008).



7. ábra: Egy öttagú *just-about-right* (JAR) skála tagjainak szemléltetése kategóriaskálán (saját szerkesztés).

Egy adott terméktulajdonság a fogyasztó vagy a felhasználó szerint lehet túl intenzív, kissé intenzív, illetve optimális. A JAR-skálák „diagnosztikus”, vagy magyarázó információkat szolgáltathatnak: segítségével meghatározható a bíráló számára ideális intenzitás-értéktől való eltérés mértéke. Ezek alapján azonosíthatók a fogyasztók azon különböző szegmensei, akik egy érzékszervi tulajdonság különböző szintjeit részesítik előnyben, illetve ezek ismeretével javíthatjuk a terméket. Épp ezért kulcsfontosságú az optimumskálákkal kapott eredményeket összevetni a „hagyományos” hedonikus skálákon rögzített kedveltségi adatokkal (GERE 2015).

A *Penalty analysis*, azaz „büntetőelemzés”, a JAR- és kedveltség adatok elemzésére leggyakrabban használt módszer. Segítségével meghatározható, hogy a bírálók által megadott JAR-értékek („Túl intenzív”, „Pont jó” vagy „Nem elég intenzív”) összefüggésben állnak-e a hedonikus értékeléssel, pl. az adott tulajdonság kedveltségével, vagy az összkedveltséggel. Az elemzés során minden vizsgált terméktulajdonság esetében kiszámításra kerül az összkedveltség átlagpontszáma, abban az esetben is, amikor a bírálók nem optimálisként jelölték meg az adott jellemzőt. Az összkedveltség-átlagértékek, valamint a válaszadók arányának felhasználásával kalkulált *mean drop* és *Penalty* értékek segítségével megállapítható, hogy amennyiben egy tulajdonság túl intenzív, vagy nem elég intenzív az csökkenti-e az összkedveltséget, és ha igen, milyen mértékben. Ez az eredmény segítheti a termékfejlesztés folyamatát olyan módon, hogy megmutatja, melyik terméktulajdonságot és milyen irányba szükséges optimalizálni annak érdekében, hogy növekedjen a termék kedveltsége és fogyasztói elfogadása (ROTHMAN ÉS PARKER 2009).

A rovarőrleményt tartalmazó száraztészta-termékek, valamint a kontrollminta bírálatának lebonyolítása a RedJade® szoftverrel történt. A bírálat során vizsgált tulajdonságok a 7. táblázatban szerepelnek. A bírálók JAR-értékelései 9 tagú optimumskálákon, kedveltség- és összkedveltség-értékelései 9 tagú hedonikus skálákon kerültek rögzítésre, ahol az 1 = „egyáltalán nem kedvelem”, 9 = "nagyon kedvelem" (8. ábra).

7. táblázat: A Penalty Analysis során vizsgált terméktulajdonságok.

Optimumskálán vizsgált tulajdonságok	Hedonikus skálán vizsgált tulajdonságok
Szín Globális illatintenzitás Főtt tészta illat intenzitása Keménység Ragadósság Globális ízintenzitás Főtt tészta íz intenzitása	Szín Illat Állomány Szemcsésség Íz OAL

8. ábra: A RedJade® szoftverben a Penalty analysis-hez összeállított kérdőív részletei (saját kép).

4.2.6. Adatelemzés- és értékelés

Doktori munkám mérési eredményeinek elemzéséhez első lépésben leíró statisztikai módszereket (átlag és szórás meghatározása, százalékszámítás) és normalitásvizsgálatokat alkalmaztam.

A rovarőrlemények makroösszetétel- és érzékszervi profilanalízis eredményeinek elemzéséhez Kruskal-Wallis tesztet és varianciaanalízist (*Analysis of Variance*, ANOVA) alkalmaztam Conover-Iman-féle páros összehasonlító módszerrel és Tukey-féle post hoc teszttel, attól függően, hogy az adatok normál eloszlást követtek vagy sem. Dimenziócsökkentő eljárásaként főkomponens elemzést (*Principal Component Analysis*, PCA) alkalmaztam (HOFFMAN 2019, SAJTOS ÉS MITEV 2007).

A rovarőrlemények spektrális adatainak osztályozásakor a NIR spektrumokon adatelőkezelésként sornormalizálást (*Standard Normal Variate*, SNV) (BEC et al. 2021, WORKMAN ÉS WEYER 2007, DUCKWORTH 2004) hajtottam végre, majd spektrumderiválást alkalmaztam. A rovarőrlemények csoportosításához a spektrális adatokat hierarchikus klaszterelemzéssel (*Hierarchical Cluster Analysis*, HCA) is elemeztem (GERE 2023, ESSARY et al. 2022, ROUSSEEUW 1987).

A rovarőrlemények makroösszetétel, NIR spektrális és érzékszervi profilanálízis adatainak összehasonlítását többszörös faktoranalízissel (*Multiple Factor Analysis*, MFA) végeztem el (ABDI et al. 2013).

A vizsgált őrlemények búzaliszttal alkotott keverékeinek NIR spektrális adatait főkomponens analízissel, lineáris diszkriminancia-analízissel (*Linear Discriminant Analysis*, LDA) (XANTHOPOULOS et al. 2013) és parciális legkisebb négyzetek regresszióval (*Partial Least Squares Regression*, PLSR) elemeztem (BENES et al. 2020, HOPE 2020, TAKAHAMA ÉS DILLNER 2015).

A rovarőrleményekkel dúsított keksz- és száraztészta-termékek technofunkciós és minőséget jellemző paramétereinek mérési eredményeit és az érzékszervi kedveltségi vizsgálatok eredményeit varianciaanalízissel és Tukey-féle post hoc teszttel, valamint Kruskal-Wallis teszttel és Conover-Iman-féle páros összehasonlítással elemeztem. Az adatok közti összefüggések vizsgálatához Pearson-féle korrelációelemzést alkalmaztam (SAJTOS ÉS MITEV 2007).

Az AD őrleménnyel dúsított keksz termékek esetében a *Check-All-That-Apply* (CATA) analízis során Cochran-féle Q-tesztet (*Cochran's Q test*) (ASLAM 2023), korrespondencia analízist (*Correspondence Analysis*, CA) (MEYNERs et al. 2013, MCEWAN ÉS SCHLICH 1991), főkoordináta elemzést (*Principal Coordinate Analysis*, PCoA) (ZUUR et al. 2007) és egymintás *t*-próbát alkalmaztam (ROSS ÉS WILLSON 2017). A BM őrleménnyel dúsított száraztészta termékek *Penalty analízise* során szintén egymintás *t*-próbával elemeztem az eredményeket.

A statisztikai elemzéseket minden esetben 5%-os szignifikanciaszinten végeztem el. Az adatelemző módszerek futtatását, illetve az eredmények grafikus ábrázolását XLSTAT for Microsoft Excel (version 20.6 – 2023.5, Addinsoft, Paris, France), Statsoft Statistica (version 10, Tulsa, OK, USA), R-project (version 4.0.2) (R Core Team, 2020) és R-project cluster package (version 2.1.0) (Maechler et al., 2021), OPUS 7.2 (Bruker, Ettlingen, Germany), valamint Microsoft Office Excel 2019 szoftverek segítségével kiviteleztem.

Az alkalmazott adatelemző és -értékelő módszerek részletes bemutatását az M8. melléklet tartalmazza.

5. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

5.1. A vizsgált rovarőrlemények

5.1.1. A vizsgált rovarőrlemények makroösszetétele

A rovarőrlemények makroösszetételének meghatározása során a Eurofins Food and Feed Testing Budapest Kft. (korábban Wessling Hungary Kft.) munkatársai a termékek szárazanyag- és nedvesség-, nyersfehérje-, zsír-, nyersrost-, valamint hamutartalmát határozták meg.

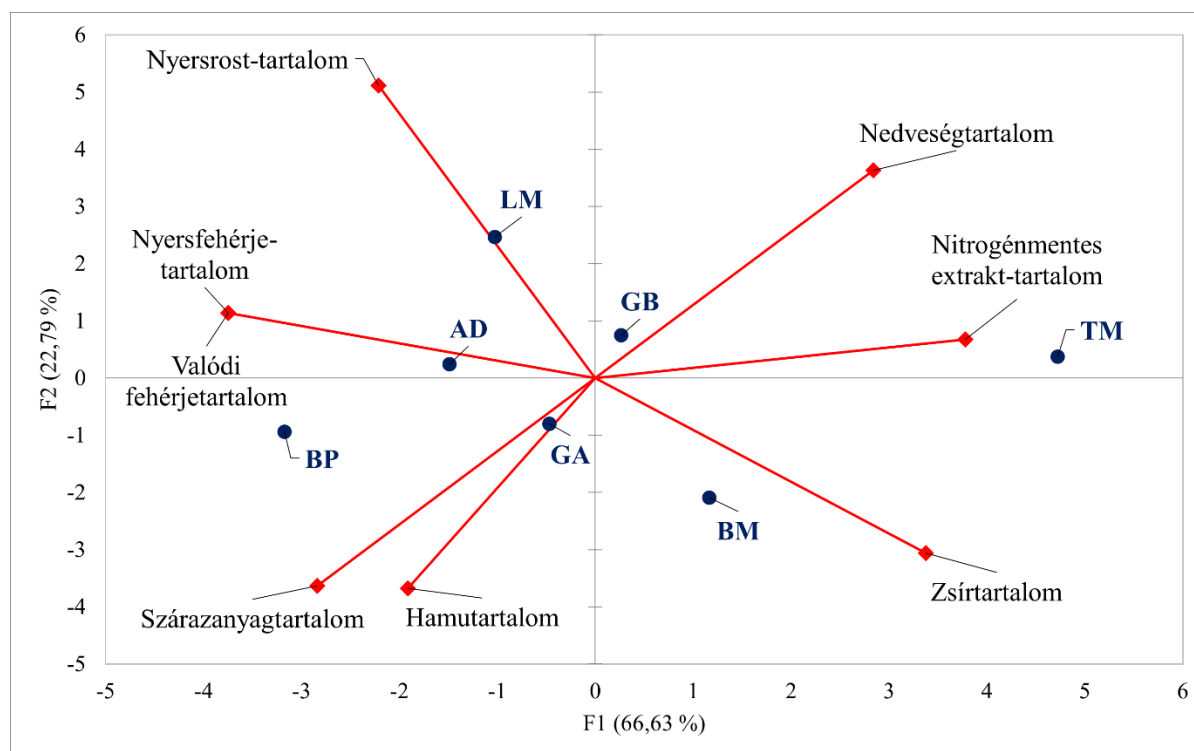
A fehérjetartalom meghatározása során az élelmiszerek összetételéből fakadóan a fehérjéken kívül más, nitrogént tartalmazó vegyületekkel is számolnunk kell. Analitikai szempontból ezért a nitrogéntartalom meghatározásával nem a fehérjetartalomra, hanem az úgynevezett nyersfehérje-tartalomra következtethetünk. A nitrogéntartalmat az ún. nitrogén-fehérje konverziós faktorról (k_p) megszorozva fehérjeként határozzuk meg az összes nitrogéntartalmú vegyületet. A konverziós faktor gyakorlatban leggyakrabban használt értéke állati termékek esetében 6,25, mivel ezek nitrogéntartalma kb. 16% (CSAPÓ ÉS CSAPÓ 2004). A rovarok esetében az *exoskeleton* alkotó nagy mennyiségű kitin szignifikáns nitrogéntartalommal rendelkezik, így esetükben a $k_p=6,25$ alkalmazása a fehérjetartalom kb. 17%-os túlbecsüléséhez vezethet (BOULOS et al. 2020). A szakirodalmi adatok alapján szerkesztett 8. táblázatban is látható, a k_p érték rovarfajonként eltér, a rendelkezésre álló eredmények alapján 4,67 és 5,33 közé esik. Mivel a rovarfehérjékre vonatkozó k_p érték esetében még nincs tudományos konszenzus, az egyes tanulmányok adatainak összehasonlíthatósága érdekében a $k_p=6,25$ használata továbbra is elfogadott (OONINCX ÉS FINKE 2021).

Annak érdekében, hogy a meghatározott nitrogén- és nyersfehérje-tartalom alapján minél pontosabb valódi fehérjetartalom-értékeket kapjak, a szakirodalmi adatok felhasználásával számított k_p értékeket alkalmaztam. Az egyes fajok esetében fellelt adatok átlagolásával egy átlagos k_p értéket képeztem, amely felhasználásával kiszámoltam a rovarokból származó őrlemények valódi fehérjetartalmát (8. táblázat).

A vizsgált rovarőrlemények makroösszetételét a nyers- és a valódi fehérjetartalommal a 9. ábra és a 9. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: A szakirodalomban fellelhető, rovarokra vonatkozó nitrogén-fehérje konverziós faktorok (k_p) fajonként (BOULOS et al. 2020, RITVANEN et al. 2020, BELGHIT et al. 2019, JANSSEN et al. 2017a), valamint ezek átlagértékei és szórásaik.

A felhasznált rovarok		<i>Acheta domesticus</i> imágó	<i>Locusta migratoria</i> imágó	<i>Gryllus bimaculatus</i> imágó	<i>Hermetia illucens</i> lárva	<i>Alphitobius diaperinus</i> lárva	<i>Tenebrio molitor</i> lárva
k_p a szakirodalmi adatok alapján	Janssen et al. 2017	-	-	-	4,67	4,86	4,75
	Belghi et al. 2019	4,67	-	-	-	-	4,74
	Boulos et al. 2020	5,25	5,33	-	-	-	5,41
	Ritvanen et al. 2020	5,09	-	5,00	-	-	-
Konverziós faktor (k_p) fajonként		5,00±0,30	5,33	5,00	4,67	4,86	4,97±0,38
A konverziós faktorok (k_p) átlaga és szórása		4,97±0,22					



9. ábra: A vizsgált rovarörlemények szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott makroösszetételadatain futtatott főkomponens-analízis (PCA) által létrehozott biplot (n=7, F1 + F2 = 89,41%). AD: *Acheta domesticus*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*.

9. táblázat: A vizsgált rovarőrlemények makroösszetétele (átlag±szórás*, n=7) a nyers- és valódi fehérje-tartalommal, az elvégzett Conover-Iman post-hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	Száranyag-tartalom (g/100 g)	Nedvesség-tartalom (g/100 g)	Hamu-tartalom (g/100 g sz.a.)	Nyersfehérje-tartalom (g/100 g sz.a.)	Valódi fehérje-tartalom (g/100 g sz.a.)	Zsírtartalom (g/100 g sz.a.)	Nyersrost-tartalom (g/100 g sz.a.)	Nitrogénmentes extrakt-tartalom (g/100 g sz.a.)
AD	96,97±0,13 ^f	3,03±0,13 ^b	3,93±0,06 ^b	69,46±0,21 ^e	55,23±0,17 ^e	9,99±0,10 ^c	10,44±0,03 ^f	3,16±0,26 ^{ab}
TM	95,71±0,01 ^a	4,29±0,01 ^g	2,63±0,16 ^a	48,07±0,22 ^a	38,22±0,18 ^a	29,65±0,07 ^g	6,48±0,01 ^b	8,88±0,14 ^d
LM	96,06±0,01 ^c	3,94±0,01 ^e	3,24±0,12 ^{ab}	72,28±0,15 ^f	57,48±0,12 ^f	4,11±0,10 ^a	12,36±0,01 ^g	4,06±0,13 ^c
GA	96,72±0,01 ^d	3,28±0,01 ^d	4,31±0,30 ^c	66,64±0,14 ^d	52,99±0,11 ^d	15,43±0,08 ^e	6,86±0,01 ^c	3,48±0,33 ^b
GB	95,93±0,00 ^b	4,07±0,00 ^f	4,32±0,22 ^c	64,10±0,25 ^e	50,97±0,20 ^c	13,18±0,26 ^d	9,95±0,01 ^d	4,39±0,72 ^c
BP	98,11±0,02 ^g	1,89±0,02 ^a	3,93±0,04 ^b	73,60±0,05 ^g	58,53±0,04 ^g	8,65±0,01 ^b	10,03±0,01 ^e	1,89±0,04 ^a
BM	96,77±0,01 ^e	3,23±0,01 ^c	4,43±0,01 ^c	59,88±0,17 ^b	47,61±0,13 ^b	23,61±0,02 ^f	3,68±0,08 ^a	5,18±0,23 ^d

AD: *Acheta domesticus*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik. sz.a. – szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva

A vizsgált rovarőrlemények esetében megfigyelhető, hogy szárazanyag- és nedvességtartalmuk nagyon hasonló, azonban az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredménye alapján szignifikáns a különbség az egyes minták szárazanyag- és nedvességtartalma között (szárazanyag-tartalom: $[H(6)=12,800, p=0,046]$, nedvességtartalom: $[H(6)=12,800, p=0,046]$). A legalacsonyabb szárazanyag-tartalommal, így a legmagasabb nedvességtartalommal a TM őrlemény (szárazanyag-tartalom: 95,71 g/100 g, nedvességtartalom: 4,29 g/100 g), a legmagasabb szárazanyag-tartalommal és a legalacsonyabb nedvességtartalommal a BP őrlemény rendelkezik (szárazanyag-tartalom: 98,11 g/100 g, nedvességtartalom: 1,89 g/100 g). A kapott mérési eredmények alapján a különböző fejlődési stádiumban lévő rovarok esetében nincs egyértelmű különbség a szárazanyag- és nedvességtartalom-értékek között, amely valószínűleg a közel azonos feldolgozási technológiának (szárítás) köszönhető.

A vizsgált rovarőrlemények szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott hamutartalma relatíve alacsony, melynek oka, hogy bár a rovarok egészben kerülnek feldolgozásra, nem rendelkeznek olyan magas ásványi anyag tartalmú meszes vázzal, mint a gerinces élőlények (ZHOU et al. 2022). A hamutartalom esetében a legalacsonyabb értékkel a TM őrlemény rendelkezik (2,63 g/100 g), a legmagasabb értékkel pedig a BM őrlemény (4,43 g/100 g). Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt nem mutatott szignifikáns különbséget a minták között $[H(6)=11,657, p=0,070]$. A hamutartalom-értékek a szakirodalmi adatokhoz hasonlóan, 2,00 és 5,00 g/100 g között alakultak (Brogan, 2018; Brogan et al., 2023; Messina et al., 2019), azonban a mért értékek még ugyanazon fajon és fejlődési stádiumon belül is eltéréseket mutattak.

A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott fehérjetartalom esetében a nyersfehérje- és a valódi fehérjetartalom között átlagosan 20,48%-os eltérést tapasztaltam a szakirodalmi adatok alapján a 17%-os kalkulált k_p érték alkalmazásával, amely összhangban van a Boulos által megállapított értékkel (BOULOS et al. 2020). Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredménye alapján szignifikáns a különbség az egyes őrlemények fehérjetartalma között $[H(6)=12,800, p=0,046]$. A legmagasabb fehérjetartalommal a BP őrlemény rendelkezik, amelynek valódi fehérjetartalma 58,53 g/100 g. A legalacsonyabb valódi fehérjetartalom a TM őrlemény esetében figyelhető meg, amely 38,22 g/100 g. A kapott eredmények alapján egyértelmű különbség figyelhető meg a különböző fejlődési stádiumban lévő rovarok őrleményeinek fehérjetartalma között: a lárva és báb állapotú, Coleoptera és Lepidoptera rendbe tartozó TM és BM őrlemények valódi fehérjetartalma alacsonyabb, mint a többi, imágó állapotban feldolgozott, Orthoptera rendbe tartozó rovar (AD, LM, GA, GB, BP) valódi fehérjetartalma (TM: 38,22 g/100 g, BM: 47,61 g/100 g, AD, LM, GA, GB és BP átlaga: 55,04 g/100 g).

Összetétel szempontjából a legnagyobb eltéréseket a zsírtartalom esetében figyeltem meg. A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott legalacsonyabb zsírtartalommal az LM őrlemény

rendelkezett (4,11 g/100 g), míg a legmagasabbal a TM (29,65 g/100 g). Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredménye alapján az őrlemények zsírtartalma között szignifikáns a különbség [$H(6)=12,800, p=0,046$]. Az eltérés a fehérjetartalomhoz képest fordított: a kifejlett, Orthoptera rendbe tartozó rovarokból származó őrlemények esetében a zsírtartalom jóval alacsonyabb, mint a lárva és bábállapotú, Coleoptera és Lepidoptera rendbe tartozó rovarokból származó őrleményeké. Megfigyelhető továbbá, hogy a különbség a vizsgált sáska- és tücsökfajok őrleményei között is jóval kifejezettebb, az LM őrlemény zsírtartalma kevesebb, mint a fele a hozzá legközelebb álló BP őrleménynek (LM: 4,11 g/100 g, BP: 8,65 g/100 g).

Bár ismereteink az ehető rovarok nyersrost-frakcióinak összetételével kapcsolatban jelenleg még hiányosak, a rendelkezésre álló szakirodalmi adatok alapján az egész rovarokban ezek a vegyületek *szklerotizált* fehérjék, ásványi anyagok és egyéb, kitinhez kötött vegyületek (OONINCX ÉS FINKE 2021). A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott nyersrost-tartalom esetében kisebb különbségeket figyeltem meg, azonban a fehérjetartalomhoz hasonlóan a legalacsonyabb értékkel ebben az esetben is a BM és a TM őrlemények rendelkeztek (BM: 3,68 g/100 g, TM: 6,48 g/100 g), míg a legmagasabbal az LM őrlemény rendelkezett (12,36 g/100 g). Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredményei alapján a vizsgált minták között szignifikáns a különbség [$H(6)=12,800, p=0,046$]. Megfigyelhető továbbá, hogy a négy vizsgált tücsökfaj (AD, GA, GB és BP) összetétele az előző bekezdésekben elemzett paraméterek esetében hasonlóan alakult, azonban a GA őrlemény nyersrost-tartalma a többi Gryllidae családba tartozó fajhoz képest alacsonyabb (6,86 g/100 g).

A szárazanyag-tartalomra vonatkoztatott nitrogénmentes extrakt-tartalom (*Nitrogen-Free Extract*, NFE) legnagyobbbrészt a vizsgált őrlemények vízoldható szénhidrát-tartalma (egyszerű cukrok, keményítő), valamint kis mennyiségű egyéb anyag (RIEKKINEN et al. 2022). Az ehető rovarok NFE-tartalma a publikált tanulmányok alapján igen széles intervallumban mozog, és szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva akár a 20 g/100 g értéket is elérheti (MEYER-ROCHOW et al. 2021). Az általam vizsgált rovarőrlemények esetében az NFE-tartalom 1,89 g/100 g és 8,8 g/100 g között mozgott; legalacsonyabb NFE-tartalommal a BP őrlemény, a legmagasabbal pedig a TM őrlemény rendelkezett. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt alapján a vizsgált őrlemények NFE-tartalma között a különbség nem volt szignifikáns [$H(6)=12,400, p=0,054$].

A kutatási eredményeim felhasználásával feltárt összetételbeli különbségek a szakirodalmi adatok esetében is megfigyelhetők, háttérükben pedig számos változatos ok állhat. Az Orthoptera rendbe tartozó fajok esetében több más tanulmányban is megfigyelték, hogy szignifikánsan magasabb a fehérjetartalom, mint más rovarrendek fajainál. Az összetétel nem csak rendenként vagy fajonként, hanem különböző fejlődési stádiumonként is nagyban eltérhet: a lárva- és bábállapotú rovarok fehérjetartalma általában alacsonyabb, azonban energiatartalma magasabb,

amely arra enged következtetni, hogy összetételükben nagyobb hányadban vannak jelen fehérjénél magasabb energiatartalmú tápanyagok, azaz a lipidek, amelyek az átalakuláshoz szükséges energiát szolgáltatják. Egyes tanulmányok eredményei alapján a nőivarú egyedek fehérje- és zsírtartalma magasabb, mint a hímeké, amely valószínűleg a szaporodással és a tojásrakással hozható összefüggésbe. A magas cukortartalmú táplálékkal táplálkozó rovarok (pl. méhek, hangyák) esetében magasabb szénhidrát- így NFE-tartalom figyelhető meg. A Coleoptera rendbe tartozó, kemény szárnyfedővel rendelkező kifejlett rovaroknak, illetve a nagy méretű, Orthoptera rendbe tartozó imágóknak jelentősen magasabb a rosttartalma. A változatos eredmények háttérében állhatnak továbbá a takarmányozásból fakadó különbségek, eltérő tenyésztési körülmények (pl. a besugárzott fény minősége és a páratartalom ingadozásai), az adott éghajlat, az évszak vagy az évjárat populációra gyakorolt hatása, valamint a feldolgozás módja (pl. hőközlés, hőelvonás, szárítás, liofilizálás, pörkölés, piritás) (AGUILERA et al. 2021, MEYER-ROCHOW et al. 2021, VAN HUIS et al. 2021, GHOSH et al. 2016, KOUŘIMSKÁ ÉS ADÁMKOVÁ 2016, WILLIAMS et al. 2016, PAYNE et al. 2016, VERKERK et al. 2007).

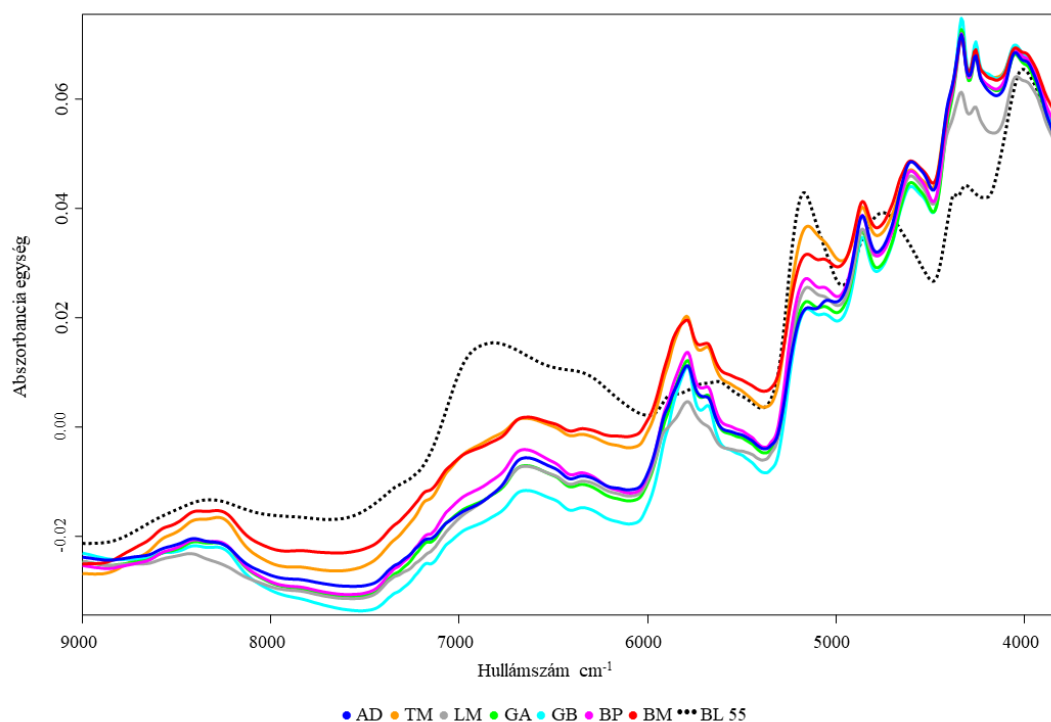
5.1.2 A vizsgált rovarőrlemények osztályozása a spektrális adatok alapján

A felvett spektrumok minőségi kiértékelését megelőzően a szemcseméretből adódó különbségek kiküszöbölése érdekében adat-előkezelésként sornormalizálást (*Standard Normal Variate*, SNV) hajtottam végre. A 12500-9000 cm^{-1} hullámszámtartományt a legnagyobb mértékben a vizsgált őrlemények színe befolyásolja, ezért ezt a tartományt kihagytam az elemzésből. Az összehasonlíthatóság érdekében a rovarőrlemények spektrumai mellett a BL 55 búzaliszt spektrumát is felvettem, amelyet már számos közleményben elemeztek (MISHRA et al., 2020, DE GIROLAMO et al. 2019, WADOOD et al., 2019, ZHAO et al. 2014). A jellegzetes abszorpciós sávokat a 10. táblázat mutatja be, a 10. ábrán pedig a vizsgált minták spektrumai láthatók, az SNV adat-előkezelést követően.

10. táblázat: A vizsgált rovarörlemények legfőbb közeli infravörös abszorpciós sávjai.

Hullámszám [cm ⁻¹]	Sávfelosztás	Szerkezet	Rovarfaj
8580	C-H nyújtó rezgés 2. felhang, HC=CH	lipidek	BM, GA, GB, TM
8418	C-H nyújtó rezgés 2. felhang, CH ₃	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
8240	C-H nyújtó rezgés 2. felhang, CH ₂	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, TM, TM
7200	2 x C-H nyújtó és C-H deformációs rezgés, CH ₂	kitin	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
6688	N-H nyújtó rezgés 1. felhang, NH	amid, fehérje	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
6334	N-H 1. felhang, CONRH	fehérje	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
5917	C-H Aromás C-H (Aril)	fehérje	AD, LM
5801/5793	C-H nyújtó rezgés 1. felhang, CH ₂	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
5676	C-H nyújtó rezgés 1. felhang, CH ₂	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
5480	O-H nyújtó rezgés + 2 x C-O nyújtó rezgés	kitin	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
5198	O-H nyújtó rezgés + O-H deformációs rezgés	víz	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
5054	N-H aszimmetrikus nyújtó rezgés+ amid II.	fehérje	AD, BN, GA, GB, BP, LM
4869	N-H aszimmetrikus nyújtó rezgés+ amid II.	fehérje	AD, BM, GA, GB, BP, LM, TM
4620	N-H szimmetrikus nyújtó rezgés+ amid II.	fehérje	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
4351	2 x amid I + amid III	fehérje	TM
4345	C-H hajlító rezgés	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM
4261	C-H metilén C-H, lineáris alifás szénhidrogének	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
4247	3 X (.C-H hajlító rezgés):C-H	poliszacharidok, kitin	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
4052	C-H kombinációs rezgés	lipidek	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM
3960	C-N-C aszimmetrikus nyújtó rezgés	amid, fehérje	AD, BM, BP, GA, GB, LM, TM

AD: *Acheta domesticus*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*



10. ábra: A vizsgált rovarőrlemények és a BL 55 búzaliszt NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=8).

A felvett spektrumok alapján egyértelműek a különbségek a búzaliszt és a rovarőrlemény minták között, amely a nyersanyagok eltérő jellegéből ered, azonban fontos megjegyezni, hogy a vizsgált minták kémiai összetételére, ennek következtében spektrális tulajdonságaikra az alkalmazott feldolgozási technológia (pl. szárítás, liofilizálás) is szignifikáns hatást gyakorolhat. A vizsgált őrlemények tulajdonságai általában hasonlóak mondhatók, nagyobb eltéréseket a 6000-5500 cm^{-1} és az 5300-5000 cm^{-1} hullámszámtartományban figyeltem meg. Ezeket a különbségeket a vizsgált minták eltérő összetétele, elsősorban a zsír- és fehérjetartalma okozhatja (11. táblázat). Ezeket a különbségeket más tanulmányok szerzői is megfigyelték nem csak a NIR spektroszkópiás, hanem gyengített teljes reflexiós infravörös spektroszkópiás (*attenuated total reflectance Fourier-transform infrared spectroscopy*, ATR-FTIR) vizsgálatok esetében is (NI et al. 2024, RIU et al. 2022, GARCÍA-GUTIÉRREZ et al. 2021).

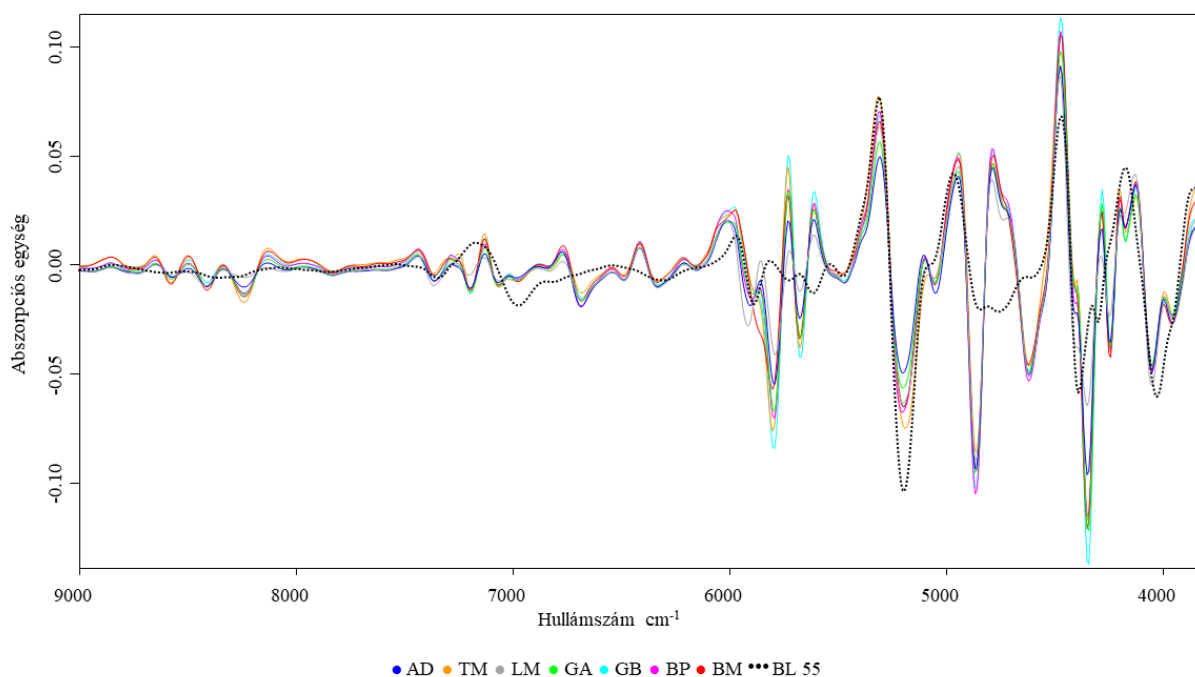
A TM és BM őrlemények spektrumai jobban elkülönülnek a többi mintától, amely valószínűleg az eltérő fejlődési stádiumnak, azaz a lárva és bábállapotnak köszönhető, nem pedig a *taxonómiai* besorolásnak. A TM és a BM fajok két különböző, a Coleoptera és Lepidoptera rendbe tartoznak, ezeken belül pedig a Tenebrionidae és Bombycidae családokba (ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM 2023) (M2. melléklet), hasonlóságuk tehát nem a szoros rokonságnak köszönhető. A TM őrlemény spektrumának vizsgálata során megfigyeltem továbbá, hogy az 5054 cm^{-1} hullámszámnál, a fehérjék CONH₂ csoportjaira jellemző abszorpciós sáv szinte teljesen eltűnt.

A 6000-5500 cm^{-1} hullámszám-tartományban szintén jelentős eltérések figyelhetők meg a többi rovarőrleményhez képest az LM őrlemény esetében. Ezen a területen tipikusan a lipidekhez és a fehérjékhez tartozó elnyelési tartományok találhatóak (10. táblázat). Kiemelendő különbség továbbá az 5917 cm^{-1} abszorpciós sáv, amely aromás aminosavak (fenilalanin, tirozin és triptofán) jelenlétére utalhat. Ez egyértelműen megjelenik az LM és az AD őrlemények esetében, amíg a többi vizsgált minta spektrumán vállként azonosítható. Ennek régióinak a spektrális jellemzőit kéntartalmú aminosavak (pl. cisztein, metionin) jelenléte is befolyásolhatja.

A különböző telítetlen zsírsavakkal összefüggésbe hozható abszorpciós sáv (8580 cm^{-1}) is megjelenik. A szakirodalmi adatok alapján a rovarok esetében a leggyakrabban előforduló ilyen típusú vegyületek az olajsav, a linolénsav, a linolsav (PAUL et al. 2017, RAKSAKANTONG et al. 2010). Az LM minta esetében a 4335 cm^{-1} és a 4261 cm^{-1} abszorpciós sávoknál is viszonylag nagy intenzitás-különbség figyelhető meg, ezeken a területeken alifás szénhidrogénekre, azaz zsírsavakra jellemző csúcsok jelennek meg.

Bár a vizsgált minták nedvességtartalma igen alacsony, az 5300-5000 cm^{-1} -es hullámszám-tartomány esetében a csúcs alakjára ez az alacsony mennyiség is hatással lehet.

A NIR spektroszkópiával felvett spektrumokat általában széles, átlapoló abszorpciós sávok jellemzik. A kapott spektrális információk minőségi kiértékelése során a leggyakrabban a *deriválás* műveletét alkalmazzák ennek kiküszöbölésére, amelyet én is elvégeztem a felvett spektrumokon. A rovarőrlemények és a búzaliszt második derivált spektrumai a 11. ábrán láthatók.



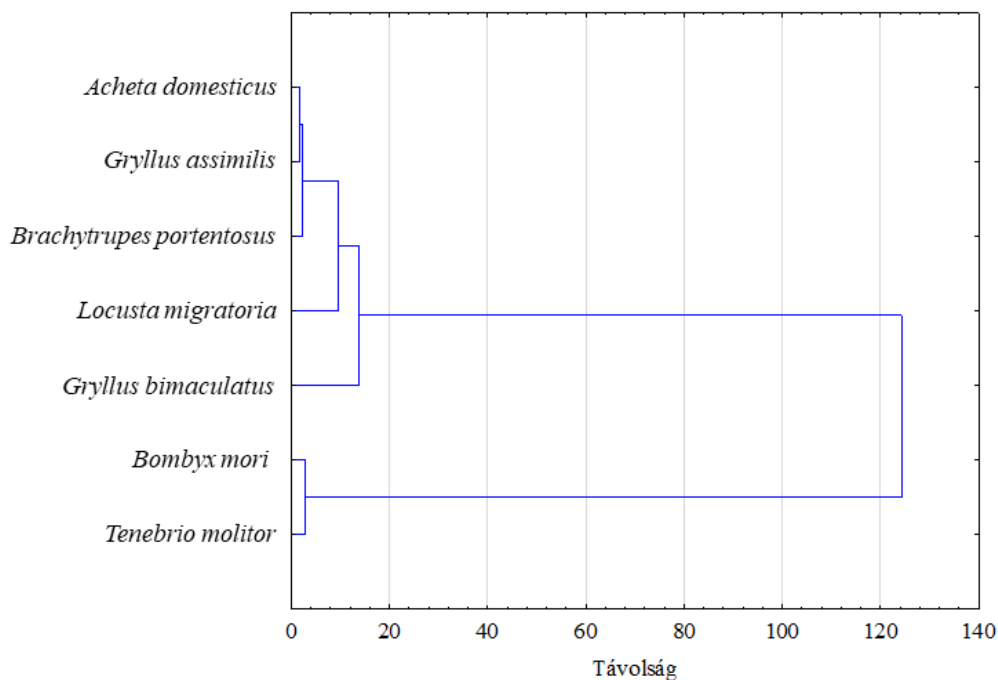
11. ábra: A vizsgált rovarőrlemények és a BL 55 búzaliszt második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=8).

A vizsgált rovarőrlemények főként fehérjékből, zsírokból és szénhidrátokból állnak, a második derivált spektrumokon pedig még jobban megfigyelhetők az ilyen típusú vegyületekhez tartozó abszorpciós csúcsok. A 8370 cm^{-1} (C-H nyújtás második felhangja), 7352 cm^{-1} ($2 \times$ C-H nyújtás + C-H deformáció) és 5899 cm^{-1} és 5619 cm^{-1} (C-H nyújtás első felhangja) sávok a lipidvegyületekhez a 6301 cm^{-1} (O-H nyújtás), 4758 cm^{-1} ($2 \cdot$ O-H deformáció + $2 \cdot$ C-O nyújtás), 4390 cm^{-1} (O-H nyújtás + C-C nyújtás) és 4027 cm^{-1} (C-H nyújtás + C-C nyújtás) abszorpciós csúcsok pedig a keményítőhöz kapcsolódnak. A 4844 cm^{-1} (N-H szimmetrikus nyúlás + amid II) és a 4605 cm^{-1} (N-H/C-N/C=O kombinációs sáv a fehérjékben lévő másodlagos amidoktól) csúcsok fehérjékhez tartoznak.

Az őrlemények közti különbségek a második derivált spektrumokon főként intenzitásbeli eltérésekben, és kisebb csúcsetelődésekben jelennek meg. Az LM őrleménnyel kapcsolatban a normál spektrumon megfigyelt különbségek a második derivált spektrumokon még szembetűnőbbé válnak. Ahogyan a korábbiakban, itt is fontos azonban kiemelni, hogy az őrlemények összetételét, ennek következtében spektrális tulajdonságaikat számos tényező befolyásolja, például fajspecifikus tulajdonságok, a fejlődési stádium, az alkalmazott takarmány, továbbá az evolúciós utak - ebből következően a rendszertani besorolás is. Az AD, GA, GB és BP fajok például ugyanazokba a taxonómiai kategóriákba, az Orthoptera rendbe és a Gryllidae családba tartoznak, így sok hasonlóságot mutatnak, nem csupán morfológiai szempontból. Az LM faj bár szintén az Orthoptera rendbe tartozik, de az Acrididae család tagja, így őrleményének összetétele nagyobb eltéréseket mutat a többi imágóból készült őrleményhez képest (ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM 2023).

A rovarőrlemények NIR spektrumain hierarchikus klaszterelemzést (*hierarchical cluster analysis*, HCA) is futtattam. A különböző távolságmértékek és összevonási módszerek kombinációinak tesztelése, valamint a Silhouette index alapján a négyzetes euklideszi távolság és a Ward-módszer kapták a legmagasabb index-értéket (0,873), így ezeket alkalmaztam. A kapott *dendrogramon* (12. ábra) jól megfigyelhetők az őrlemények közti hasonlóságok és különbségek. Az egyik, jól elkülönülő klasztert a TM és a BM, a lárva és a báb alkotja, amíg a másik öt, kifejlett rovaként feldolgozott faj egy nagyobb csoportba került. Az ábrán látható második, nagyobb klaszterben előfordulnak rövidebb kapcsolati távolságok. Az AD és a GA őrlemények egymáshoz közel helyezkednek el, majd egy másik tücsökfaj, a BP őrleménye következik. Érdekes, hogy az előbb felsorolt három tücsökfaj és a negyedik, a szintén a Gryllidae családba tartozó GB faj őrleménye közé „beékelődik” az egyetlen sáskafaj, az LM. Ennek oka az lehet, hogy a vizsgált rovarőrlemények NIR spektrumain alapuló klaszterelemzés nem a rendszertani (*taxonómiai*) besorolásuk, hanem a kémiai összetételük alapján választja el egymástól az egyes fajokat, amíg a

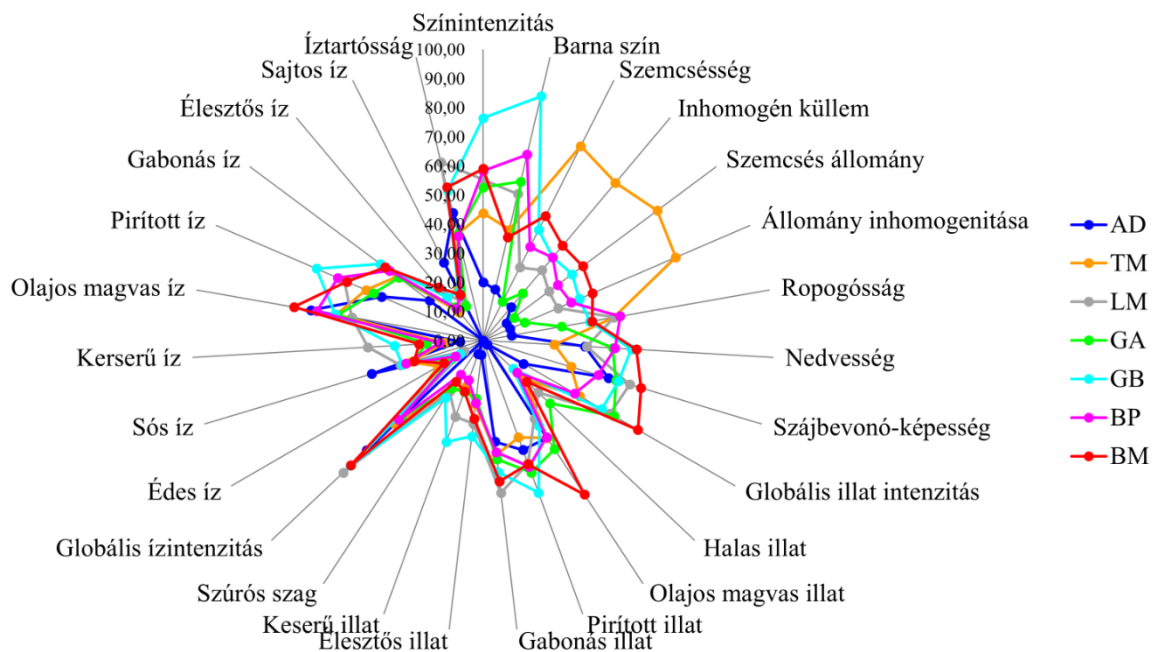
taxonómia az élőlények csoportjait morfológiai és funkcionális jellemzők, molekuláris genetikai sajátosságok és evolúciós tényezők alapján osztályozza.



12. ábra: A rovarőrlemények hierarchikus klaszterelemzésével (HCA) kapott dendrogram, négyzetes euklideszi távolság és Ward-módszer (n=7).

5.1.3 A vizsgált rovarőrlemények érzékszervi profiljai

A 13. ábrán a képzett bírálókkal végzett érzékszervi profilanalízis eredményei alapján létrehozott *spiderweb plot*, azaz pókhálódiagram látható. A diagram az összes vizsgált őrlemény „érezékszervi ujjlenyomatait” ábrázolja olyan módon, hogy a bírálói konszenzus során megállapított érzékszervi tulajdonságokhoz tartozó 0-100-ig terjedő skálákon a bírálók által adott pontszámok átlagai kerülnek megadásra az egyes mintákra vonatkozóan. A vizsgált őrlemények mintánkénti érzékszervi profil-diagramjait az M9. melléklet tartalmazza.



13. ábra: A vizsgált rovarőrlemények érzékszervi profil-diagramjai 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=7). AD: *Acheta domestica*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*.

Az eredmények alapján a vizsgált rovarőrleményekről elmondható, hogy általánosságban hasonlóak, azonban több tulajdonság tekintetében is nagy mértékben különböznek egymástól. A diagramon minták vonalai tendenciózusan követik egymást, azonban szinte minden tulajdonság esetében megfigyelhetők intenzitásbeli különbségek.

A küllemre vonatkozó tulajdonságok esetében általánosságban elmondható, hogy a vizsgált minták mérsékelten intenzív barna színnel rendelkeznek, amely a vizsgált rovarfajok rejtőzködő színéből eredeztethető. Megjelenésük inkább homogén, mint inhomogén, ez a hasonló feldolgozási technológia következménye lehet. Egyes tulajdonságok között azonban nagy eltérések mutatkoztak: a TM őrlemény több esetben is kiugróan magas pontszámokat kapott (Szemcséesség: 74,70 pont, Inhomogén küllem: 70,73 pont). Ez az őrlemény más gyártótól származott, mint a másik hat vizsgált minta, így a szemcséesség-béli eltérés valószínűleg az eltérő aprítási (őrlési) fok következménye. A színnel kapcsolatos tulajdonságok esetében azonban a GB őrleményt ítélte a legintenzívebbnek a panel (Színintenzitás: 76,40 pont, Barna szín: 86,23 pont). A tulajdonságcsoport esetében a referencia-mintaként szolgáló AD őrlemény kapta a legalacsonyabb pontszámokat (Szemcséesség: 15,00 pont, Inhomogén küllem: 15,00 pont, Színintenzitás: 20,00 pont, Barna szín: 18,00 pont), valamint a Szemcséesség esetében az ugyanakkora pontszámot elérő GA őrlemény.

Az állomány tekintetében a mintákra általánosságban jellemző a homogenitás, kevésbé intenzív ropogósság és nedvesség, valamint a mérsékelt szájbevonó-képesség. A textúrát jellemző

tulajdonságok esetében szintén magas pontszámokat ért el a TM őrlemény (Szemcsés állomány: 74,67 pont, Állomány inhomogenitása: 72,03 pont, Ropogósság: 45,43 pont), azonban a bírálók ezt az őrleményt ítélték a legszárazabbnak, továbbá ez a minta mérsékelt szájbevonó-érzetet váltott ki (Nedvesség: 24,50 pont, Szájbevonó-képesség: 31,50 pont). Ennek háttérében is az eltérő feldolgozási technológia, a durvább őrlésből eredő nagyobb szemcseméret állthat. A nedvesség-érzetet a zsírtartalom is befolyásolja. Ahogyan a magasabb zsírtartalmú élelmiszerek, pl. az olajos magvak esetében is megfigyelhető, a finomabb őrlemények esetében a nagyobb mennyiségű zsír „szabadul ki” a mátrixból, amely hatékonyabban vonja be az apró szemcsék felületét, a zsírok pedig vízmegkötő tulajdonságaik révén felelősek lehetnek a nedvesség-érzetért (DREWNOWSKI 1992). A TM őrlemény szemcsemérete volt a legnagyobb, így valószínűleg a kisebb mennyiségű „kiszabaduló” zsír következtében kevésbé érezték zsírosnak, illetve nedvesnek a bírálók. A kisebb szemcseméret nagyobb szájbevonó-képességet is eredményez, így ezt az alacsony értéket is a nagyobb szemcseméret okozhatta.

A panel értékelése alapján a legropogósabb, de még mindig csak mérsékelt ropogós a BP őrlemény (Ropogósság: 47,80 pont), a legnedvesebb, és a szájbevonó-érzetet legintenzívebben kiváltó minta pedig a BM őrlemény volt (Nedvesség: 52,80 pont, Szájbevonó-képesség: 56,63 pont). Ennek oka a rovarőrlemény magas zsírtartalma, és finom szemcseméret kombinációja lehet. Az állományt jellemző tulajdonságok többsége esetében a legalacsonyabb pontszámokat az AD őrlemény kapta (Szemcsés állomány: 10,00 pont, Állomány inhomogenitása: 10,00 pont, Ropogósság: 10,00 pont).

Az őrlemények illata esetében az egyes tulajdonságokra viszonylag alacsonyabb (0 és 63,33 közötti) pontszámokat adtak a bírálók, így elmondható, hogy a vizsgált őrlemények illata gyenge, vagy mérsékelt intenzív. Ennél a tulajdonságsoportnál is a referenciaminta AD őrlemény kapta a legalacsonyabb, az GB és BM őrlemények pedig a legmagasabb pontszámokat. A vizsgált minták illata általánosan nem volt túl intenzív, az ezt leíró tulajdonság esetében a legalacsonyabb pontszámot az AD őrlemény (Globális illatintenzitás: 16,00), a legmagasabbat pedig BM őrlemény érte el (Globális illatintenzitás: 61,37).

A bírálók által meghatározott specifikusabb illatjegyek esetében a legkevésbé intenzívnek a Szúrós szagot, a Halas, az Élesztős és a Keserű illatot, míg a legintenzívebbnek az Olajos magvas, a Pirított és a Gabonás illatokat érezték. A Szúrós szag tulajdonságot tisztítószerhez hasonlító, kissé kellemetlen szagként írták le, ezt az AD őrleményben egyáltalán nem érezték, a GB őrlemény esetében azonban gyengén, de határozottan jelen volt (Szúrós szag: 23,63). Az illattulajdonságot szintén intenzívebben érezték a TM (Szúrós szag: 21,13) és az LM őrlemény esetében (Szúrós szag: 21,00). A halakhoz hasonlítható, az élesztőre emlékeztető, valamint a keserű illatok esetében a legalacsonyabb pontszámot az AD őrleménynek (Halas illat: 2,00, Élesztős illat: 5,00, Keserű

illat: 5,00), a legmagasabbat a GB őrleménynek adták (Halas illat: 31,47, Élesztős illat: 33,17, Keserű illat: 37,07). A három illatjegy esetében a maximális pontszámokhoz viszonyítva szintén magas pontszámokat kapott az LM őrlemény (Halas illat: 25,97, Élesztős illat: 28,83, Keserű illat: 27,87).

A vizsgált őrleményekben a panel az olajos magvakra, a pirítottságra, valamint a gabonafélékre emlékeztető illatokat érezték a legintenzívebbnek. Ezek az illatjegyek általánosan egymáshoz hasonló intenzitás-értékekkel rendelkeztek, azonban a legmagasabb és a legalacsonyabb értékek eltérő őrlemények esetében figyelhetők meg. Az olajos magvakra jellemző illatot a legkevésbé az LM őrlemény (Olajos magvas illat: 32,10), a leginkább a BM őrlemény esetében (Olajos magvas illat: 63,33) érezték a bírálók – utóbbinál enyhe törökmogyoróra és mandulára jellemző illatjegyeket írtak le. Utóbbihoz képest jóval kevésbé intenzíven, de határozottan megjelent ez az illattulajdonság a GA őrlemény esetében is (Olajos magvas illat: 44,67). A pirítósra, pirítottságra jellemző illat a legkevésbé a TM őrleményre (Pirított illat: 35,43), a leginkább a GB (Pirított illat: 55,67) és a GA őrleményekre (Pirított illat: 48,30) volt jellemző. A gabonafélékhez hasonlítható illat az AD őrlemény esetében volt a legkevésbé intenzív (Gabonás illat: 35,00), és a LM őrlemény esetében a legintenzívebb (Gabonás illat: 52,70), de ehhez viszonyítva magas pontszámot kapott a BM őrlemény is (Gabonás illat: 48,70).

Az illathoz hasonlóan az őrlemények ízének leírása esetében is általánosan elmondható, hogy itt sem figyelhetők meg kifejezetten magas intenzitás-értékkel bíró tulajdonságok (az pontszámok átlagai 0 és 66,13 között helyezkednek el). A bírálók által érzékelhető ízek és ízjegyek azonban őrleményenként nagyobb változatosságot mutatnak. A tulajdonságcsoport esetében a legalacsonyabb pontszámot az AD őrlemény kapta legtöbbször, a legmagasabbat pedig az LM őrlemény, de két-két tulajdonság esetében ennek épp az ellenkezője figyelhető meg. Az íz általános ízintenzitását leíró tulajdonság esetében a bírálók mérsékelt különbségeket érezték a vizsgált minták között: a legkisebb átlagpontszámot a GA őrlemény kapta (Globális ízintenzitás: 38,50), míg a legmagasabbat az LM őrlemény (Globális ízintenzitás: 66,13), amelyet szorosan követett a GB (Globális ízintenzitás: 62,63) és a BM őrlemény (Globális ízintenzitás: 62,47). Az alapízek közül az édes, a sós és a keserű ízeket határozták meg a bírálók a mintákban a konzenzus során. Az édes íz nagyon alacsony intenzitást mutatott minden mintában, de a legkevésbé az LM őrleményre volt jellemző (Édes íz: 7,40), leginkább pedig a TM őrleményre (Édes íz: 17,90) és a BM őrleményre (Édes íz: 15,67). A sós ízt a teljes mintasorozat esetében intenzívebbnek tartotta a panel. A legalacsonyabb pontszámot a BM őrlemény (Sós íz: 24,70), a legmagasabbat az AD őrlemény kapta (Sós íz: 40,00). A többi minta sós ízének intenzitását az utóbbihoz képest legalább kb. 10 ponttal kevesebbnek értékelték a bírálók, és ezek a minták egymáshoz nagyon hasonló értékekkel rendelkeznek. A keserű íz nagyobb változatosságot mutatott az őrleményekben a

bírálok értékelése alapján: a legkevésbé keserűnek AD őrleményt (Keserű íz: 8,00), a leginkább keserűnek pedig az LM őrleményt ítélték (Keserű íz: 39,67), utóbbit a GB őrlemény követte (Keserű íz: 30,50). A keserű illat esetében az intenzitás-értékek, és a sorrend is hasonló, ugyanis a legalacsonyabb pontszámot az AD őrlemény, a legmagasabbat a GB és az LM őrlemények kapták. A konszenzus során az illathoz hasonlóan az íz esetében is meghatározásra került az élesztőre emlékeztető jegy a vizsgált mintákban, azonban a referenciaminta AD őrleményben még olyan gyenge intenzitással sem érezték ezt a bírálók, mint az illat esetében (Élesztős íz: 0,00). A legintenzívebben élesztősként a BM őrleményt írták le (Élesztős íz: 23,77), ennél kissé alacsonyabb pontszámot kapott az LM őrlemény (Élesztős íz: 22,57). Ez az eredmény nagyon hasonló az illat esetében megfigyeltekhez: bár az Élesztős illatnál a GB őrlemény kapta a legmagasabb pontszámot, az íz esetében is viszonylag magas intenzitást mutat a kapcsolódó íztulajdonság (Élesztős íz: 19,23). Az animális jegyek közé sorolható sajtra emlékeztető íz szintén viszonylag alacsony értékeket kapott minden őrlemény esetében. A panel által adott pontszámok alapján a legkisebb intenzitással a GA őrlemény esetében jelent meg (Sajtos íz: 13,10), a legintenzívebben pedig az AD őrlemény esetében érezték (Sajtos íz: 30,00). Utóbbinál több, mint 10 ponttal kevesebbet kapott a TM őrlemény (Sajtos íz: 19,33), a további négy vizsgált minta esetében pedig még kevésbé volt intenzív a tulajdonság.

Az illatot jellemző tulajdonságokhoz hasonlóan az íztulajdonságok esetében is az olajos magvakra, a pirítottásra, valamint a gabonafélékre emlékeztető ízjegyeket érezték a legintenzívebbnek a panel tagjai. Az olajos magvas és pirított ízek hasonló intenzitása egymáshoz hasonló tendenciát mutatott, a gabonafélékre jellemző íz azonban ezeknél kevésbé intenzív volt. Az olajos magvakra emlékeztető íz viszonylag magas pontszámot kapott minden őrlemény esetében. A kapcsolódó illattulajdonsághoz hasonlóan az olajos magvas íz a legkevésbé, de mérsékelt intenzív az LM őrlemény esetében volt (Olajos magvas íz: 45,80), legintenzívebben pedig a BM őrlemény (Olajos magvas íz: 66,00) és az AD őrlemény (Olajos magvas íz: 60,00) esetében érezték a bírálók. Bár az olajos magvakra jellemző illat intenzitása ugyanazon minták esetében lett a legalacsonyabb és a legmagasabb, a többi minta esetében nem vágnak egybe az eredmények. Az íztulajdonság esetében fontos még kiemelni, hogy a BM őrleményben az illathoz hasonlóan az ízénél is a törökmogyoróra, és a mandulára emlékeztető jegyeket érzékelték a panel tagjai, az AD őrlemény esetében azonban inkább napraforgómaghoz hasonlították azt.

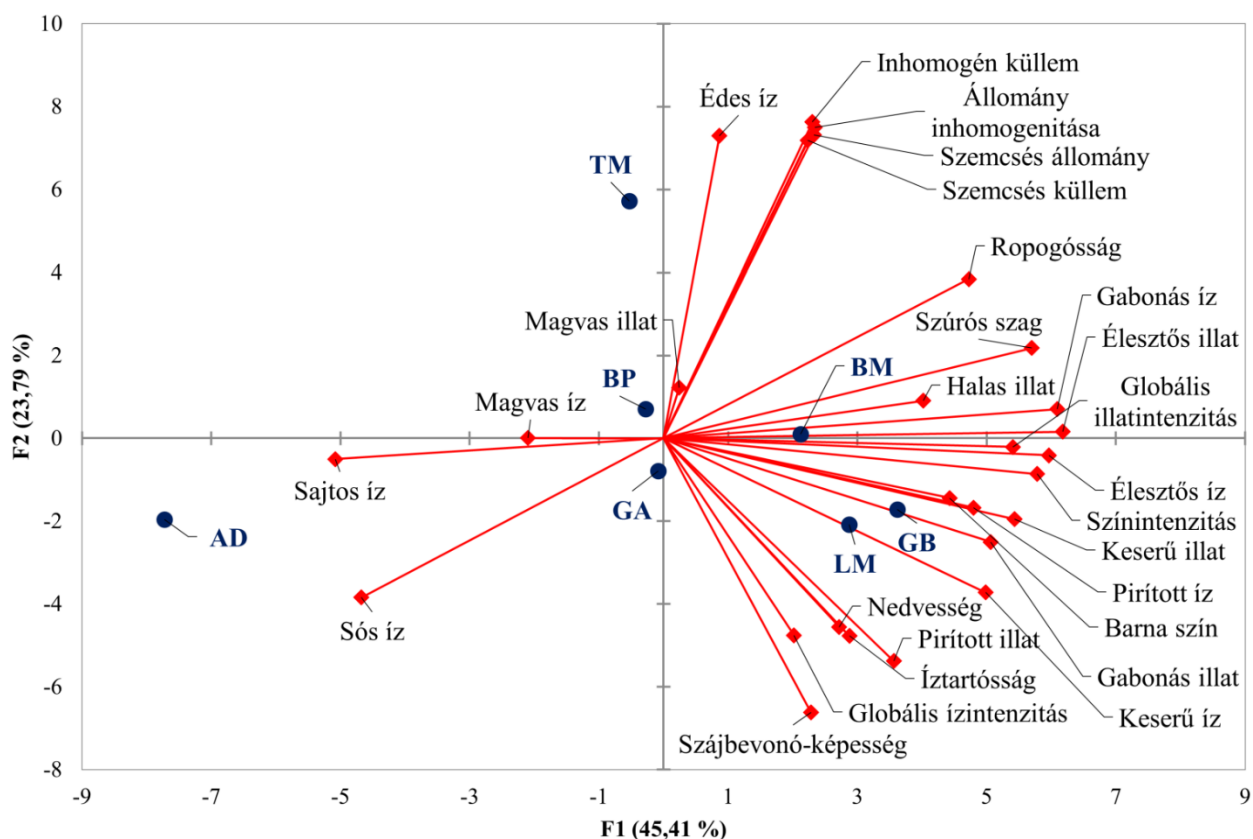
A pirítottásra, pirítósra jellemző íz bár határozottan jelen volt, a legkevésbé az AD őrleményre volt jellemző (Pirított íz: 38,00), míg az illathoz hasonlóan legerősebben a GB őrleményben (Pirított íz: 62,37), és a BP őrleményben érzékelték a bírálók (Pirított íz: 54,37). A gabonákra jellemző íz szintén az AD őrleményben volt jelen a legkevésbé intenzíven (Gabonás íz: 23,00) –

hasonlóan a Gabonás illathoz, a legnagyobb intenzitás-értéket pedig a GB örlemény (Gabonás íz: 43,97) és a BM örlemény esetében (Gabonás íz: 42,03) adták a panel tagjai.

Az eredmények alapján a rovarörlemények íztartóssága rövid skálán mozog, és mérsékelt intenzív. A kapott pontszámok alapján legrövidebb ideig a BP örlemény íze érzékelhető a szájban (Íztartósság: 36,83), míg a legtovább az LM (Íztartósság: 62,90) és a BM örleményeké (Íztartósság: 54,07). Az Íztartósság összefüggésben lehet a Szájbevonó-képességgel és a Globális ízintenzitással, amelyek esetében hasonló eredmények figyelhetők meg: szintén az LM és a BM, valamint a GB örlemények kapták a legmagasabb pontszámokat.

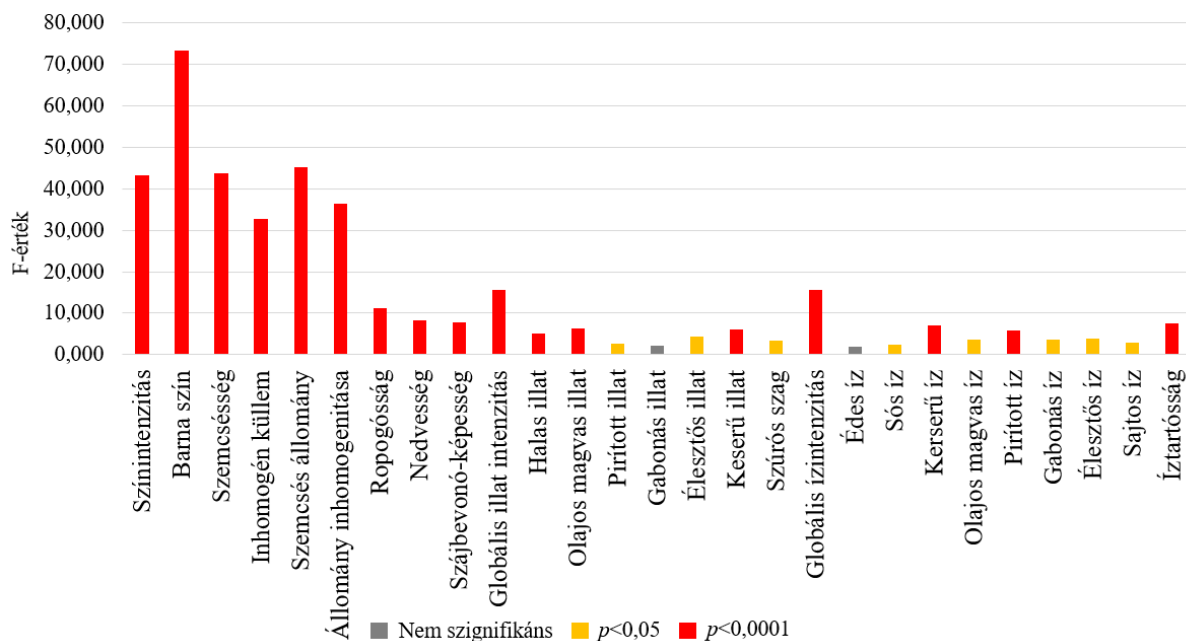
A 14. ábrán látható a profilanalízis eredményein futtatott PCA által létrehozott biplot, amelynek segítségével vizualizálhatók az egyes rovarörlemények, illetve a konszenzus során megállapított terméktulajdonságok közti összefüggések. Látható, hogy a referenciamintaként használt AD rovarörlemény a többi mintától távol, az x és az y tengely negatív tartományaiban helyezkedik el. Ennek oka az lehet, hogy az örlemény viszonylag alacsony pontszámokat kapott szinte minden tulajdonság esetében, tehát a bírálók ezt az örleményt értékelték a legkevésbé intenzívnek, a Sós, valamint a Sajtos és Magvas ízek jellemezték leginkább. Szintén viszonylag távol helyezkedik el, az y tengely pozitív, és az x tengely negatív tartományában a TM örlemény, amely esetében az Édes íz, valamint a küllemet és az állományt jellemző tulajdonságok kaptak magasabb pontszámokat. A BP és a GA örlemények egymáshoz közel helyezkednek el, hasonlóságukat a Magvas illat és íz adja. A BM, GB és LM örlemények között szintén kis távolság figyelhető meg, valamint ezek a minták helyezkednek el a legközelebb az általános, és a specifikusabb ízt és illatot jellemző tulajdonságokhoz, amely arra utal, hogy ezek a vizsgált minták rendelkeztek a legintenzívebb illattal és ízzel.

Megfigyelhető továbbá, hogy a küllem és az állomány jellemzői közül a szemcsésséget és az inhomogenitást leíró tulajdonságok egymással szoros összefüggésben vannak, és hozzájuk közel helyezkedik el a Ropogósság is, amely egyértelműen kapcsolódik ezekhez. A Barna szín és a Színintenzitás között szintén megfigyelhető az összefüggés. A specifikus illat és ízjegyek, valamint az általános illat- és ízintenzitás szintén egymás közelében helyezkednek el, amelyből arra következtethetünk, hogy amikor ezeket az illat- és ízjegyeket (Gabonás illat és íz, Pirított illat és íz, Élesztős illat és íz, Halas illat, Szúrós szag, Keserűség) érezték intenzívebben a bírálók, akkor magasabb pontszámot kaptak a Globális illatintenzitás és Globális ízintenzitás tulajdonságok. A Globális ízintenzitás, az Íztartósság, a Szájbevonó-képesség tulajdonságok szintén közel helyezkednek el egymáshoz, ami arra enged következtetni, hogy a tartós ízű, a szájbevonó-érzetet nagyobb mértékben kiváltó minták esetében intenzívebb ízt érezték a bírálók.



14. ábra: A vizsgált rovarörlemények érzékszervi profilanalízis-adatainak futtatott főkomponensanalízis (PCA) által létrehozott biplot ($n=7$, $F1 + F2 = 69,20\%$). AD: *Acheta domesticus*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*.

A profilanalízis eredményein futtatott varianciaanalízis segítségével megállapítottam, hogy a konszenzus során meghatározott 27 érzékszervi tulajdonság közül 25 tulajdonság esetében statisztikailag szignifikáns mértékben különböznek egymástól egyes vizsgált minták ($p=0,05$). Az ANOVA F-értékei alapján létrehozott, annak eredményét bemutató diagram a 15. ábrán látható. A vizsgált minták az egyes tulajdonságokra kapott intenzitás-értékeinek átlagát, az elvégzett ANOVA elemzés számszerű eredményeit, valamint az elvégzett Tukey-féle post hoc teszt eredményeit terjedelmi okokból az M10. melléklet táblázatai tartalmazzák.



15. ábra: A vizsgált rovarörlemények érzékszervi profilanalízis-eredményein futtatott ANOVA elemzés eredménye (F-diagram): a konszenzus során megállapított tulajdonságok esetében meghatározott F-értékek ($p=0,05$).

Az F-diagram alapján megállapítható, hogy a vizsgált örlemények leginkább a küllemet és állományt jellemző tulajdonságok alapján különböztek egymástól. A bírálók értékelésének statisztikai elemzése alapján az örleményeket a legnagyobb mértékben a Barna szín és a szemcsésség intenzitása, valamint a küllem és az állomány inhomogenitásának mértéke különböztette meg egymástól. Erős szignifikáns különbség tapasztalható a minták között a további állományt jellemző tulajdonságok (Ropogósság, Nedvesség, Szájbevonó-képesség), valamint a Globális illat- és ízintenzitás, az Íztartósság, és egyes specifikusabb illat- és íztulajdonságok, mint a Halas illat, Olajos magvas illat, Keserű illat, Keserű íz és Pirított íz esetében is. A varianciaanalízis alapján a vizsgált minták között kizárólag a Gabonás illat és az Édes íz esetében nem érzékeltek a bírálók szignifikáns különbséget: az illattulajdonság minden minta esetében mérsékelt-közepes intenzitással bírt, míg az íztulajdonság igen alacsony intenzitású volt mindegyik, még a legmagasabb pontszámot kapó TM örlemény esetében is.

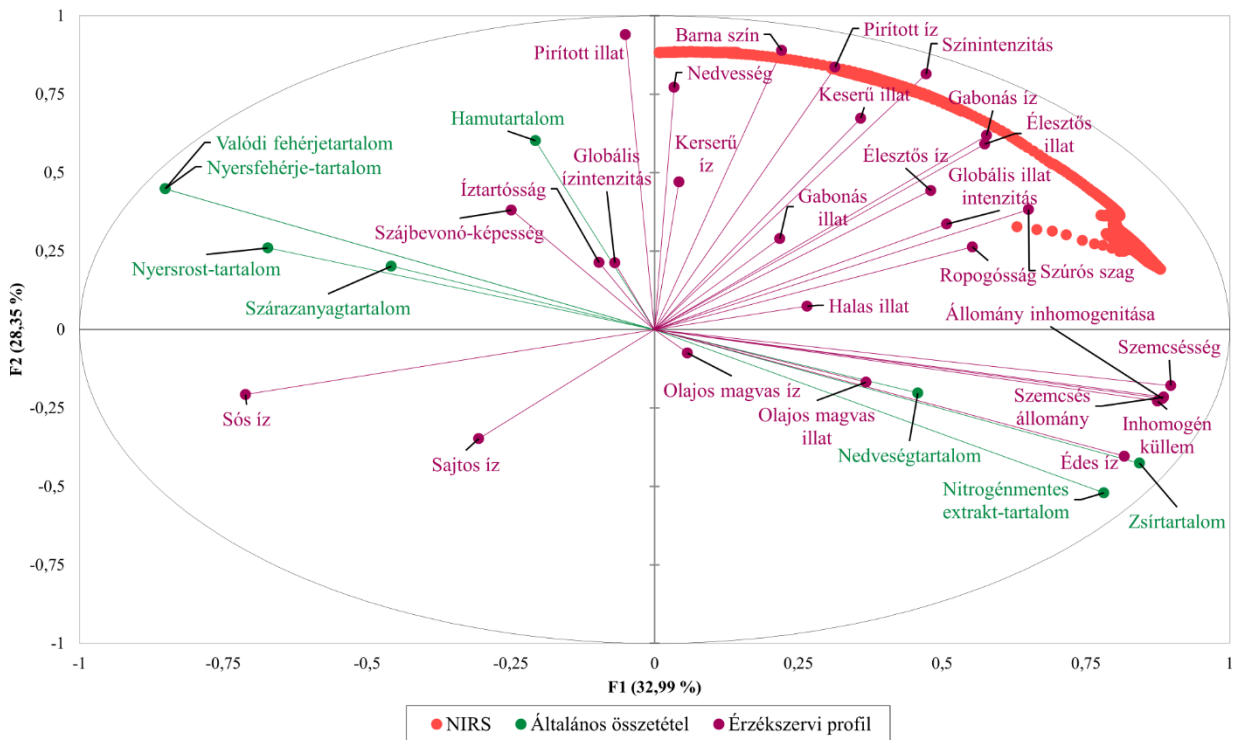
Érzékszervi minősítést a leggyakrabban olyan rovar tartalmazó termékek esetében végeznek a kutatók, amelyben a rovarok nem látható, feldolgozott formában vannak jelen, sok esetben olyan módon, hogy az alaptermék íze, valamint a fűszerezés akár maszkolhatja is a rovarok ízét (CUNHA ÉS RIBEIRO 2019). Kvantitatív érzékszervi profilanalízist, vagy ahhoz hasonló leíró módszereket csak kevés esetben használták, a vizsgált minták pedig a legtöbb esetben eltérő technológiákkal feldolgozott (pl. zsírtalanítás, főzés, olajban sütés, pirítás), esetenként ízesített rovarok voltak. Fontos továbbá kiemelni, hogy a rovarok tenyésztési körülményei és takarmánya a tápértékén felül érzékszervi jellemzőiket is befolyásolhatja, csak úgy, mint más tenyésztett

állatfajoknál, ez pedig egyes fajokon belül is eltéréseket okozhat (BAIANO 2020). Kutatásom során ízesítés nélküli, minimálisan feldolgozott (szárítás, liofilizálás) rovarokból készült rovarőrleményeket vizsgáltam, amelynek következtében eredményeim más kutatók eredményeivel nehezen hasonlíthatók össze.

A szakirodalmi adatok alapján többféle ehető rovar (pl. hangyák, tücskök, sáskák, méhek, bogarak, lepkék, különböző hernyók és bábok), és az azok felhasználásával készült termékek érzékszervi minősítése során sok esetben a saját eredményeimhez hasonló érzékszervi jellemzőket írtak le a bírálók és a kutatók. Jellemző attribútumok az intenzív szín, amely sok esetben sárgás és barnás, vagy akár vöröses is lehet. Az állomány az adott faj, vagy fejlődési stádium morfológiájától és a feldolgozási technológiától függően lehet rágós, kemény, ropogós és szemcsés, de akár puha, pépes, húskra emlékeztető is. Az illat esetében a saját eredményeimhez hasonlóan olajos magvakra, gabonafélékre, valamint halakra, gombákra, vagy akár gyümölcsökre jellemző illatjegyek kerültek meghatározásra. Az ízt szintén gyakran írták le olajos magvakra, gabonafélékre, halakra, hüvelyesekre, esetleg zöldségekre, vajra vagy más tejtermékekre, állati eredetű zsírokra jellemzőként, de sok esetben az alapízek, leginkább a sós, az umami, az édes és a keserű is meghatározásra kerültek (SICK et al. 2024, KULMA et al. 2023, MISHYNA et al. 2020, CUNHA ÉS RIBEIRO 2019, WENDIN et al. 2019, COSTA-NETO ÉS DUNKEL 2016). Az általam végzett profilanalízis során, a bírálók konszenzusával megállapított érzékszervi tulajdonságok tehát egybevágóak a szakirodalomban fellelhető adatokkal.

5.1.4 A rovarőrlemények vizsgálati eredményeinek összehasonlítása többszörös faktoranalízissel

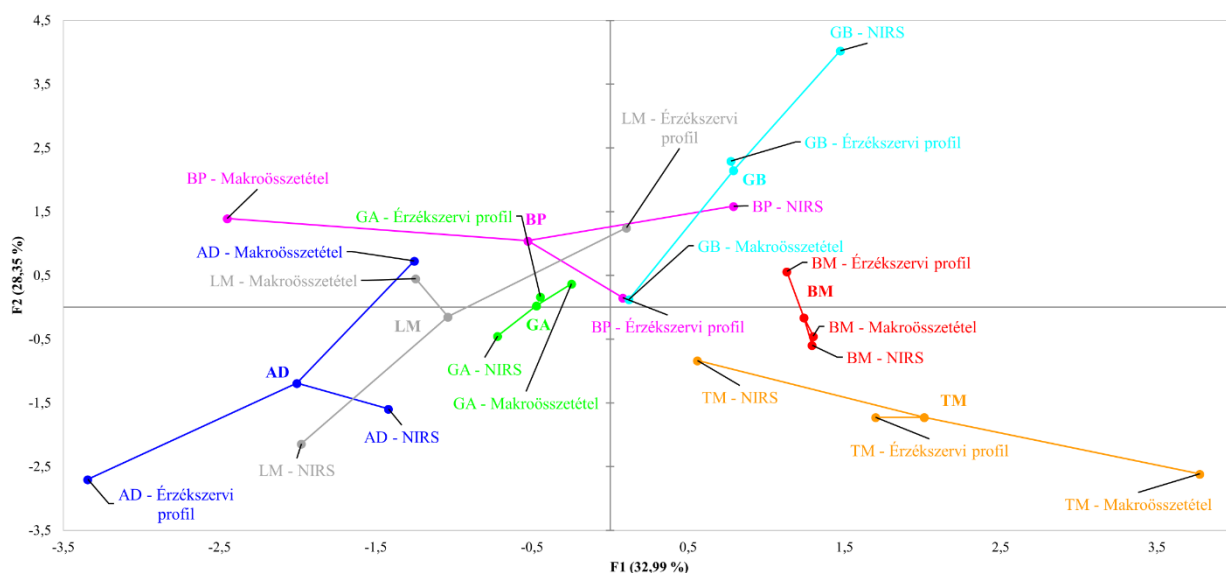
A hét rovarőrlemény makroösszetételének, közeli infravörös spektroszkópián alapuló osztályozásának, valamint érzékszervi profilanalízisének eredményeit többszörös faktoranalízis (*Multiple Factor Analysis*, MFA) módszerrel hasonlítottam össze annak érdekében, hogy az egyes módszerekkel felvett adatok közötti, közvetlenül meg nem figyelhető összefüggéseket azonosítsam. A 16. ábrán az MFA által létrehozott *loading* ábra látható, amelyen az egyes vizsgált paraméterek közötti összefüggések figyelhetők meg. A *loading* ábra tulajdonképpen a három vizsgálat eredményein futtatott egy-egy főkomponens-elemzés „egymásra vetítése”: minél közelebb helyezkedik el egymáshoz két pont, annál nagyobb köztük a korreláció.



16. ábra: A rovarörlemények vizsgálati eredményein (makroösszetétel, NIR spektroszkópia, érzékszervi profilanalízis) futtatott MFA által létrehozott loading ábra (F1+F2=61,34%).

A loading ábrán megfigyelhető, hogy az makroösszetétel és a NIR spektrális adatok is korrelálnak az érzékszervi profilanalízis adataival, amely egyértelműen jelzi, hogy a három vizsgálati típus hordoz egymáshoz hasonló információkat. Ezt jól szemléltető példa, hogy a NIR spektrális adatok pontjai különösen közel helyezkednek el egyes színt és küllemet jellemző érzékszervi tulajdonságokhoz, mint a Színintenzitás, a Barna szín és a Szemcséesség. Ez annak köszönhető, hogy az elemzéshez az SNV előkezelés nélküli spektrális adatokat használtam, amely tartalmazza a színhez és a szemcsemérethez tartozó 12500-9000 cm^{-1} hullámszámtartományt, így jól vizualizálhatók ezek az összefüggések.

A 17. ábra az egyes vizsgálati típusokat és azok összefüggéseit mintánként ábrázolja. Ez az MFA elemzés során létrehozott *szkór* ábra megjeleníti az egyes módszerek „konszenzus-pontjait” olyan módon, hogy megjelöli a három vizsgálati típus adatpontjai közötti távolságok súlyközpontjait. A vetített pontok olyan kiegészítő megfigyeléseknek felelnek meg, amelyeknél a módszer csak az egyik vizsgálati típus által szolgáltatott információt veszi figyelembe a többi típus információit pedig 0-ra alakítja át, így láthatóvá válik, hogy a különböző vizsgálati típusok hogyan befolyásolják egy adott pont helyzetét. A súlyközpontok az egyes minták neveinek rövidítéseivel jelzett pontok. Két adatpont között ebben az esetben is akkor van szoros összefüggés, ha egymástól kis távolságra helyezkednek el.



17. ábra: A rovarőrlemények vizsgálati eredményein (makroösszetétel, NIR spektroszkópia, érzékszervi profilanalízis) futtatott MFA által létrehozott szkór ábra (F1+F2=61,34%). AD: *Acheta domesticus*, TM: *Tenebrio molitor*, LM: *Locusta migratoria*, GA: *Gryllus assimilis*, GB: *Gryllus bimaculatus*, BP: *Brachytrupes portentosus*, BM: *Bombyx mori*.

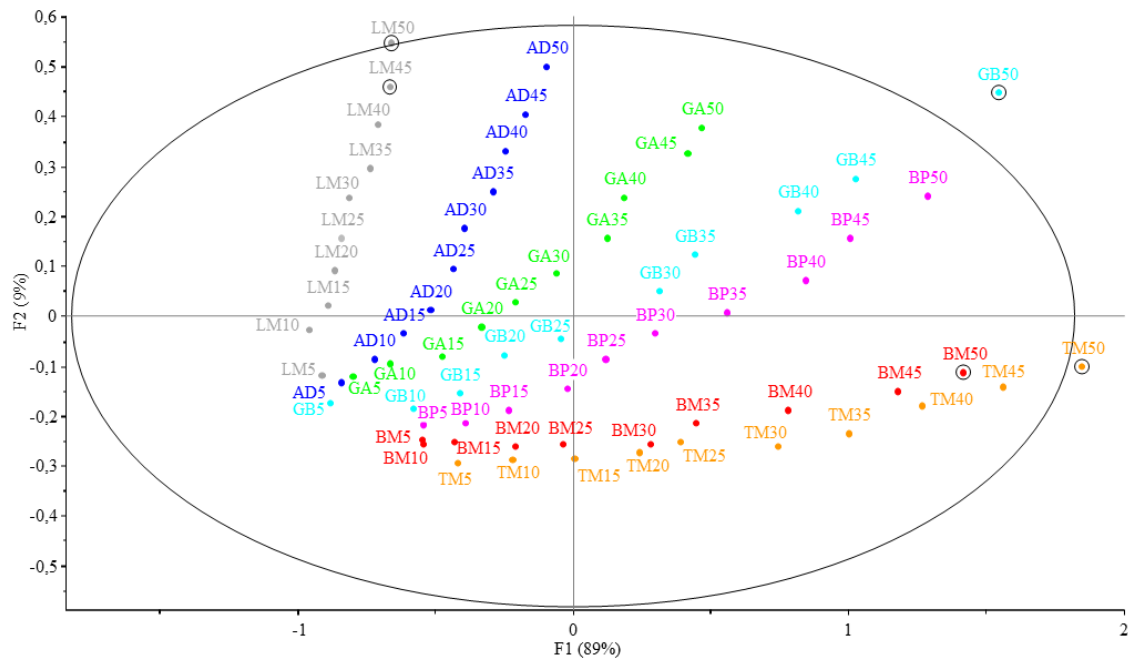
A szkór ábrán látható, hogy a három vizsgálat adatpontjai között a BM és a GA őrlemények esetében a legkisebb a távolság, így ezek esetében hordozta a legtöbb hasonló információt a három vizsgálat típus. A legnagyobb távolságok az egyes pontok között az AD, a TM és a BP őrlemények esetében figyelhetők meg, ez alacsony korrelációra enged következtetni. Az eredmények alapján az AD, a GB és a TM őrlemény különülnek el leginkább a többi mintától: az AD minta az érzékszervi profilanalízis, a GB minta a NIR spektroszkópia, a TM minta pedig az makroösszetétel alapján. Ez a megfigyelés alátámasztja és összegzi az egyes vizsgálat típusok eredményeit. Szintén megfigyelhető, hogy a BM és a TM őrlemények esetében a súlyközpontok egy kvadránsban, egymáshoz közel helyezkednek el, megerősítve azokat a megfigyeléseket, hogy ezek a rovarőrlemények egymáshoz hasonlóak.

5.2 A vizsgált őrlemények búzaliszttal alkotott keverékeinek vizsgálata

A rovarőrlemény-búzaliszt keverékek spektrumainak elemzése során a cél az eltérő fajokból származó rovarőrleményt tartalmazó keverékek egymástól való megkülönböztetése, valamint az őrlemények mennyiségének prediktálása volt. A minták elnevezése során az fajok nevének rövidítését, valamint az alkalmazott rovarőrlemény százalékos arányát használtam. Terjedelmi okok miatt a rovarőrlemény-búzaliszt keverékminták spektrumai a dolgozat M11. mellékletében található meg.

5.2.1 A különböző fajokból készült örlemények hatása a keverékekre

A keverékek feltáró elemzése érdekében PCA-t futtattam le a keverékek spektrális adatain. Az így kapott főkomponens szkór ábrát a 18. ábra mutatja be.



18. ábra: A vizsgált rovarörlemény-búzaliszt nyers spektrális adatain futtatott főkomponens-analízis (PCA) által létrehozott szkór ábra (n=70, F1 + F2 = 98%).

A felvett spektrumok elemzésekor minden keveréksor esetében megfigyelhető, hogy a növekvő rovarörlemény-mennyiség hozzáadásával erősödtek a spektrális különbségek. Míg az örlemények egyedi spektrumai jól láthatóan különböztek egymástól, alacsony keverési szinteken a búzaliszt spektrális tulajdonságai a dominánsabbak. Ez a *szkór* ábrán is látható, ahol az alacsonyabb rovartartalmú (5-20% örlemény) minták viszonylag közel helyezkedtek el egymáshoz, az F1 és F2 tengelyek negatív oldalán.

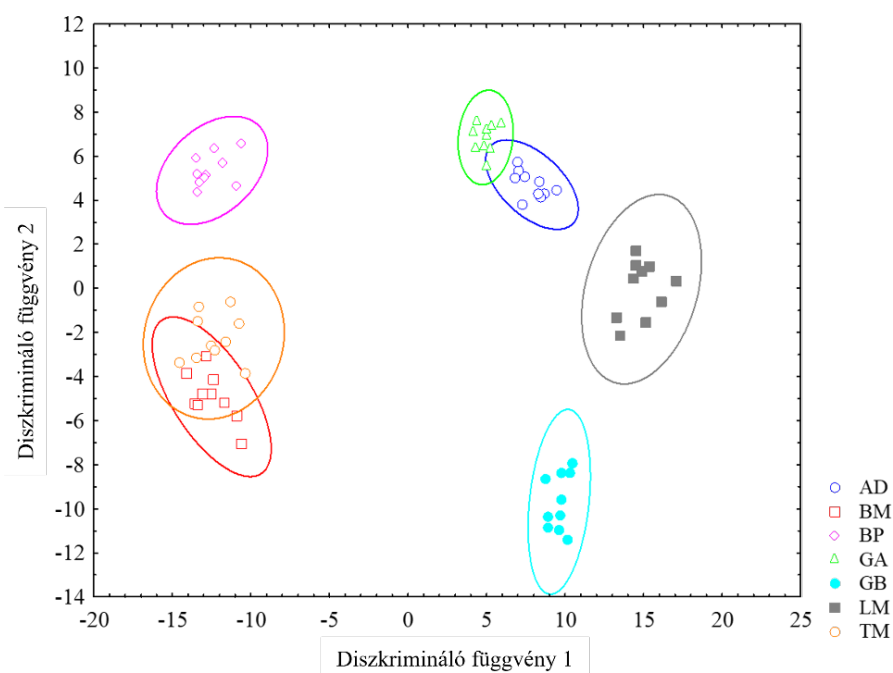
A PCA alapján a keverékek nem csak a különböző rovarfajok, hanem a keverési szintek alapján is különböznek egymástól. Utóbbi esetében az F1 főkomponens mentén különültek el a minták egymástól, míg a különböző fajok elkülönítése az F2 főkomponens mentén volt jellemző. Bár az elkülönülés a fajok esetében egyértelmű, az adatpontok közeli elhelyezkedése alapján következtethetünk az egyes minták közötti hasonlóságokra. Jó példa erre a TM és a BM tartalmú keverékek adatpont-sorai, amelyek viszonylag távolabb helyezkednek el a többi mintától az F2 főkomponens negatív, és az F1 főkomponens esetében inkább a pozitív tartományban, illetve utóbbi mentén „átlapolnak” egymással. Ez a többi vizsgált fajtól eltérő fejlődési stádiumukból eredő spektrális hasonlóságokkal, illetve az eltérő rendszertani besorolásukkal magyarázható, amely szintén állhat az összetételből eredő különbségek háttérében (RUMPOLD ÉS SCHLÜTER

2013). Ezzel szemben az AD és az LM keverékei az F1 főkomponens esetében a negatív, míg az F2 főkomponens esetében többnyire a pozitív tartományban helyezkedtek el, átlapolás nélkül. A BP, a GA és a GB örleményekkel készült keverékek ezzel szemben inkább a pozitív tartományban helyezkedtek el mindkét főkomponens elemzésekor.

Az elvégzett Hotelling- T^2 teszt alapján a minták egy populációból származnak. A megbízhatósági intervallumot a Hotelling- T^2 ellipszis határozta meg ($\alpha=0,05$). Az első két főkomponens a reziduális értékek alapján a TM50 és a GB50 minták valódi spektrális kiesők. Az LM45 és LM50 minták magas F-reziduális értékkel, míg a BM50 minta magas Hotelling- T^2 értékkel rendelkezik. Erre a magyarázat, hogy a rovarörlemények magas mennyisége olyan mértékben változtatta meg a minták spektrális tulajdonságait, hogy emiatt spektrális kiesőkké váltak, így ezeket kizártam a predikciós modellekhez használt adatok közül.

5.2.2 A keverékek osztályozására használt módszerekkel kapott eredmények

A keverékeket az egyes felhasznált rovarok faja alapján felügyelt tanítású osztályozási módszerrel is vizsgáltam. Lineáris diszkriminancia analízist (LDA) futtattam le hét-elem-kihagyásos kereszt-ellenőrzéssel a modellek validálása érdekében, amelyet követően a módszer a keverékeket 98,35%-os pontossággal osztályozta. A 19. ábrán megfigyelhető, hogy a BM és TM mintacsoportok egymást átfedik, ez alátámasztja a PCA eredményeit. Szintén átfedés volt az AD és a GA mintacsoportok között, azonban ez kisebb mértékű. Az átfedések oka, hogy ezek a rovarörlemények hasonlóan változtatták meg a spektrumok jellegzetes csúcsainak alakját, pl. az AD, GA és LM minták esetében az $5000-4500\text{ cm}^{-1}$ hullámszám-tartományban lévő csúcsot nagyobb mértékben torzították (M11. melléklet). A PCA és az LDA módszerek kombinálásával a keverékeket egyértelműen meg tudtam különböztetni a felhasznált rovarfajok alapján, csupán azok NIR spektrumainak használatával. Az LDA-modell validálására randomizációs tesztet használtam, amely során az egyes eseteket véletlenszerűen rendeltem hozzá az eredeti spektrumokhoz.



19. ábra: A rovarörlemény-búzaliszt keverékek (5-50%) spektrális adataival elvégzett PCA által generált főkomponens-szkórokon futtatott lineáris diszkriminancia-analízis diagramja (n=70).

A keverékek rovarörlemény-tartalmának százalékos becsléséhez parciális legkisebb négyzetek regressziót (*Partial Least Squares Regression*, PLSR) alkalmaztam a kiugró adatok eltávolításával létrehozott adathalmazon (n=65). Az optimalizálási folyamat során két különböző spektrális tartományt használtam: $9000\text{-}3800\text{ cm}^{-1}$, ami a teljes spektrális tartomány 676 változóval, valamint $9000\text{-}7313$, $6557\text{-}5384$ és $4968\text{-}3857\text{ cm}^{-1}$, amelyek a víz abszorpciós sávjainak eliminálásával képzett tartományok. Az OPUS 7.2 szoftver (Bruker, Ettlingen, Németország) segítségével egy automatikus optimalizálási folyamatot is elvégeztem a keresztellenőrzés átlagos négyzetes hibaértékének (*Root Mean Square Error of Cross Validation*, RMSECV) csökkentése érdekében, valamint a már korábban említett spektrum-előfeldolgozási módszereket is teszteltem és elemeztem. A modellek teljesítményének vizsgálatakor a legfontosabb szempontok, hogy minél nagyobb legyen a keresztellenőrzésre vonatkozó determinációs együttható (*goodness of validation using cross validation*, Q^2), valamint az arányos teljesítményeltérés (*Ratio Performance Deviation*, RPD) értéke, és minél alacsonyabb az RMSECV érték, mivel annál jobb a modell teljesítménye.

Bár a determinációs együttható (*coefficient of determination*, R^2) értéke a nyers, a teljes spektrális tartományt lefedő ($9000\text{-}3800\text{ cm}^{-1}$) spektrális adatokkal elvégzett regresszió esetében is magas volt, az RMSECV érték 1,18%-osnak bizonyult, ami viszonylag magas az alkalmazott, 5%-kal növekedő keverési szintek esetében. Abban az esetben, amikor a keverékek különböző fizikai tulajdonságai által hordozott irreleváns információ csökkentésére és a jel-zaj arány növelésére a már korábban is említett spektrális előkezelési módszereket (első derivált – *First*

Derivate, FD; SNV) alkalmaztam, a validált modellek Q^2 értékei minden esetben magasabbak voltak 0,99-nél. Ez alátámasztja a NIR spektroszkópia alkalmazhatóságát a rovarőrlemény-búzaliszt keverékek vizsgálatára.

A legjobb modellparamétereket SNV előkezeléssel, a nedvességtartalomhoz kapcsolódó abszorpciós csúcsok kizárásával, majd a spektrális tartományok automatikus optimalizálásával kaptam. A nyers, a teljes spektrális tartományt lefedő spektrális adatok felhasználásával kapott modellhez képest az RMSECV értéke így 0,65%-ra csökkent, a Q^2 érték pedig 0,993-ról 0,998-ra emelkedett. Bár a fontos statisztikai paraméterek az utóbbi esetben bizonyultak a legjobbnak, az automatikusan kiválasztott spektrális tartományok (339 változó) nem feltétlenül vezettek volna a legjobb eredményekhez, mivel előfordult, hogy fontos információkat hordozó spektrális tartományok kizárásra kerültek.

A fent leírt követelményeket, valamint a regresszióban használt változók számát figyelembe véve a víz abszorpciós csúcsainak eltávolításával és az SNV módszerrel előkezelt spektrumokat használó PLSR-modell bizonyult a leghatékonyabbnak ($Q^2=0,997$, RPD=18, RMSECV=0,78%, kalibrációs minták száma: 57), mivel ennek az esetében az RMSECV érték relatíve alacsony volt, és a modell nagy számú, 518 változót használt, amelyek spektrális tartományai jobban leírták a mintapopuláció spektrális tulajdonságait. A kapott PLSR modellek legfontosabb statisztikai paramétereit a 11. táblázat tartalmazza.

11. táblázat: A rovarörlemény-búzaliszt keverékekre kapott parciális legkisebb négyzetek regressziós (PLSR) modellek legfontosabb statisztikai paraméterei. A legjobban teljesítő modell paraméterei félkövérrel kerültek kiemelésre.

Előkezelési módszer	Spektrális tartomány (cm ⁻¹)	R ² érték	RMSEE [%]	Q ² érték	RMSECV [%]	Torzítás	RPD	Kalibrációs mintaszám
Nincs előkezelés	9000-3800	0,995	1,05	0,993	1,18	-0,0083	11,6	57
SNV	9000-3800	0,997	0,79	0,996	0,89	0,0099	15,7	55
FD+SNV	9000-3800	0,997	0,85	0,996	0,97	-0,0183	14,3	57
Nincs előkezelés	9000-7313, 6557-5384, 4968-3857	0,997	0,83	0,995	0,97	0,003	14,1	55
SNV	9000-7313, 6557-5384, 4968-3857	0,998	0,64	0,997	0,78	0,0234	18	57
FD+SNV	9000-7313, 6557-5384, 4968-3857	0,998	0,76	0,996	0,93	-0,0227	15	56
Nincs előkezelés	9000-8154, 4482-4266	0,998	0,6	0,996	0,77	-0,0178	16,4	54
SNV	9000-7313, 6557-5971, 4173-3857	0,999	0,52	0,998	0,65	-0,0342	21	57
FD+SNV	9000-7313, 4968-3857	0,999	0,58	0,997	0,72	-0,0085	18,9	59

FD: First Derivate – Első derivált; SNV: Standard Normal Variate – Vektornormalizálás; R² érték: Determinációs együttható; RMSEE: Átlagos négyzetes hiba a becslés esetén; Q² érték: Keresztellenőrzésre vonatkozó determinációs együttható; RMSECV: Átlagos négyzetes hiba a keresztellenőrzés esetén; RPD: Arányos teljesítményeltérés

Fontos megjegyezni, hogy kalibráláshoz használt minták között a BM és TM örleményt tartalmazó mintákat több esetben is ki kellett zárni az elemzésből, ami arra utal, hogy a különböző fejlődési stádiumban lévő rovarok örleményeivel készített keverékeket célszerű lehet egymástól elkülönítve vizsgálni.

Ni és munkatársai szinte azonos módszertannal (első és második derivált spektrumok kiértékelése, PCA és PLSR regresszió) vizsgáltak különböző rovarörlemény-keverékeket,

amelyeket különböző forrásból származó és eltérő módon feldolgozott *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor* és *Hermetia illucens* fajokból állítottak elő. Vizsgálataik során hasonló eredményeket kaptak: sikeresen meg tudták becsülni a keverékekben az egyes összetevők százalékos mennyiségét, valamint el tudták különíteni az egyes őrleményeket eredet és feldolgozási mód alapján (NI et al. 2024).

A kapott eredmények alapján megállapítható, hogy a NIR spektroszkópia alkalmas a búzalisztbe kevert, különböző rovarfajokból készített őrlemények identifikálására és mennyiségének becslésére 5-50%-os keverési arány esetében. A rovarfajok felismerése, és a keverékek arányainak meghatározása és nyomon követése a jövőben az élelmiszer- és takarmány-előállításban a termékfejlesztés, valamint a minőségbiztosítás területén is fontossá válhat, mivel ez döntő fontosságú a termék tápértékének, minőséget jelző paramétereinek, érzékszervi tulajdonságainak stb. szempontjából, és ennek következtében befolyásolhatja a késztermék forgalomképességét és forgalmát.

5.3 A fejlesztett *Acheta domesticus* őrleménnyel dúsított keksz termékek vizsgálatának eredményei

5.3.1 Energia- és makrotápanyag-tartalom

Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról 31. cikkének értelmében az energia- és tápanyagtartalom megadott értékeinek „*az egyes esetek függvényében olyan átlagértékeknek kell lenniük, amelyek a következőkön alapulnak: a) az élelmiszer előállítója által végzett vizsgálatok; b) a felhasznált összetevők ismert vagy tényleges átlagértékeiből végzett számítások; vagy c) általánosan meghatározott és elfogadott adatokból kiinduló számítások.*” (1169/2011/EU RENDELET). A Rendelet értelmében értékesítésre kerülő állapotú élelmiszer energia- és a tápanyagtartalmát átlagértékeken alapuló számítással is meg lehet határozni, így az egyes kekszfajták energia- és makrotápanyag-tartalmát a felhasznált, energiatartalommal rendelkező összetevők csomagolásán szereplő tápértékjelölés alapján, számítással határoztam meg. A 100 g termékre vonatkozó eredményeket a 12. táblázat ismerteti.

12. táblázat: Az *Acheta domesticus* őrlémmel dúsított keksz termékek 100 g mennyiségre vonatkoztatott összetétele, számított energia- és tápanyagtartalma. A 100 g-ra vonatkoztatott energiatartalom félkövérrel, a 1924/2006/EK rendelet mellékletében szereplő, a „fehérjeforrás” állítás feltüntetéséhez szükséges 12%-ot meghaladó fehérje-energia százalék értékek félkövérrel és dőlt betűtípussal kerültek kiemelésre.

Minta	Alapanyag	Mennyiség (g)	Energia (kcal/100 g)	Zsír (g/100 g)	Szénhidrát (g/100 g)	Rost (g/100 g)	Fehérje (g/100 g)	Fehérje-energia %
CP0	AD őrlemény	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,46
	Zabliszt	51,88	191,96	4,15	28,53	5,71	7,26	
	Hajdinaliszt	12,97	43,32	0,13	9,16	1,30	1,63	
	LM vaj	21,98	157,63	17,83	0,13	0,00	0,19	
	LM tejföl	13,16	17,77	1,58	0,45	0,00	0,39	
	Összesen	100,00	410,68	23,69	38,27	7,00	9,48	
CP5	AD őrlemény	3,24	14,82	0,59	0,18	0,02	2,20	11,13
	Zabliszt	48,64	179,96	3,89	26,75	5,35	6,81	
	Hajdinaliszt	12,97	43,32	0,13	9,16	1,30	1,63	
	LM vaj	21,98	157,63	17,83	0,13	0,00	0,19	
	LM tejföl	13,16	17,77	1,58	0,45	0,00	0,39	
	Összesen	100,00	413,50	24,02	36,67	6,66	11,22	
CP10	AD őrlemény	6,49	29,64	1,18	0,36	0,03	4,40	12,77
	Zabliszt	45,40	167,96	3,63	24,97	4,99	6,36	
	Hajdinaliszt	12,97	43,32	0,13	9,16	1,30	1,63	
	LM vaj	21,98	157,63	17,83	0,13	0,00	0,19	
	LM tejföl	13,16	17,77	1,58	0,45	0,00	0,39	
	Összesen	100,00	416,32	24,35	35,06	6,32	12,97	
CP15	AD őrlemény	9,73	44,46	1,77	0,54	0,05	6,60	14,39
	Zabliszt	42,15	155,97	3,37	23,18	4,64	5,90	
	Hajdinaliszt	12,97	43,32	0,13	9,16	1,30	1,63	
	LM vaj	21,98	157,63	17,83	0,13	0,00	0,19	
	LM tejföl	13,16	17,77	1,58	0,45	0,00	0,39	
	Összesen	100,00	419,14	24,68	33,46	5,98	14,71	

CP0: 0 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz. *A táblázat csak az összetevőket tartalmazza, amelyek energiát adó tápanyagokat tartalmaznak.

A tartós édesipari lisztes termékek általánosan a magasabb energiatartalmú élelmiszerek közé tartoznak. Különösen igaz ez az omlós kekszre, amelyek esetében a Magyar Élelmiszerkönyv édesipari termékekre vonatkozó, 2-84 számú irányelve legalább 11% (m/m) zsírtartalmat ír elő, szárazanyagtartalomra vonatkoztatva (MÉ 2-84). Az energiatartalmat a cukortartalom tovább növeli az édes kekszre esetében. A fejlesztett keksz termékek nem tartalmaztak cukrot, átlagos energiatartalmuk azonban a terméktípusnak megfelelően magas, 414,91 kcal/100 g. Az AD őrleményrel való dúsítás kis mértékben emelte az energiatartalmat a kontrollmintához képest, 410,68 kcal/100 g-ról CP5 esetében 413,50 kcal/100 g-ra, CP10 esetében 416,32 kcal/100 g-ra, CP15 esetében 419,14 kcal/100 g-ra. Ez a rovarőrlemény zablisztnél magasabb zsírtartalmával, így magasabb energiatartalmával magyarázható. A zsírtartalom esetében szintén kisebb mértékű

emelkedést tapasztaltam: 23,69 g/100 g-ról CP5 esetében 24,02 g/100 g-ra, CP10 esetében 24,35 g/100 g-ra, CP15 esetében 24,68 g/100 g-ra. A szénhidrát-tartalom nagyobb mértékben csökkent az AD örlemény hozzáadásával: 38,27 g/100 g-ról CP5 esetében 36,67 g/100 g-ra, a CP10 esetében 35,06 g/100 g-ra, a CP15 esetében pedig 33,46 g/100 g-ra, amely a rovarörlemény zablisztnél alacsonyabb szénhidrát-tartalmával magyarázható. A kekszek élelmi rost-tartalma a dúsítással arányosan, kis mértékben csökkent: 7,00 g/100 g-ról CP5 esetében 6,66 g/100 g-ra, CP10 esetében 6,32 g/100 g-ra, míg CP15 esetében 5,98 g/100 g-ra, amelynek oka az AD örlemény zablisztnél alacsonyabb rosttartalma.

A rovarörleménnyel való dúsítás a fehérjetartalmat látványosan megnövelte. A kontroll CP0 minta fehérjetartalma 9,48 g/100 g volt, ami 11,22 g/100 g-ra növekedett CP5 esetében, 12,97 g/100 g-ra CP10 esetében, és 14,71 g/100 g-ra CP15 esetében. Hasonló eredményeket figyeltek meg a búzalisztból készült kenyerek fehérjetartalma esetében házi tücsök és csótány-örlemény hozzáadásakor (OSIMANI et al. 2018, DE OLIVEIRA et al. 2017), valamint rizslisztből készült sütemények sáska-örleménnyel való dúsításakor (INDRIANI et al. 2020). Búzaliszt alapú, tojással és *Acheta domesticus* örleménnyel készített vaníliás kekszek esetében is növekedett a fehérje- és élelmirost-tartalom és csökkent a szénhidrát-tartalom, azonban a zsírtartalom nem változott jelentős mértékben (BAWA et al. 2020). 20% *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított kakaós kekszek esetében is hasonló eredményeket figyeltek meg a kutatók (BAS ÉS EL 2022). Az energia- és tápanyagtartalom-béli különbségek ezekben az esetekben többek között a gabona- és álgabonalisztek csökkenő mennyiségéből és eltérő tápanyagösszetételéből, valamint az egyéb összetevők hozzáadásából fakadhatnak.

Az Európai Parlament és Tanács 1924/2006/EK rendelete az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról 2. cikkének értelmében az „*állítás: olyan közlés vagy ábrázolás – beleértve a képi, grafikus vagy jelképes ábrázolás bármely formáját –, amely a közösségi vagy nemzeti jogszabályok szerint nem kötelező, és amely kijelenti, sugallja vagy sejteti, hogy az élelmiszer különleges jellemzőkkel rendelkezik*”. Szintén a 2. cikk tartalmazza a „*tápanyag-összetételre vonatkozó állítás*” fogalmát, amely „*bármely olyan állítás, amely kijelenti, sugallja vagy sejteti, hogy az élelmiszer bizonyos, a táplálkozásra nézve különös kedvező tulajdonságokkal rendelkezik*” (1924/2006/EK RENDELET). A Rendelet értelmében ilyen állításokat csak abban az esetben lehet feltüntetni az élelmiszer jelölésén, amennyiben az adott állítások megfelelnek a Rendelet előírásainak.

A Rendelet Melléklete tartalmazza az élelmiszerek jelölésén alkalmazható tápanyag-összetételre vonatkozó állításokat, és az ezekre vonatkozó feltételeket. A fejlesztett keksz termékek esetében mennyiségükből kifolyólag a fehérjetartalomra, valamint az élelmi rost-tartalomra vonatkozó állításoknak való megfelelést érdemes vizsgálni:

1. Fehérjeforrás: „az az állítás, hogy egy élelmiszer fehérjeforrás, valamint a fogyasztó számára vélhetően ugyanezzel a jelentéssel bíró bármely állítás csak akkor alkalmazható, ha az élelmiszer energiaértékének legalább 12%-át fehérje adja”;
2. Fehérjében gazdag: „az állítás, amely szerint az élelmiszer fehérjében gazdag, valamint a fogyasztó számára vélhetően ugyanezzel a jelentéssel bíró bármely állítás csak akkor alkalmazható, ha az élelmiszer energiaértékének legalább 20 %-át fehérje biztosítja”;
3. Élelmirostforrás: „az állítás, amely szerint az élelmiszer élelmirost-forrás, valamint a fogyasztó számára vélhetően ugyanezzel a jelentéssel bíró bármely állítás csak akkor alkalmazható, ha a termék élelmirost-tartalma legalább 3 g/100 g vagy 1,5 g/100 kcal”;
4. Élelmi rostban gazdag: „az állítás, amely szerint az élelmiszer élelmi rostban gazdag, valamint a fogyasztó számára vélhetően ugyanezzel a jelentéssel bíró bármely állítás csak akkor alkalmazható, ha a termék élelmirost-tartalma legalább 6 g/100 g vagy 3 g/100 kcal” (1924/2006/EK RENDELET).

A tápanyagösszetétel vizsgálata, valamint a fehérje-energia százalék érték kiszámítása alapján megállapítható, hogy az *Acheta domesticus* örleményt magasabb mennyiségben tartalmazó CP10 és CP15 termékek jelölésén feltüntethető lenne a „fehérjeforrás” állítás, mivel energiatartalmuk 12,77%-a (CP10) és 14,39%-a (CP15) fehérjéből származik (12. táblázat). Az élelmi rost-tartalom CP0, CP5 és CP10 esetében is meghaladja a 6 g/100 g értéket (CP0: 7,00 g/100, CP5: 6,66 g/100 g, CP10: 6,32 g/100 g), így jelölésükön alkalmazható lenne az „élelmi rostban gazdag” állítás. Érdemes megjegyezni, hogy a hatóságok számára a 1169/2011/EU Rendelethez, az élelmiszerek jelölésén feltüntetett tápérték tűréshatárának megállapításához készített útmutató kerekítési szabályai alapján a CP15 minta 5,98 g/100 g élelmi rost-tartalma a jelölésen feltüntethető 6,0 g/100 g-ként, így technikailag ennek a terméknek az esetében is alkalmazható lenne az „élelmi rostban gazdag” állítás (ÚTMUTATÓ AZ ÉLELMISZEREK JELÖLÉSÉN FELTÜNTETETT TÁPÉRTÉK TŰRÉSHATÁRÁNAK MEGÁLLAPÍTÁSÁHOZ 2012).

5.3.2 Színmérés, színkülönbség vizsgálata

A színmérés eredményei alapján már kis mennyiségű AD örlemény is befolyásolta a minták színét, mivel mindhárom színkoordináta értéke annak mennyiségével arányosan változott. A mérési eredményeket a 14. táblázat tartalmazza.

A CP0 minta L* értéke 63,50 volt, a CP15 mintáé pedig 50,08, ami az örlemény a minta színét sötétítő hatástát jelzi. Az a* érték CP0 esetében 7,92, CP15 esetében pedig 9,53-ra változott, ami arra utal, hogy a minták színének összetételében nőtt vörös szín aránya. A b* érték a kontrollminta CP0 esetében 25,47 volt, CP15 esetében pedig 22,67, ami arra enged következtetni, hogy a

rovarőrleményt tartalmazó termékek színe kevésbé volt sárgás, mint a kontrollminta. Az elvégzett ANOVA elemzés, valamint a Tukey-féle post hoc teszt alapján szignifikáns különbséget találtam mind a négy minta L* [F(3,52)=335,722, $p < 0,0001$], a* [F(3,52)=42,498, $p < 0,0001$] és b* [F(3,52)=73,224, $p < 0,0001$] értékei között.

A kapott eredmények összhangban vannak a szakirodalmi adatokkal. Szintén 0, 5, 10 és 15% *Acheta domesticus* őrlémmel készült, búzaliszt alapú vaníliás kekszek, búzaliszt alapú, *Tenebrio molitor* és *Zophobas aratus* őrléményekkel dúsított édes omlós kekszek, csótányőrleménnyel dúsított kenyerek és a sáskaőrleménnyel dúsított rizslisztből készült sütemények esetében is csökkent az L* érték és nőtt az a* érték (SRIPRABLOM et al. 2022, BAWA et al. 2020, INDRIANI et al. 2020, DE OLIVEIRA et al. 2017). Saját eredményeimmel ellentétben a b* érték növekvő tendenciát mutatott rovarokkal dúsított pékárukban (GONZÁLEZ et al. 2019), és a *Zophobas aratus* őrléményekkel dúsított édes omlós kekszekben (SRIPRABLOM et al. 2022). Az eltérő eredmény oka az eltérő alapanyag: ezekben az esetekben a kutatók búzalisztet használtak, az általam fejlesztett kekszminták alapanyaga azonban sötétebb zab- és hajdinaliszt volt. A különbségeket a fejlesztésekhez használt eltérő rovarfajok is okozhatják.

A 13. táblázatban látható színekülönbség értékek-alapján a kontrollminta CP0-val összehasonlítva minden más keksz esetében teljesen különböző színeket érzékelnek a megfigyelők, és a rovartartalommal azonos arányban nő a színek közti különbség mértéke ($\Delta E > 5$, CP0 – CP5: 5,34, CP0 – CP10: 9,98, CP0 – CP15: 13,80). A CP5 és CP10 minták esetében bár kisebb mértékű, de egyértelmű színekülönbség ($3,5 < \Delta E < 5$, CP5 – CP10: 4,66), míg a CP5 és CP15 minták esetében a megfigyelők ismét két különböző szintet érzékelnek ($\Delta E > 5$, CP5 – CP15: 8,67). A CP10 és a CP15 minták esetében szintén egyértelmű az érzékelt színek közti különbség, azonban ez kisebb mértékű, mint a CP5 és CP10 minták között ($3,5 < \Delta E < 5$, CP10 – CP15: 3,85). A kapott eredmények alapján a termékek színének különbségét egyértelműen az adagolt rovarőrlemény okozza, és a színek közti különbség mértéke a rovarőrlemények mennyiségével egyenesen arányos.

13. táblázat: Az *Acheta domesticus* őrlémmel dúsított keksz termékek közti színekülönbség számítással kapott értékei (ΔE). A félkövérrel kiemelt, 5-nél nagyobb értékek esetén a megfigyelők két különböző szintet érzékelnek.

Minta	CP0	CP5	CP10	CP15
CP0	-	5,34	9,98	13,80
CP5	5,34	-	4,66	8,67
CP10	9,98	4,66	-	3,85
CP15	13,80	8,67	3,85	-

CP0: 0 g/100 g AD őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

5.3.3 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása

A sütőipari termékekben és finompékárúkbán a titrálható savtartalom, vagy savfok a mikroorganizmusok aktivitásának indikátora, mivel a nedves tészta megfelelő, tápanyagokban gazdag közeget biztosít az anyagcseretermékeikként szerves savakat termelő mikroorganizmusok számára (TYL ÉS SADLER 2017). A kontroll CP0 minta savfoka 9,95 volt, ami a rovarőrleményt tartalmazó minták esetében emelkedett, a CP15 mintakódú keksz esetében 17,65 volt az érték (14. táblázat). A titrálható savtartalom az AD őrlemény mennyiségével egyenesen arányosan növekvő tendenciát mutatott a vizsgált mintákban. Az elvégzett varianciaanalízis és a Tukey-féle post hoc teszt alapján a négy minta savfoka között a különbség statisztikailag is szignifikáns [$F(3,4)=187,763$, $p<0,0001$]. Más tanulmányokban is hasonló savfok-eredményeket kaptak a kutatók *Acheta domesticus*-sal dúsított, búzalisztből készült kenyerek, valamint *Alphitobius diaperinus*-sal dúsított, szintén búzalisztből készült snackek esetében (RONCOLINI et al. 2020, OSIMANI et al. 2018), amely arra enged következtetni, hogy az ehető rovarokkal való komplettálással, valamint a rovartartalommal növekedésével arányosan emelkedik a sütőipari termékek titrálható savtartalma. Ez a rovarőrlemények gabona- és álgabonaliszteknel magasabb hamutartalmára vezethető vissza, ugyanis ez a paraméter bizonyítottan befolyásolja a tészták pufferkapacitását (TACCARI et al. 2016).

5.3.4 Műszeres állományvizsgálat – Keménység

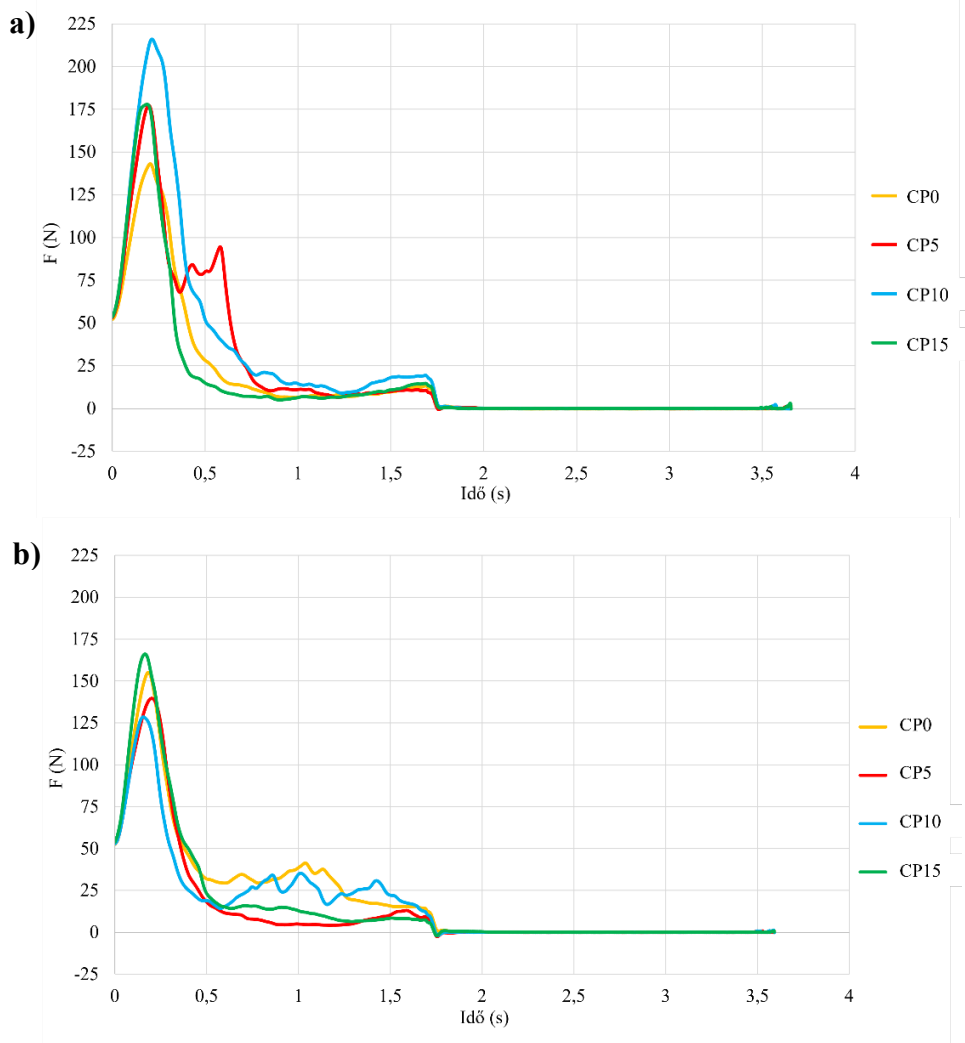
A keménység műszeres vizsgálata során a kekszek törési szilárdságát határoztam meg olyan módon, hogy a precíziós állománymérő pengéje merőlegesen nyomóerőt alkalmazott a mintákon. A mérés során folyamatosan rögzítésre került az adott időpillanathoz tartozó mérhető erő és a műszer pengéjének a mérés kezdeti állapotához viszonyított távolsága. A vizsgálat kezdetekor mért erő a penge a mintákkal való érintkezésétől számítva folyamatosan növekszik, amíg a keksz el nem törik és két részre nem esik. A törés pillanatában mért erő a maximális erő, ez jellemzi a minta keménységét.

A mért maximális erők (F_{max}) összességében nem változtak nagy mértékben a kontrollminta esetében mértekhez képest: CP0 esetében 160,22 N volt a mért értékek átlaga, CP15 esetében pedig 183,72 N (14. táblázat). Az elvégzett varianciaanalízis eredménye alapján a minták keménysége nem változott statisztikailag szignifikáns mértékben a rovarőrlemény adagolásával [$F(3,52)=0,887$, $p=0,454$], amely technológiailag igen kedvező eredmény. Megfigyelhető azonban, hogy az AD őrlemény mennyiségével egyenesen arányos, közel tendenciózus növekedést mutat a paraméter.

A 14. táblázatban megfigyelhető, hogy a mért a maximális átlagerők szórása kifejezetten magas. Ennek oka lehet, hogy a legnagyobb pontosságra való törekvés mellett is felléphetnek olyan mérési nehézségek, mint például a mérési beállítás kis mértékű pontatlanságai, a mérési rés, azaz az alátámasztás távolságának optimális beállítása, a különböző anyagok sajátos tulajdonságaiból eredő eltérések (mind a mérőfej, mind a minta anyagára vonatkozóan), a kézi tésztakidolgozás egyenlőtlenségei, valamint a kekszmintákban a formázás és a sütés során ébredő belső feszültség.

A fejlesztett keksz termékek sütése két körben történt. Az első és a második sütés alkalmával készített minták állománymérésének eredményeit külön-külön is vizsgáltam, ennek eredményeit a 20. ábra szemlélteti. Megfigyelhető, hogy az első és a második sütés alkalmával a négy minta esetében másképp alakultak a maximális erők értékei, és azok nagysági sorrendje. A termékek rovartartalma és a mérési eredmények eltérései között konkrét, egyértelmű, összefüggés nem állapítható meg, az anomáliák hátterében az élelmiszeriparban igen jellemző mátrix-hatás, valamint a minimális környezeti és technológiai variabilitások állhatnak (például a liszt nedvességtartalmának változása, az alapanyagok és egyéb összetevők összetételbeli különbségei akár egy tételen belül is stb.).

Több görbe esetén is megfigyelhető, hogy a maximális átlagerő elérését követően az erő nagysága csökkent, majd újból emelkedett. A jelenség hátterében a kekszek többszörös törésre állhat. Ennek oka lehet, hogy a mérőfej nem egyszerre törte át a mintát, vagy törés után a keksz darabjai feltorlódtak, megnövelve ezzel az ellenállást. Ez a hiba tú mérőfej alkalmazásával kiküszöbölhető lehet, azonban ebben az esetben megnő a tészta darabosságából, a keményebb szemcsék által keltett nagyobb ellenállásból eredő hibák valószínűsége.



20. ábra: a) Az első és b) a második sütést követő állományvizsgálat során mért átlagerők (F) az idő függvényében (n=4). CP0: 0 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz.

A szakirodalomban fellelhető eredmények vegyes képet mutatnak az állomány változásaival kapcsolatban: búzalisztból készült, *Acheta domesticus* őrleménynel dúsított kenyerek, és 20% *Acheta domesticus* őrleménynel dúsított kakaós kekszek esetében szintén nem változott szignifikáns mértékben a keménység, *Hermetia illucens* (fekete katonalégy) lárva őrleményének adagolásakor azonban növekedett, *Schistocerca gregaria* (sivatagi vándorsáska) őrleményével való komplettáláskor pedig csökkent (BAS ÉS EL 2022, GONZÁLEZ et al. 2019, HABER et al. 2019). *Tenebrio molitor* és *Alphitobius diaperinus* őrleményekkel dúsított kekszek esetében 20%-os rovarőrlemény-mennyiségig növekvő, ennél nagyobb mennyiségnél csökkenő tendenciát tapasztaltak a vizsgálatokat végző kutatók (ORTOLÁ et al. 2022). Szintén 0, 5, 10 és 15% *Acheta domesticus* őrleménynel dúsított, búzaliszt alapú, tojást is tartalmazó vaníliás kekszek esetében szignifikáns mértékben növekedett a termékek keménysége a rovartartalom emelkedésével

(BAWA et al. 2020). A különbségek háttérben az eltérő élelmiszerek, az alapanyagok és az azokból eredő terméktulajdonságok állhatnak, azonban szintén befolyásoló tényezők lehetnek a felhasznált rovarok faji különbségei, a tenyésztésük és a feldolgozásuk módja, illetve az adagolt mennyiség is.

14. táblázat: Az *Acheta domesticus* őrlémmennyel dúsított keksz termékek műszeres szín-, savfok- és keménységmérésének eredményei (átlag±szórás*, n=4) az elvégzett Tukey-féle post-hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	L*	a*	b*	Savfok	Keménység (N)
CP0	63,50±1,77 ^a	7,92±0,46 ^a	25,47±0,61 ^a	9,95±0,35 ^a	160,22±43,91 ^a
CP5	58,24±0,61 ^b	8,66±0,21 ^b	24,88±0,23 ^b	13,00±0,14 ^b	164,63±44,16 ^a
CP10	53,74±1,23 ^c	9,08±0,40 ^c	23,76±0,40 ^c	15,00±0,42 ^c	185,04±69,49 ^a
CP15	50,08±0,73 ^d	9,53±0,43 ^d	22,67±0,76 ^d	17,65±0,35 ^d	183,72±40,79 ^a

*L** érték: színtől független világosság a sötétől (0) a világosig (100), *a** érték: a zöldesség (-) vagy vörösség (+) mértéke, *b** érték: a kékesség (-) vagy sárgáság (+) mértéke. CP0: 0 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik.

5.3.5 Fogyasztói érzékszervi minősítés – Kedveltségi vizsgálat és Check-All-That-Apply (CATA) analízis

5.3.5.1 Kedveltségi vizsgálat

A kedveltségi vizsgálat eredményei alapján az alternatív gabonalisztekből készült sós-omlós keksz kedveltségét nagy mértékben befolyásolta különböző mennyiségű AD őrlémmenny adagolása, ezt az eredményeken futtatott ANOVA elemzések és a post hoc tesztek is megerősítették (15. táblázat).

Az adagolt rovarőrlémmenny jelentősen megváltoztatta a minták színét – a színmérés korábban ismertetett eredményei alapján azok sötétebbek, vörösebbek, valamint kevésbé sárgásabbak voltak, mint a kontrollminta – ezt a termékek színére adott kedveltségi pontszámok átlagai is alátámasztják. A szín kedveltsége általánosan mérsékelt volt, azonban egyes minták színének kedveltsége között szignifikáns volt a különbség [$F(3, 264)=19,26, p<0,001$]. A legmagasabb pontszámot a CP5 minta színe kapta (Szín kedveltsége: 7,48), azonban ez az érték nem különbözött jelentősen a kontroll CP0 minta kedveltségétől (Szín kedveltsége: 7,03). A CP10 minta színének kedveltsége (Szín kedveltsége: 6,42) szintén nem különbözött nagy mértékben a CP0 mintáétól. A legalacsonyabb értéket a CP15 minta kapta (Szín kedveltsége: 5,33), ez az elvégzett Tukey-féle post hoc teszt alapján minden más termék pontszámától szignifikánsan különbözött.

Az illat kedveltségének esetében magasabb átlagpontszámokat értek el a fejlesztett keksz termékek, a kedveltség azonban még mindig mérsékeltnek mondható. Az elvégzett varianciaanalízis eredményei alapján szignifikáns különbség tapasztalható egyes minták illatának kedveltsége között [$F(3,264)=3,86$, $p=0,0099$]. A legmagasabb kedveltség-értéket ebben az esetben is a CP5 minta kapta (Illat kedveltsége: 7,09), ez a Tukey-féle post hoc teszt eredménye alapján szignifikánsan különbözött a legalacsonyabb pontszámot elérő CP15 mintától (Illat kedveltsége: 6,10). Egymáshoz nagyon hasonló átlagpontszámot kapott a CP0 (Illat kedveltsége: 6,46) és a CP10 minta (Illat kedveltsége: 6,55), amely értékek a post hoc teszt alapján nem különböztek statisztikailag szignifikáns mértékben a többi minta pontszámaitól.

A kekszek állományát szintén mérsékeltén kedvelték a bírálók. Az elvégzett ANOVA elemzés alapján a kedveltség-értékek nem különböztek egymástól szignifikáns mértékben [$F(3,264)=0,6863$, $p=0,5611$], amelyet a korábban ismertetett műszeres állományvizsgálat eredménye is alátámaszt. Érdekes, hogy a kontroll CP0 és a CP10 minták ugyanolyan kedveltségi pontszámot kaptak (Állomány kedveltsége: 5,93), ezeket szorosan követte a CP5 (Állomány kedveltsége: 5,87) és a CP15 minta (Állomány kedveltsége: 5,54). Annak hátterében, hogy a kontrollminta egy magasabb rovarörlemény-tartalmú mintával azonos pontszámot kapott, technológiai okok, pl. a kézi tésztakidolgozás egyenlőtlenségei állhatnak.

A vizsgált minták ízének kedveltsége általánosan szintén mérsékelt, azonban a kedveltségi pontszámok alapján a CP0 és a CP5 minták határozottan elkülönültek a magasabb rovarörlemény-tartalmú CP10 és a CP15 mintáktól. Az elvégzett varianciaanalízis alapján egyes minták ízének kedveltsége között statisztikailag szignifikáns a különbség [$F(3,264)=11,21$, $p<0,0001$]. A legmagasabb pontszámot a bírálók a CP0 minta esetében adták (Íz kedveltsége: 6,55), ehhez nagyon hasonlóan értékelték a CP5 mintát (Íz kedveltsége: 6,27). A magasabb rovarörlemény-tartalmú minták viszonylag alacsony pontszámot kaptak, azonban jelentős a különbség a CP10 (Íz kedveltsége: 5,21) és a CP15 (Íz kedveltsége: 4,70) minták ízének kedveltsége között. Utóbbi esetben az alacsony, öt alatti érték már-már elutasításra utal.

A fejlesztett keksztermékek összkedveltsége (*Overall Liking*, OAL) az íz kedveltségéhez nagyon hasonlóan alakult, és az elvégzett ANOVA elemzés alapján egyes minták OAL-pontszámai között szintén szignifikáns különbséget tapasztaltam [$F(3,264)=13,15$, $p<0,0001$]. A kapott pontszámok alapján a bírálók a CP0 (OAL: 6,57) és a CP5 (OAL: 6,42) mintákat kedvelték a leginkább. A CP10 minta pontszáma mérsékelt kedveltséget mutatott (OAL: 5,49) a CP15 minta eredménye (OAL: 4,78) alapján pedig inkább nem kedvelték a mintát a panel tagjai.

15. táblázat: Az *Acheta domesticus* őrlémmennyel dúsított keksz termékek érzékszervi kedveltségi vizsgálatának eredményei (átlag±szórás*, n=67) az elvégzett Tukey-féle post-hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	Szín kedveltsége	Illat kedveltsége	Állomány kedveltsége	Íz kedveltsége	Összkedveltség (OAL)
CP0	7,03±1,78 ^{ab}	6,46±1,58 ^{ab}	5,93±1,74 ^a	6,55±1,86 ^a	6,57±1,71 ^a
CP5	7,48±1,43 ^a	7,09±1,53 ^a	5,87±1,97 ^a	6,27±2,12 ^a	6,42±1,88 ^a
CP10	6,42±1,68 ^b	6,55±1,71 ^{ab}	5,93±1,72 ^a	5,21±2,12 ^b	5,49±1,94 ^b
CP15	5,33±2,00 ^c	6,10±1,93 ^b	5,54±1,92 ^a	4,70±2,40 ^b	4,78±2,04 ^b

CP0: 0 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrlémmennyet tartalmazó lisztkeverék alapú keksz. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik.

A kedveltség-értékeket megvizsgálva látható, hogy bármely jellemzőt vizsgálva a CP15 minta volt a legkevésbé kedvelt, azonban a keksz a szín, az illat és az állomány esetében öt feletti, az íz és az OAL esetében kevéssel öt alatti átlagos kedveltségi pontszámokat kapott, így nem jelenthető ki egyértelmű elutasítás a bírálók részéről. A szín és az illat esetében egyértelműen a CP5 minta volt a leginkább kedvelt, de az íz és az OAL alapján a leginkább a kontroll CP0 mintát kedvelték. Ettől kis, statisztikailag nem szignifikáns mértékben marad csak el a CP5 minta, amely arra utal, hogy az ilyen alacsony rovartartalom nincs hatással a fogyasztói kedveltségére. A CP10 minta színének és illatának kedveltsége a statisztikai elemzés alapján is a kontrollmintához hasonló, az íz és az OAL esetében azonban jóval alacsonyabb pontszámokat kapott a CP0 és a CP5 mintákhoz képest. Az állomány szempontjából nem tapasztalható szignifikáns különbség a minták kedveltsége között, ami arra enged következtetni, hogy a kis mennyiségű AD őrlémmennyel történő komplettálás nem okoz egyértelmű, érzékszervi vizsgálattal kimutatható különbséget a minták állományt jellemző tulajdonságai esetében.

Kutatási eredményeim összehasonlítása más vizsgálatok eredményeivel problémákat vet fel annak következtében, hogy a legtöbb kedveltségre irányuló érzékszervi vizsgálatot más terméktípusokkal (pl. kenyerekkel, energiaszeletekkel) végezték el, továbbá az egyes termékekben más összetevőket és ízesítőanyagokat is használtak (pl. búzaliszt, cukor, zöltségek és gyümölcsök, olajos magvak, fűszerek), amelyek szintén nagy mértékben befolyásolják a fejlesztett élelmiszerek érzékszervi tulajdonságait és kedveltségét.

Macrotermes nigeriensis-őrlémmennyel dúsított édes kekszek esetében a rovarőrlémmennyet nem tartalmazó kontrollminta esetében volt a legmagasabb az íz kedveltségére adott pontszám, azonban a fogyasztói elfogadás esetében a legmagasabb értéket az 5% rovarőrlémmennyet tartalmazó minta érte el. Saját kutatási eredményeimhez hasonlóan az egyes minták állományának kedveltsége között nem találtak szignifikáns különbséget, valamint a szín kedveltsége esetében szintén az 5%

rovarőrleményt tartalmazó termék kapta a legmagasabb pontszámot a panel tagjaitól. A vizsgált minták arányaiban magasabb pontszámokat kaptak minden tulajdonság esetében, mint az általánosan fejlesztett kekszek, amelynek háttérében kulturális különbségek is állhatnak: a vizsgálatot Nigériában végezték el, ahol a rovarok mindennapos csemegének számítanak, így valószínűleg jelentősen nagyobb az általános fogyasztói elfogadásuk (BABARINDE et al. 2024, OGUNLAKIN et al. 2018). Búzaliszt alapú, 0, 5, 10 és 15% *Acheta domesticus* őrleménnyel készített vaníliás kekszek kedveltségi vizsgálata esetében többségében nem szignifikáns, de a rovartartalommal növekedésével arányosan csökkenő tendenciát mutatott a szín, a küllem és az állomány kedveltsége. Az íz és – saját eredményeimhez hasonlóan – az illat esetében az 5% tücsökőrleményt tartalmazó minta kapta a legmagasabb pontszámot a panel tagjaitól, amely nem különbözött szignifikánsan a kontrollminta értékelésétől. Az általános fogyasztói elfogadás és a vásárlási hajlandóság esetében szintén a kontrollminta kapta a legmagasabb pontszámot, azonban ezt ebben az esetben is szorosan követte az 5%-os rovartartalmú minta és a különbség itt sem volt szignifikáns. A nigériai tanulmányhoz hasonlóan ebben az esetben is magas kedveltségi pontszámokkal értékelték a bírálók a rovartartalmú mintákat. Ennek háttérében szintén állhatnak kulturális tényezők, mivel ez a vizsgálat Thaiföldön készült, ahol a vidéki lakosság körében szintén gyakori az *entomofágia* (KRONGDANG et al. 2023, BAWA et al. 2020). *Acheta domesticus* őrleménnyel dúsított omlós, kakaós kekszek esetében a kutatók nem tapasztaltak szignifikáns különbséget a kedveltségben és a fogyasztói elfogadásban a kontrollmintához képest (BAS ÉS EL 2022).

A műszeres vizsgálatok, valamint a kedveltségi vizsgálat adatain futtatott Pearson-féle korrelációelemzéssel kapott korrelációs mátrixot az M12. melléklet tartalmazza. A mátrix alapján a műszeres mérések eredményei (színmérés, savfok-meghatározás, műszeres állománymérés) a Pearson-féle korrelációs koefficiensek alapján egyértelmű pozitív vagy negatív ($r > 0,70$, vagy $r < -0,70$), és szignifikáns ($p < 0,05$) összefüggésben vannak a rovartartalommal és egymással is. Ennek oka lehet, hogy ezeket a mért paramétereket többségében szignifikáns mértékben, a keménység esetében pedig tendenciózusan befolyásolta a kekszek rovarőrlemény-tartalma. Szignifikáns negatív összefüggés áll fenn a rovarőrlemény-tartalom és az OAL között ($r = -0,969$, $p = 0,031$), amelynek oka, hogy a rovartartalom növekedésével csökkent az OAL értéke. Ugyanez tapasztalható az íz kedveltsége és a rovarőrlemény-tartalom közti korreláció esetében ($r = -0,978$, $p = 0,02$). A kedveltség-tulajdonságok esetében csak az íz kedveltsége és az OAL között figyelhető meg összefüggés, azonban ez rendkívül szoros, szignifikáns pozitív korreláció ($r = 0,99$, $p = 0,008$). Ez arra enged következtetni, hogy az összkedveltség alakulásában az íz kedveltségé a legfontosabb szerep, amely szinte általános jelenség az érzékszervi minősítés során (ANDERSEN et al. 2019, MOSKOWITZ ÉS KRIEGER 1995).

Érdekes, hogy a műszeres szín- és állománymérés eredményei a fogyasztói érzékszervi minősítés során vizsgált paraméterek közül a szín és az állomány kedveltségével nem mutatnak összefüggést. Ennek oka lehet, hogy amennyiben a kedveltség-értékeket szubjektív vizsgálattal határozzuk meg olyan módon, hogy a résztvevő fogyasztóknak nincs volt előzetes termékismeretük, az objektív mérési eredmények nem befolyásolják az eredményt. Megfigyelhető továbbá, hogy néhány műszeres mérési eredmény (savfok, L* és b* értékek) és az íz kedveltsége, valamint az OAL között korreláció mutatkozik. Ennek a háttérben szintén a rovarőrlemény-tartalom növekedése, és az ebből következő matematikai összefüggés állhat.

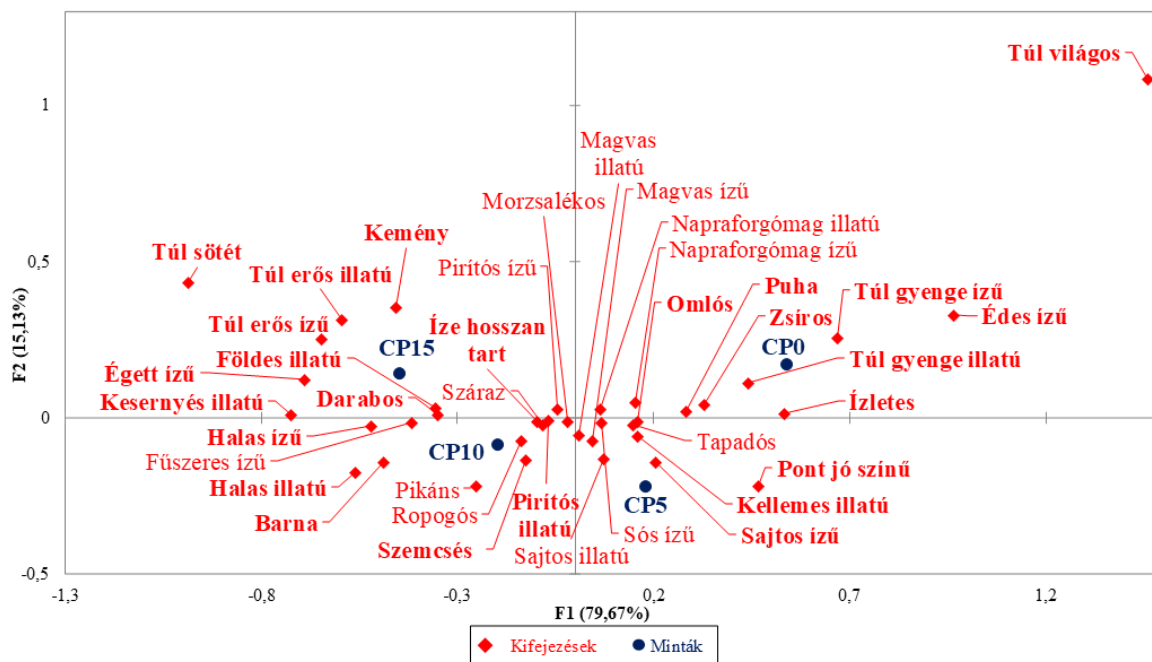
5.3.5.2 Check-All-That-Apply (CATA) analízis

A fogyasztói bírálókkal elvégzett kedveltségi vizsgálat részeként elvégzett, a modern érzékszervi minősítési módszerek közé tartozó CATA analízis segítségével meghatároztam a fejlesztett keksz termékek főbb érzékszervi jellemzőit, valamint ezek hatását az összkedveltségre (OAL).

A CATA kérdőívben listázott 38 kifejezés közül a tíz leggyakrabban a terméket jellemzőként megjelölt a *Morzsalékos*, *Omlós*, *Kellemes illatú*, *Íze hosszan tart*, *Pont jó színű*, *Barna*, *Tapadós*, *Sós ízű*, *Száraz*, és a *Magvas ízű*, a legritkábban megjelölt öt kifejezés pedig a *Kemény*, *Fűszeres ízű*, *Halas illatú*, *Édes ízű* és a *Halas ízű* kifejezések voltak. A lehető legpontosabb eredmények elérése érdekében a *Cochran-féle Q-tesztet* alkalmaztam a vizsgált mintákat szignifikáns mértékben ($p=0,05$) megkülönböztető tulajdonságok kiszűrésére. Ennek eredményeként nagy számú, 25 db szignifikáns kifejezést és tulajdonságot sikerült elkülönítenem, amely az összes kifejezés 65,79%-a. A 16. táblázat tartalmazza a listázott 38 kifejezés megjelölésének pontos számát, és a Cochran-féle Q-teszt eredményét.

16. táblázat: A CATA kérdőívben listázott 38 kifejezés termékét jellemzőként való megjelölésének pontos száma. A Cochran-féle Q-teszttel meghatározott, a vizsgált keksz mintákat egymástól szignifikánsan megkülönböztető kifejezések és tulajdonságok félkövérrel kerültek kiemelésre.

Kifejezés	Terméket jellemzőként megjelölve (db)	Kifejezés	Terméket jellemzőként megjelölve (db)
Morzsálékos	196	Túl sötét	67
Omlós	182	Túl gyenge illatú	67
Kellemes illatú	136	Napraforgómag illatú	65
Íze hosszan tart	133	Darabos	64
Pont jó színű	132	Ízletes	61
Barna	124	Túl erős ízű	59
Tapadós	123	Napraforgómag ízű	59
Sós ízű	115	Ropogós	36
Száraz	104	Földes illatú	33
Magvas ízű	94	Kesernyész illatú	27
Sajtos illatú	92	Túl világos	26
Szemcsés	90	Túl gyenge ízű	23
Magvas illatú	86	Pikáns	20
Puha	86	Túl erős illatú	18
Zsíros	85	Halas ízű	18
Pirítós illatú	77	Édes ízű	14
Sajtos ízű	76	Halas illatú	13
Égett ízű	75	Fűszeres ízű	11
Pirítós ízű	68	Kemény	8



21. ábra: Az *Acheta domesticus* őrlémmel dúsított keksz termékek és a CATA kérdőív kifejezések korrespondencia analízise ($n=4$, $F1+F2=94,80\%$). CP0: 0 g/100 g AD őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz, CP5: 5 g/100 g AD őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz, CP10: 10 g/100 g AD őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz, CP15: 15 g/100 g AD őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz. A Cochran-féle Q-teszttel meghatározott, a vizsgált keksz mintákat egymástól szignifikánsan megkülönböztető kifejezések és tulajdonságok félkövérrel kerültek kiemelésre.

A 21. ábrán látható az elvégzett korrespondencia analízis (*Correspondence Analysis, CA*) eredményei alapján készített ábrán megfigyelhető, hogy a bírálók az előre meghatározott 38 terméktulajdonságból melyeket melyik mintával társították. A CA ábráját az egyes adatpontok elhelyezkedésének vizsgálatával értelmezhetjük: minél közelebb helyezkedik el egymáshoz két pont a koordináta-rendszerben, annál nagyobb közöttük az összefüggés. A jelen elemzés esetében ez arra enged következtetni, hogy minél közelebb helyezkedik el egy kifejezés adatpontja egy adott minta adatpontjaihoz, annál többször társították azt a kifejezést ahhoz az adott mintához a bírálók. A termékek U alakban helyezkednek el a koordináta-rendszerben, egymástól elkülönülve az egyes kvadránsokban. Megfigyelhető, hogy a CP0 és a CP5, valamint a CP10 és a CP15 minták egymáshoz közelebb helyezkednek el, és az így kialakult mintapárok egymáshoz képest polarizáltan helyezkednek el az x tengely mentén. Ez arra utal, hogy ezeknek a mintapároknak az esetében gyakran jelölték meg ugyanazokat a CATA kifejezéseket a panel tagjai. A CP5 és a CP10 minták között szintén viszonylag kicsi a távolság, így ezek esetében is jellemző, hogy ugyanazokat a tulajdonságokat társították a két mintához. A CP0 minta valamelyest távolabb helyezkedik el a rovartartalmú mintáktól, ami arra enged következtetni, hogy kevésbé hasonló a rovarőrleményt tartalmazó mintákhoz, tehát az AD őrlemény már kis mennyiségben adagolva is nagy jelentősen befolyásolja a kekszek érzékszervi tulajdonságait.

A CATA kifejezések elhelyezkedése alapján a kontroll CP0 minta megosztó volt a panel számára: a vizsgált minta íze egyszerre volt *Ízletes*, valamint *Túl gyenge illatú* és *ízű*. Annak ellenére, hogy a kekszeket csak sóval ízesítettem, néhány bíráló ezt a tulajdonságot is a mintára jellemzőnek ítélte. A *Túl világos* kifejezés bár távol helyezkedik el minden mintától, a CP0-hoz áll a legközelebb, ami arra enged következtetni, hogy ez a tulajdonság általánosságban nem jellemző, és csak ehhez a mintához társították a bírálók.

A kedveltségi vizsgálat alapján a CP0 és CP5 voltak a legkedveltebb kekszek, amit a CA is alátámaszt, mivel a pozitív hedonikus kifejezéseket, mint a *Pont jó színű*, a *Kellemes illatú*, illetve az *Ízletes* ezekhez a mintákhoz társították a bírálók, és ezeket a kifejezéseket szignifikánsan gyakrabban használták ezeknek a kekszeknek az esetében. Szintén ezekre a mintákra a leginkább jellemzők a terméktípust általánosan leíró állománytulajdonságok, az *Omlós* és a *Puha*, azonban ezeket a kekszeket *Zsírosnak* és *Tapadós*nak is ítélték a panel tagjai.

A specifikusabb tulajdonságok közül a *Magvas* és a *Napraforgómag illatok* a CP5 és a CP10 minták esetében voltak a leginkább jellemzők, illetve ezek esetében jelölték meg jelenlévőként a bírálók a *Sós ízt*, valamint a *Sajtos illatot*. Az adatpontok helyzetéből arra is következtethetünk, hogy a CP10 minta rendelkezik a CP5-öt jellemző tulajdonságok egy részével is, azonban annál sokkal kevésbé hasonló a CP0 mintához.

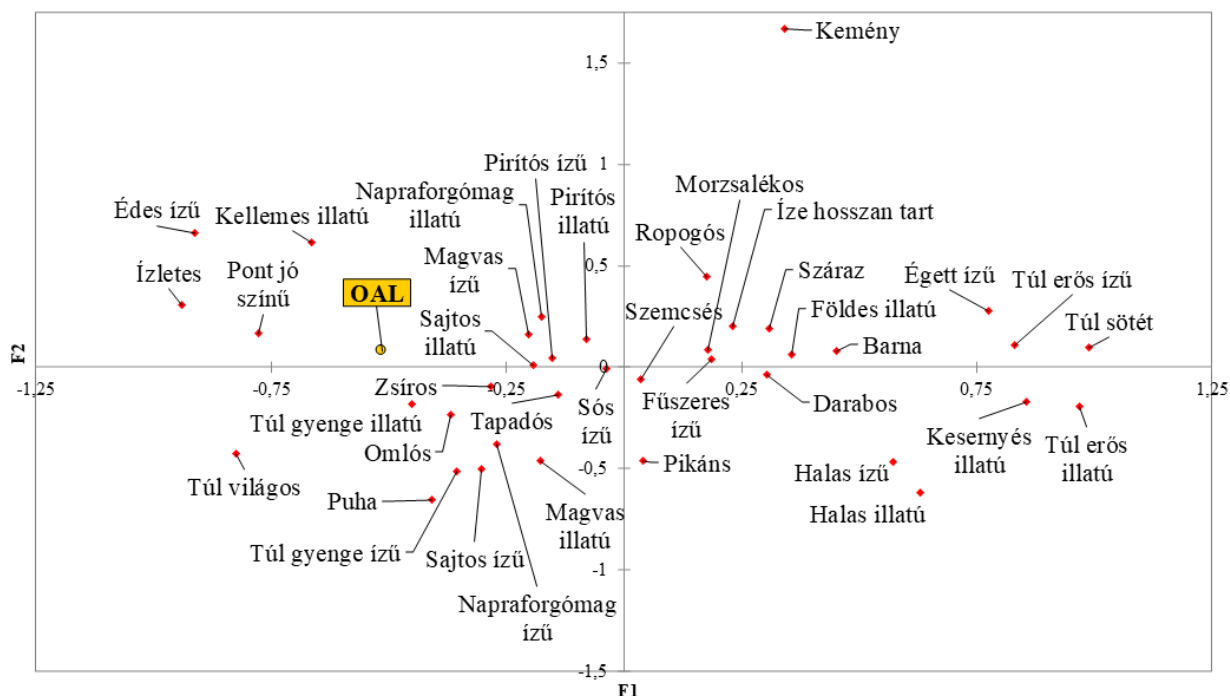
A CP10 minta a CATA kifejezések alapján mintegy „átmenetet” képez a CP5 és a CP15 minták között. A keksz esetében merőben más állománytulajdonságokat tartottak mintára jellemzőnek bírálók, ilyen a *Száraz*, a *Ropogós* és a *Szemcsés*, valamint a mintát *Morzsalékosnak* is ítélték a panel tagjai, amely tulajdonság kis mértékben jellemző volt a CP5 mintára is. Az illat és íz esetében is jelenlévőként jelölték a panel tagjai a *Piritósra* jellemző tulajdonságokat, valamint ennél a mintánál tartották jellemzőnek a *Pikáns* kifejezést.

A CP10, de leginkább a CP15 minták esetében olyan CATA kifejezéseket is jellemzőnek ítélték a bírálók, amelyeket a CP0 és a CP5 esetében egyáltalán nem. Ezeket a mintákat egyértelműen *Barna* színűnek ítélték, állományukat *Darabosként* jellemezték. Az illat és az íz esetében megjelölték a *Halas* és a *Fűszeres* tulajdonságokat, valamint az *Íze hosszan tart* kifejezést. A CP15 mintához a CATA kifejezések közül az olyan, általában negatívnak ítélt érzékszervi tulajdonságokat társították a bírálók, mint a *Földes* és *Kesernyés illatok* és az *Égett ízű* és az állomány esetében a *Kemény*. A negatív hedonikus kifejezések is egyértelműen ide kapcsolódtak: a mintát a *Túl sötét*, a *Túl erős illatú* és a *Túl erős ízű* kifejezésekkel jellemezte a panel.

A CATA analízissel kapott eredmények és kedveltségi vizsgálat során felvett összkedveltség-adatok korrelációjának vizsgálatával meghatározható, hogy egy tulajdonság jelenléte (tehát az, hogy a bíráló a CATA kérdőív egy-egy elemét a bírálat alatt álló termékekben jelen lévőként jelölte meg) hogyan függ össze a vizsgált minták összkedveltségének alakulásával. Az adatok ilyen jellegű elemzéséhez a főkoordináta analízis (*Principal Coordinate Analysis*, PCoA) módszerét használtam, amelynek eredménye a 22. ábrán látható. Segítségével meghatározhatók az ún. „*drivers of liking*” tulajdonságok, amelyek tulajdonképpen az adott termékek kedveltségének „mozgatórugói”.

A PCoA ábráját a CA ábrájához hasonlóan az egyes adatpontok elhelyezkedésének vizsgálatával értelmezhetjük. Az egyes kifejezések adatpontjainak a távolságából a kifejezések OAL-lel való korrelációjukra következtethetünk: minél közelebb helyezkedik el egymáshoz a két adatpont, annál nagyobb a kifejezés/tulajdonság és az OAL közti összefüggés, tehát annál inkább befolyásolja az OAL alakulását az adott tulajdonság. Az ábrán megfigyelhető, hogy az OAL-hez legközelebb a pozitív hedonikus kifejezések, a *Pont jó színű*, a *Kellemes illatú*, illetve az *Ízletes* állnak. Szintén közel helyezkedik el a *Zsíros*, *Omlós* és *Puha* állomány, a *Piritós* illat és íz, a *Magvas* illat és íz, a *Sajtos* illat és íz, valamint a *Sós* és *Édes* ízek. Ezeknek a tulajdonságoknak a jelenléte esetén tehát magas OAL-pontszámokat adtak a bírálók. Néhány negatív hedonikus kifejezés, a *Túl világos*, a *Túl gyenge illat* és a *Túl gyenge íz* szintén közel helyezkednek el az OAL-hez. Ennek magyarázata, hogy a panel tagjai magasabb OAL-pontszámot adtak, azokban az esetekben, amikor kevésbé intenzíven érezték az adott tulajdonságot, mint amikor túl intenzíven (pl. alacsonyabb volt a kedveltség abban az esetben, amikor túl sötét volt a minta színe, mint

amikor túl világos). A *Tapadós* kifejezés szintén közel helyezkedik el az OAL-hez, amire hasonló lehet a magyarázat: bár ez az állománytulajdonság általában negatív, nem volt olyan mértékű, hogy jelentősen csökkentse az OAL pontszámát.



22. ábra: Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított keksz termékek fogyasztói érzékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőív kifejezéseinek és a kedveltségi vizsgálat összkedveltség-adatainak főkoordináta analízise (PCoA). OAL: *Overall Liking* – Összkedveltség.

Az x tengely pozitív részén, az OAL-lel ellentétes oldalon elhelyezkedő tulajdonságok esetében elmondható, hogy a bírálók alacsonyabb OAL pontszámokat adtak, mikor ezek jelen voltak a termékekben. Ilyenek a túlzott intenzitásra utaló negatív hedonikus jelzők, a *Túl sötét*, a *Túl erős illatú* és a *Túl erős ízű*, az általában negatív érzékszervi tulajdonságok, pl. a *Kemény*, a *Száraz*, a *Morzsalékos*, illetve a *Földes* és a *Kesernyész* illatok. A *Halas* illat és íz az elemzés alapján nem kedvelt tulajdonságok a keksz termékek esetében. A *Barna* szín és az *Íze hosszan tart* kifejezés szintén távol helyezkednek el az OAL-től. Ennek háttérében az állhat, hogy az kekszek rovarörlemény-tartalmából eredő erősebb barna színt kevésbé kedvelték a bírálók, illetve a hosszan tartó íz a kevésbé kellemes ízek esetében áll fenn.

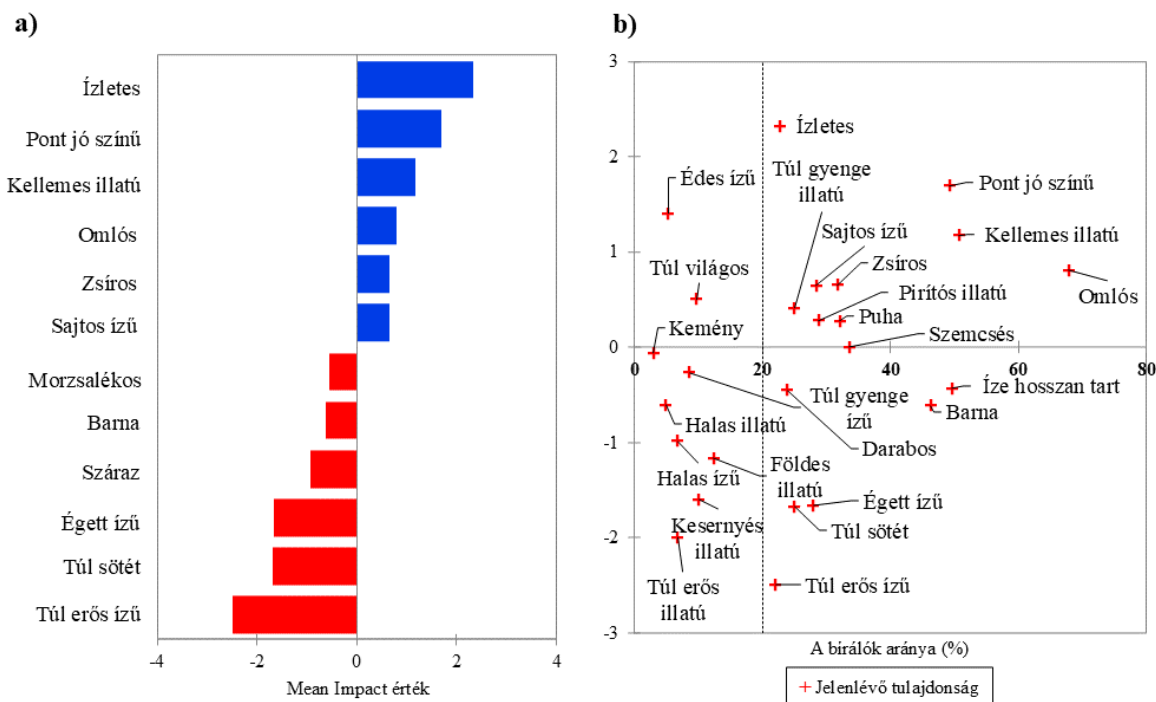
A PCoA és a CA ábráinak összehasonlítása során megfigyelhető, hogy az OAL-hez közeli kifejezéseket a CP0 és CP5 minták esetében jelölték meg a bírálók, míg a távolabbiak inkább a CP10 és CP15 mintákat jellemezték. Ez a megfigyelés is megerősíti a kedveltségi vizsgálat eredményét, amely szerint a CP0 és a CP5 kekszeket jobban kedvelték a bírálók.

A négy minta adatain PCA elemzést futtatva mintánként külön-külön biplotokat készítettem, hogy feltérképezhessem a *drivers of liking* tulajdonságokat az egyes kekszek esetében. Terjedelmi okokból ezek a biplotok az M13. mellékletben találhatóak.

A *Túl világos* kifejezést csak a CP0 esetében jelölték meg a bírálók, és a kifejezés távol helyezkedik el az OAL-tól, míg a *Túl sötét* kifejezés egy alkalommal sem került kiválasztásra. A CP5, CP10 és CP 15 minták esetében a *Pont jó színű* kifejezés az OAL-hez közel helyezkedik el, a *Túl sötét* kifejezés pedig ettől nagyobb távolságra. Ez arra enged következtetni, hogy a kissé sötétebb szín növeli, míg a túl világos és a túl sötét színek csökkentik az összkedveltséget. Az állományt jellemző tulajdonságok közül a *Puha* és a *Kemény* kevésbé befolyásolja a kedveltséget a CP5 és a CP10 mintáknál, míg a CP0 és a CP10 minták esetében a puha textúra pozitív befolyásoló tényező a kedveltségre nézve. A rovarőrleményeket tartalmazó minták esetében kerültek megjelölésre a *Magvas* illat és íz, a *Napraforgómag* illat és íz, valamint a *Piritós* illat és íz kifejezések, melyek szintén pozitív hatással vannak a kedveltségre. A pozitív hedonikus *Kellemes illatú* és az *Ízletes* kifejezések egyértelműen növelik az összkedveltséget, mivel minden esetben az ennek közelében található meg a koordináta-rendszerekben, a CP15 minta esetében megfigyelhető azonban, hogy a nagyobb mennyiségű rovarőrlemény távolabb „tolja” az *Ízletes* kifejezést. Az *Édes ízű* tulajdonság a kontrollminta esetében az OAL közelében helyezkedik el, a CP5 és CP10 minták kedveltségét azonban kevésbé befolyásolja, míg a CP15 keksz esetében egy alkalommal sem jelölték meg a bírálók. A *Túl erős illatú*, és *Túl erős ízű* kifejezések, valamint a *Földes illatú*, *Kesernyés illatú* és *Égett ízű* tulajdonságok minden esetben távol helyezkednek el az OAL-tól, ami arra utal, hogy ezeknek a kifejezéseknek a megjelölése esetében mintától függetlenül csökkent az összkedveltség pontszáma.

A 23. ábra a) része az ún. *mean impact*, azaz „átlaghatás” diagram, amelynek feladata a CATA kérdőívben felsorolt azon kifejezéseknek és tulajdonságoknak a bemutatása, amelyek pozitív, vagy negatív irányba befolyásolják az OAL-t azokban az esetekben, amikor a bírálók értékelése alapján jelen vannak a vizsgált mintákban. Az elemzés számszerű eredményeit táblázatos formában az M14. melléklet tartalmazza. Az ábrázolt *mean impact* értékek megállapítása, az ún. *mean drop analysis*-el, azaz „átlagesés” elemzéssel történik. Ennek első lépésként kiszámításra kerül az OAL átlaga abban az esetben, amikor az adott tulajdonság jelen van a termékben (OAL_{pres}), majd abban az esetben, amikor nincs jelen (OAL_{abs}). Ez után az OAL_{pres} értékből kivonásra kerül az OAL_{abs} érték, a kapott eredmény pedig a *mean impact* érték. Ha ez negatív értéket vesz fel, akkor a tulajdonság/kifejezés negatív hatással van az összkedveltségre, ha pedig pozitív értéket akkor pozitívan befolyásolja azt. Annak megállapítása, hogy az összkedveltségre gyakorolt hatás szignifikáns-e, *t*-próbbával történik.

Az ábrán a kék színű fektetett oszlopokhoz tartozó tulajdonságok szignifikáns mértékben pozitívan, a piros színű oszlopokhoz tartozó tulajdonságok pedig szignifikáns mértékben negatívan befolyásolták az OAL-t a vizsgált kekszminták esetében ($p=0,05$). Jól látható, hogy a *Sajtos* íz és a *Zsíros* állomány bár kis mértékben, de pozitívan, a pozitív hedonikus kifejezések közül a *Pont jó színű* és *Ízletes* kifejezések megjelölése pedig nagy mértékben pozitívan befolyásolja az OAL-t. Kis mértékű, de negatív hatást fejtett ki a *Morzsalékosság* és a *Barna* szín, míg az *Égett* íz, a *Túl sötét* szín és a *Túl erős* íz nagy mértékben negatív irányba mozdították el a kekszek összkedveltségét, amikor jelenlévőként jelölték meg ezeket a bírálók.



23. ábra: a) Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított kekszek fogyasztói érzékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőívben megadott, jelenlévőként megjelölt tulajdonságok és kifejezések hatása az OAL-re. Az ábrán csak a szignifikáns hatással rendelkező tulajdonságok kerültek feltüntetésre ($p=0,05$). b) Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított kekszek fogyasztói érzékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőívben megadott, jelenlévőként megjelölt tulajdonságok és kifejezések hatása az OAL-re, az adott tulajdonságokat és kifejezéseket megjelölő bírálók százalékos arányával. Az ábrán a Cochran-féle Q-tesztel meghatározott, a vizsgált keksz mintákat egymástól szignifikánsan megkülönböztető kifejezések és tulajdonságok kerültek feltüntetésre ($p=0,05$).

A 23. ábra b) része a bírálók által megjelölt, a vizsgált mintákat szignifikáns mértékben megkülönböztető 25 CATA tulajdonság és kifejezés mean impact értékét (y tengely) ábrázolja az azokat megjelölő bírálók számának százalékos arányával együtt (x tengely). Az ábra annak meghatározását segíti, hogy hány bíráló értékelése alapján befolyásolja az OAL-t jelentős mértékben a jelenlévőként megjelölt tulajdonság/kifejezés. A szaggatott vonal a panel tagjainak 20%-át jelöli, a szoftver alapbeállításai alapján az e fölötti gyakoriságot tekinti relevánsnak.

Az ábra alapján megállapítható, hogy az OAL-t a leginkább az *Ízletes* kifejezés megjelölése befolyásolta pozitív irányba, azonban ezt csak a fogyasztók 22,76%-a jelölte meg a négy minta bírálata során. A *Pont jó színű* és a *Kellemes illatú* kifejezések, valamint az *Omlós* állomány a bírálók több mint 50%-a esetében pozitívan befolyásolja az OAL-t, és kb. 30%-uk esetében szintén pozitívan hatottak a *Zsíros*, *Puha*, *Piritós illatú* és *Sajtos ízű* tulajdonságok, amikor azok jelen voltak a kekszekben. Az *Édes ízű*, valamint a *Túl világos* tulajdonságok a panel kevesebb mint 10%-a esetében növelte a kedveltséget. A *Szemcsés* tulajdonság a bírálók 33,58%-a szerint volt jelen a termékekben, de érdemben sem pozitív, sem negatív irányba nem tolta el az összkedveltség pontszámát.

A legnagyobb mértékű negatív befolyással a *Túl erős ízű* kifejezés bírt, azonban ezt csak a bírálók 22,01%-a jelölte meg a teszt során. A *Barna szín* és az *Íze hosszan tart* kifejezés bírálók nagy száma, kb. 50%-a esetében negatívan befolyásolja a kedveltséget. A szín tekintetében valószínűleg összekapcsolták azt az AD örlemény mennyiségével, vagy a túlsütött, égett termékkel, és emiatt alakulhatott ki a negatív hatás. Ezzel a feltételezéssel összefüggést mutat, hogy a *Túl sötét* és az *Égett ízű* kifejezések valóban negatív irányba tolták el az OAL pontszámát, bár ezeket csak a fogyasztók kb. 25%-a jelölte meg a teszt során. A *Halas* jegyek, valamint a *Kesernyés* és *Földes* illatok szintén negatív hatással bírtak, azonban a bírálóknak kb. csak a 10%-a jelölte meg ezeket jelenlévőként.

Az ehető rovarokat tartalmazó termékek CATA módszerrel kivitelezett érzékszervi minősítésével kapcsolatban limitált szakirodalmi adat áll rendelkezésre. *Acheta domesticus* örleményt tartalmazó ízesített fehérjeporok, valamint *Tenebrio molitor* örleményt tartalmazó húsgombócok és tejes italok esetében végeztek ilyen érzékszervi minősítést, azonban ezek a termékek merőben más tulajdonságokkal jellemezhetők, így az eredmények nehezen hasonlíthatók össze az általam fejlesztett keksz termékek esetében kapott eredményekkel. Mindazonáltal elmondható, hogy a rovarörlemények hozzáadása néhány, a kekszek tulajdonságaihoz hasonló tulajdonság megjelenését idézte elő, mint pl. fakó, darabos, szemcsés, ragacsos, ropogós, édes (BARTON et al. 2020, TAN et al. 2017). Különbözőképpen elkészített (pirított, sült, olajban sült) egész rovarok (*Apis mellifera* lárva, *Alphitobius diaperinus* lárva, *Acheta domesticus*, *Schistocerca gregaria*, *Tenebrio molitor* lárva, *Galleria mellonella* lárva) 11-13 éves gyermekekkel elvégzett érzékszervi vizsgálata során szintén megjelentek a zsíros, ragadós, ropogós, halas és magvas tulajdonságok a vizsgált mintákban a CATA teszttel végzett profilanalízis során (SICK et al. 2024).

A CATA analízis eredményeinek elemzése alapján megállapítható, hogy az AD rovarörlemény adagolása már kis mennyiség esetében is befolyásolta a CATA kérdőívben listázott tulajdonságok jelenlétét a mintákban. A rovarörlemény mennyiségének növekedésével egyre jellemzőbbé váltak

az elutasítást kiváltó tulajdonságok és kifejezések, azonban kis mennyiségű, 5% AD őrlmény-tartalom esetében olyan érzékszervi jellemzőket társítottak a bírálók a mintához, amelyek növelték annak összkedveltségét. Következtetésem ez alapján, hogy a rovarőrlemények kis mennyiségben akár növelhetik is a kedveltséget, azonban az intenzív íz és illattulajdonságok, valamint a termék színének nagymértékű befolyásolása miatt a fogyasztók kevésbé kedvelik a magasabb rovartartalmú termékeket.

5.4 A fejlesztett *Bombyx mori* őrlménnyel dúsított, hajdinaliszt alapú száraztészta termékek vizsgálatának eredményei

5.4.1 Energia- és makrotápanyag-tartalom

A fejlesztett termékek energia- és makrotápanyag-tartalmát az AD őrlménnyel dúsított kekszéhez hasonlóan, az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendeletében foglaltaknak megfelelően, számítással határoztam meg a felhasznált, energiatartalommal rendelkező összetevők csomagolásán szereplő tápértékjelölés alapján (1169/2011/EU RENDELET). A 100 g termékre vonatkozó eredményeket a 17. táblázat ismerteti.

17. táblázat: A *Bombyx mori* őrlménnyel dúsított száraztészta termékek 100 g lisztkeverékre vonatkoztatott összetétele, a tészták nedvességtartalmával korrigált, számított energia- és tápanyagtartalma. A 100 g-ra vonatkoztatott energiatartalom félkövérrel, a 1924/2006/EK rendelet mellékletében szereplő, a „fehérjében gazdag” állítás feltüntetéséhez szükséges 20%-ot meghaladó fehérje-energia százalék értékek félkövérrel és dőlt betűtípussal kerültek kiemelésre.

Minta	Alapanyag*	Mennyiség (g)	Energia (kcal/100 g)	Zsír (g/100 g)	Szénhidrát (g/100 g)	Élelmi rost (g/100 g)	Fehérje (g/100 g)	Fehérje-energia %
SW0	Hajdinaliszt	80,00	290,40	2,72	57,12	8,00	10,60	29,24
	Búzasikér	20,00	76,40	0,48	2,40	0,00	15,56	
	BM őrlmény	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
	Összesen**	100,00	332,43	2,90	53,94	7,25	23,71	
SW5	Hajdinaliszt	75,00	272,25	2,55	53,63	7,50	9,94	31,46
	Búzasikér	20,00	76,40	0,48	2,40	0,00	15,56	
	BM őrlmény	5,00	19,48	0,43	1,27	0,30	2,75	
	Összesen**	100,00	334,52	3,14	52,07	7,09	25,67	
SW10	Hajdinaliszt	70,00	254,10	2,38	49,98	7,00	9,28	33,66
	Búzasikér	20,00	76,40	0,48	2,40	0,00	15,56	
	BM őrlmény	10,00	38,96	0,85	2,54	0,60	5,50	
	Összesen**	100,00	337,50	3,39	50,17	6,94	27,71	

SW0: 0 g/100 g BM őrlményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW5: 5 g/100 g BM őrlményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW10: 10 g/100 g BM őrlményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta. *A táblázat csak azokat az összetevőket tartalmazza, amelyek energiát adó tápanyagokat tartalmaznak. **Az energia- és makrotápanyag-értékek a száraztészták nedvességtartalmával korrigálva kerültek meghatározásra.

A száraztészták változatos, széleskörűen felhasználható élelmiszerek, amelyeket hazánkban egyaránt fogyasztunk köretként, egytálételek összetevőjeként vagy különböző ételek dúsítóanyagaként (pl. levesbetétek). A Magyar Élelmiszerkönyv 2-321 számú, száraztésztákra vonatkozó irányelvének értelmében a tészta termékek készülhetnek gabonalisztekből, vagy gabonahelyettesítő készítményekből (álgabona-őrleményekből), valamint különböző ízesítő- és dúsítóanyagok felhasználásával (pl. tyúktojás, zöldségek, zöldségkészítmények), amelyek funkciója a termékek élvezeti értékének növelése (MÉ 2-321). Ennek következtében a száraztészták energia- és makrotápanyag-tartalma nagyban függ azok összetételétől, azonban általánosan elmondható, hogy a mérsékelt energiatartalommal, alacsony zsírtartalommal, magas szénhidrát-tartalommal és kielégítő fehérjetartalommal rendelkező élelmiszerek közé tartoznak.

A fejlesztett tészták esetében a BM őrlemény kekszekhez hasonlóan szinte elhanyagolható mértékben emelte az energiatartalmat a kontrollmintához képest, 332,43 kcal/100 g-ról SW0 esetében 334,52 kcal/100 g-ra, SW10 esetében pedig 337,50 kcal/100 g-ra, amely ebben az esetben is a rovarőrlemény a hajdinalisztnél magasabb zsírtartalmával, így magasabb energiatartalmával magyarázható. A zsírtartalom esetében szintén kisebb mértékű volt a növekedés: 2,90 g/100 g-ról SW5 esetében 3,14 g/100 g-ra, SW10 esetében pedig 3,39 g/100 g-ra. A szénhidrát-tartalom kisebb mértékben csökkent a BM őrlemény hozzáadásával: 53,94 g/100 g-ról SW5 esetében 52,07 g/100 g-ra, míg az SW10 minta esetében 50,17 g/100 g-ra. Ez a rovarőrlemény hajdinalisztnél alacsonyabb szénhidrát-tartalmával magyarázható. A BM őrlemény hajdinalisztnél alacsonyabb élelmi rost-tartalmából eredően a rosttartalom kis mértékben, a dúsítással arányosan csökkent: 7,25 g/100 g-ról az SW5 minta esetében 7,09 g/100 g-ra, SW10 esetében pedig 6,94 g/100 g-ra.

A rovarőrleménnyel való dúsítás a száraztészták fehérjetartalmát a kekszeknél tapasztaltakhoz hasonlóan nagyobb mértékben megnövelte. A kontroll SW0 minta fehérjetartalma 23,71 g/100 g volt, ami 25,67 g/100 g-ra növekedett SW5 esetében, és 27,71 g/100 g-ra az SW10 minta esetében.

Hasonló eredményeket figyeltek meg durumbúza-őrleményből készült, *Acheta domesticus* őrleménnyel dúsított száraztészták esetében: az energia-, zsír- és fehérjetartalom a rovarőrlemény mennyiségével arányos növekedést, a szénhidrát-tartalom pedig csökkenést mutatott (DUDA et al. 2019). Köleslisztből készült száraztészta fehérjetartalma esetében is növekedést tapasztaltak különböző mennyiségű *Gryllus bimaculatus* őrleménnyel való dúsítás esetében, ez azonban csak 10%-os rovarőrlemény-mennyiség esetében volt statisztikailag szignifikáns mértékű, 5%-os dúsítás esetében nem (JAKAB et al. 2020). Török eredetű, *erişte*, vagy *kesme* elnevezésű, hagyományosan búzalisztből készülő tojásos száraztészta *Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* őrleményekkel való dúsításakor szintén szignifikáns mértékben emelkedett a fehérjetartalom, és csökkent a keményítőtartalom (ÇABUK ÉS YILMAZ 2020). 10% zsírtalanított *Bombyx mori*

örleménnyel dúsított, búzalisztból készült spagetti esetében szintén szignifikáns mértékben nőtt a fehérje és a zsírtartalom a kontrollmintához képest (PIAZZA et al. 2023).

Az Európai Unió az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról szóló 1924/2006/EK rendeletének Mellékletében található fehérje- és élelmi rost-tartalomra vonatkozó állítások alkalmazhatósága a fejlesztett tészta termékek esetében is vizsgálható (1924/2006/EK RENDELET). A tápanyagösszetétel vizsgálata, valamint a fehérje-energia százalék érték kiszámítása alapján megállapítható, hogy mind a kontrollminta, mind a rovarörleményt tartalmazó minták jelölésén feltüntethető lenne a „fehérjében gazdag” állítás, mivel energiatartalmuk több mint 20%-a fehérjéből származik (SW0: 29,24%, SW5: 31,46%, SW10: 33,66%). Az élelmi rost-tartalom mindhárom minta esetében meghaladja a 6 g/100 g értéket (SW0: 7,25 g/100, SW5: 6,66 g/100 g, SW10: 6,94 g/100 g), így jelölésükön az „élelmi rostban gazdag” állítás is feltüntethető lenne (17. táblázat).

5.4.2 Színmérés, színkülönbség vizsgálata

A színmérés eredményei alapján a hozzáadott BM örlemény bár kis mennyiségű volt, de mindhárom színkoordináta értékét befolyásolta az adagolt mennyiséggel arányosan. A mérési eredményeket a 19. táblázat tartalmazza.

Az SW0 minta L^* értéke 78,90, az SW5 mintáé 78,30, az SW10 mintáé pedig 78,23 volt, ami a BM örlemény enyhe sötétítő hatástát jelzi. Az a^* érték az SW0 minta esetében mért 2,64-ről SW5 esetében 1,81-re, míg SW10 esetében 1,72-re változott, ami arra utal, hogy a minták színének összetételében csökkent vörös szín aránya. A b^* érték a kontrollminta SW0 esetében 13,89 volt, ez SW5 minta esetében 14,11-re, SW10 minta esetében pedig 15,18-ra növekedett, ami arra enged következtetni, hogy a rovarörleményt tartalmazó termékek színe sárgásabb volt, mint a kontrollmintáé. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt, valamint a Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás alapján a minták L^* értékei között nem volt szignifikáns a különbség [$H(2)=3,955, p=0,138$], míg az a^* [$H(2)=7,261, p=0,027$] és b^* [$H(2)=6,489, p=0,039$] értékek között szignifikáns különbséget találtam.

A 18. táblázatban láthatók a fejlesztett tészta minták színkülönbség-értékei (ΔE). A három mintát összehasonlítva megállapítható, hogy a színek közti különbség csak a tapasztalt megfigyelők számára észrevehető, azonban annak mértéke a rovartartalommal azonos arányban nő ($1 < \Delta E < 2$, SW0 – SW5: 1,04, SW0 – SW10: 1,72, SW5 – SW10: 1,08). A legnagyobb különbség az SW0 és SW10 minták között volt tapasztalható.

18. táblázat: A *Bombyx mori* őrlémmel dúsított száraztészta termékek közti színkülönbség számításával kapott értékei (ΔE).

Minta	SW0	SW5	SW10
SW0	-	1,04	1,72
SW5	1,04	-	1,08
SW10	1,72	1,08	-

Durumbúza-őrleményből készült, *Acheta domesticus* őrlémmel dúsított száraztészták, *Gryllus bimaculatus* őrlémmel dúsított kölesliszt alapú száraztészták, valamint *Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* őrléményekkel dúsított, tojást tartalmazó eriszte színmérése során mindhárom színparaméter esetében nagy mértékű, szignifikáns különbséget tapasztaltak a kutatók: a fejlesztett termékek sötétebbé, vörösebbé és kevésbé sárgásabbá váltak mint a kontrollminták, több lépcsőben történő dúsítás esetében az adagolt rovarőrlemények mennyiségével arányosan változtak az L^* , a^* és b^* értékek. 10% zsírtalanított *Bombyx mori* őrlémmel dúsított, búzalisztból készült spagetti esetében szintén ugyanilyen tendenciát tapasztaltak a tanulmány szerzői. A színkülönbséget számszerűsítő ΔE érték minden vizsgált esetben 5 fölötti volt, amely azt jelenti, hogy a megfigyelők teljesen különböző színeket érzékelnek (PIAZZA et al. 2023, ÇABUK ÉS YILMAZ 2020, JAKAB et al. 2020, DUDA et al. 2019).

A kapott eredmények alapján a BM őrlémény csak kis mértékben, tapasztalatlan megfigyelők számára szinte észrevehetetlen mértékben befolyásolja a minták színét. Ezzel összehasonlítva a szakirodalmi adatokat, megfigyelhető, hogy ezekben az esetekben a fejlesztett termékek színét sokkal nagyobb mértékben megváltoztatták a rovarőrlemények. Ez valószínűleg annak köszönhető, hogy az általunk fejlesztett termékekben használt hajdinaliszt sokkal sötétebb, mint a búzaliszt és a kölesliszt, így jobban elfedte a BM őrlémény színét.

5.4.3 Nedvességtartalom meghatározása

A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve szerint mind a kontrollminta, mind a BM őrlémmel dúsított tészták az „egyéb száraztészta” kategóriába sorolhatók be, amelyek nedvességtartalma legfeljebb 13,0 m/m% lehet (MÉ 2-321). A vizsgált minták ennek a követelmények megfeleltek, nedvességtartalmuk 10% alatti volt: SW0 esetében 9,37%, SW5 esetében 9,13%, SW10 esetében pedig 8,65%. A tésztakészítés során a BM őrléményt tartalmazó lisztkeverékek esetében kevesebb víz felhasználására volt szükség, továbbá megfigyelhető, hogy a rovartartalmú tészták nedvességtartalma is alacsonyabb, mint a kontrollmintáé. Ennek hátterében a hajdinaliszt és a BM őrlémény eltérő összetétele, leginkább a hajdinaliszt rost- és keményítőtartalma állhat. A tészták nedvességtartalma között az elvégzett Kruskal-Wallis teszt és a Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás alapján statisztikailag szignifikáns a

különbség [$H(2)=7,200, p=0,027$]. A nedvességtartalom meghatározás eredményeit a 19. táblázat tartalmazza.

Köleslisztből készült, *Gryllus bimaculatus* örleménnyel dúsított száraztészták esetében hasonló, a rovarörlemény mennyiségével arányosan csökkenő nedvességtartalmat figyeltek meg, amely szintén nem haladta meg a Magyar Élelmiszerkönyvben szereplő felső határértéket (JAKAB et al. 2020). 10% zsírtalanított *Bombyx mori* örleménnyel dúsított, búzalisztből készült spagetti esetében szintén csökkent a nedvességtartalom (PIAZZA et al. 2023), tojást tartalmazó *erište Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* örleményekkel való dúsítása esetében azonban növekvő tendenciát mutatott (ÇABUK ÉS YILMAZ 2020), amely valószínűleg az eltérő összetevők eredménye.

5.4.4 Titrálható savtartalom (savfok) meghatározása

A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve szerint alapján mind a kontrollminta, mind a BM örleménnyel dúsított tészták az „egyéb száraztészta” kategóriába sorolhatók, ezek esetében a savfok értéke legfeljebb 5 °SH lehet (MÉ 2-321). A kontroll SW0 minta savfoka 7,13 °SH volt, ami a BM örleményt tartalmazó minták esetében emelkedett: az SW5 minta esetében 7,61 °SH, SW10 minta esetében pedig 9,16 °SH volt, ezeket a 19. táblázat tartalmazza. A minták savfoka magasabb volt az előírtnál, azonban a Magyar Élelmiszerkönyv nem tartalmaz konkrét előírást hajdina alapú termékekre. Az eredmények ellenőrzése céljából a hajdinaliszt és a BM örlemény savfoka is meghatározásra került (hajdinaliszt: 6,37 °SH; BM örlemény: 12,24 °SH), amely alapján elmondható, hogy már a hajdinaliszt savfoka is magasabb, mint az Élelmiszerkönyvi irányelvben szereplő, száraztésztákra vonatkozó felső határérték, ez pedig magyarázatot ad a magasabb savfok-értékekre. Megfigyelhető, hogy az SW10 minta esetében nagyobb volt a növekedés, amelynek háttérében valószínűleg a magasabb mennyiségű BM örleményben a fény és a levegő oxigénjének hatására lezajló gyorsabb lipioxidáció állhat. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt és a Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás alapján a három vizsgált minta savfoka között a különbség statisztikailag is szignifikáns [$H(2)=7,200, p=0,027$].

Köleslisztből készült, *Gryllus bimaculatus* örleménnyel dúsított száraztészták esetében alacsonyabb savfok-értékeket figyeltek meg, ezek a Magyar Élelmiszerkönyvben szereplő felső határértéket (5 °SH) sem haladták meg (MÉ 2-321). A tanulmány szerzőinek mérései alapján a rovarörlemény savfoka kifejezetten magas, 24 körüli volt, ennek ellenére a tészták savfoka alacsony maradt. Az értékek nem voltak arányosak a rovarörlemény mennyiségével: a csak köleslisztet tartalmazó kontrollminta savfoka 4,6 körüli volt, az 5%-os dúsítás esetében a paraméter 2 körüli értéket vett fel, míg a 10%-os dúsítás esetében közel 5 volt. Az anomáliára a

szerzők szerint az összetevők lipidtartalmának eltérő sebességű oxidációja lehet a magyarázat (JAKAB et al. 2020).

19. táblázat: A *Bombyx mori* őrlémmel dúsított száraztészta termékek műszeres szín-, nedvesség- és savfok-meghatározásának eredményei (átlag±szórás*, n=3) az elvégzett Conover-Iman post hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	L*	a*	b*	Nedvességtartalom (%)	Savfok (°SH)
SW0	78,90±0,20 ^a	2,64±0,04 ^c	13,89±0,18 ^a	9,37±0,02 ^c	7,13±0,02 ^a
SW5	78,30±0,46 ^a	1,81±0,01 ^b	14,11±0,11 ^a	9,13±0,02 ^b	7,61±0,05 ^b
SW10	78,23±0,42 ^a	1,72±0,03 ^a	15,18±0,21 ^b	8,65±0,04 ^a	9,16±0,04 ^c

L* érték: színtől független világosság a sötétől (0) a világosig (100), a* érték: a zöldesség (-) vagy vörösség (+) mértéke, b* érték: a kékeség (-) vagy sárgáság (+) mértéke.

SW0: 0 g/100 g BM őrlémmel tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW5: 5 g/100 g BM őrlémmel tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW10: 10 g/100 g BM őrlémmel tartalmazó lisztkeverék alapú tészta. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik.

5.4.5 A főzési idő meghatározása

A főzési idő a száraztészták fontos minőségi paramétere, hiszen ennek pontos meghatározása szükséges a tészta típusának megfelelő, optimális élvezeti érték eléréséhez. A főzési idő meghatározása a termék gyártójának feladata, az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról 9. cikkének j) pontja értelmében kötelező feltüntetni a felhasználási útmutatót – így a főzési időt – abban az esetben, „amennyiben ilyen útmutató hiányában nehéz megfelelően felhasználni az élelmiszert” (1169/2011/EU RENDELET). Különösen fontos ez a nem szokványos összetevőket tartalmazó élelmiszerek, így a hagyományostól eltérő őrléményekből és dúsítóanyagokból készült száraztészták esetében. A száraztészták főzési ideje az MSZ 20500-1:1985 szabvány szerint nem haladhatja meg a 25 percet.

A vizsgálatok alapján a fejlesztett száraztészták főzővizének újraforrásától számított főzési ideje a szabvány előírásának megfelelően alakult, és a BM őrlémény mennyiségével arányosan csökkent. Az optimális főzési idő SW0 tészta esetében 9,5, az SW5 minta 9,0, míg az SW10 tészta esetében 8,5 perc volt (20. táblázat).

Tojást tartalmazó, *Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* őrléményekkel dúsított eriszte esetében a főzési idő nagy mértékben megnövekedett, különösen a *Tenebrio molitor* őrlémény tartalmazó tészta esetében, ahol kb. 7 perc volt a különbség a kontrollmintához képest (ÇABUK ÉS YILMAZ 2020). A paraméter szintén növekvő tendenciát mutatott különböző mennyiségű *Acheta domesticus* őrléményel dúsított, búzaliszt alapú tészták esetében: a főzés ideje kis mértékben, de a rovarőrlémény mennyiségével arányosan növekedett, 15%-os dúsítás esetében kb.

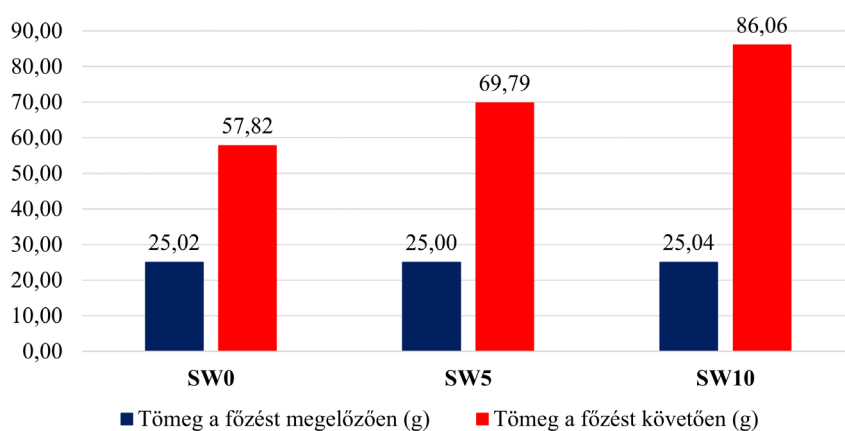
egy perccel lett hosszabb (DUDA et al. 2019). 10% zsírtalanított *Bombyx mori* őrlémmel dúsított, búzalisztból készült spagetti esetében a főzési idő csak kis mértékben, mindössze kb. fél perccel növekedett meg (PIAZZA et al. 2023).

Saját eredményeim ellentétesek a szakirodalomban fellelhető adatokkal, amelynek háttérében a felhasznált gabonaőrlemények, a búzaliszt és a hajdinaliszt eltérő összetétele állhat. A hajdina magas élelmi rost-tartalommal, azon belül is jelentős rezisztens keményítő-tartalommal rendelkezik (ZHU 2016), amelyek következtében főzési tulajdonságai nagy mértékben eltérnek búzalisztétől, így az SW0 minta és a szakirodalomban vizsgált kontrollminták között is jelentősek a különbségek. A BM őrlemény adagolásával a hajdinaliszt mennyisége csökkent SW5 és SW10 mintákban, ez a csökkenés állhat a főzési idő rövidülésének háttérében.

5.4.6 A vízfelvétel (duzzadókéesség) meghatározása

A száraztészták esetében a főzés során történő vízfelvétel, azaz a duzzadókéesség az egyik legfontosabb minőséget jelző paraméter, mivel a főzés során megfelelő mennyiségű főzővíz felvétele szükséges ahhoz, hogy a termék élvezeti értéke optimális legyen. Az MSZ 20500–1:1985 szabvány alapján a főzés közben felvett víz mennyiségének legalább 100%-nak kell lennie.

A fejlesztett száraztészták mindegyike megfelelt a szabványban szereplő követelménynek. Az SW0 minta esetében a vízfelvétel 131,1% volt, a BM őrleményt tartalmazó minták esetében viszont magasabb duzzadókéesség tapasztalható: az SW5 minta esetében a vízfelvétel 179,2% volt, míg az SW10 minta esetében 243,7% (20. táblázat). A kapott eredmények alapján arra következtethetünk, hogy a BM őrlémmel való dúsítás javítja a hajdinaliszt-alapú tészta vízfelvevő képességét, így a termék minőségét. A 24. ábrán megfigyelhető az egyes minták főzést megelőző és főzést követő tömege közti különbség.



24. ábra: A *Bombyx mori* őrlémmel dúsított száraztészta termékek főzést megelőző és főzést követő tömege (n=3). SW0: 0 g/100 g BM őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW5: 5 g/100 g BM őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW10: 10 g/100 g BM őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta.

Gryllus bimaculatus örleménnyel dúsított kölesliszt alapú száraztészták esetében hasonló eredményt tapasztaltak a kutatók: a rovarörlemény mennyisége megnövelte a minták vízfelvevő képességét (JAKAB et al. 2020). Durumbúza-örleményből készült, *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított száraztészták, valamint *Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* örleményekkel dúsított, tojást tartalmazó *erişte* esetében azonban a rovarörleményt tartalmazó tészták vízfelvevő képessége csökkenő tendenciát mutatott (ÇABUK ÉS YILMAZ 2020, DUDA et al. 2019). A saját kutatási eredményeinktől való eltérés háttérében ebben az esetben is az eltérő összetevők állnak. A hajdinalisztben található rezisztens keményítő alacsony vízfelvevő- és vízmegkötő képességgel rendelkezik (BUSTOS et al. 2011), így az alacsonyabb hajdinaliszt-tartalmú tészták vízfelvevő-képessége megnövekedhet. A BM örleményt tartalmazó tészták jobb duzzadóképeségét okozhatja továbbá a rovarörlemény állati fehérjéinek gélképző tulajdonsága is (PHONGTHAI et al. 2017).

5.4.7 A szétfőtt darabok arányának meghatározása

A száraztészták esetében kiemelkedően fontos minőséget jelző paraméter a szétfőzés mértéke. Ideális esetben a kifőzött tészta nem töredezik szét, a darabok megőrzik alakjukat, így a tészta funkciójától függően (levesbetét, szószer, raguk körete) a legjobb élvezeti értéket biztosítja. A Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelve alapján mind a kontrollminta, mind a BM örleménnyel dúsított tészták az „egyéb száraztészta” kategóriába sorolhatók, amely esetében a szétfőtt darabok aránya legfeljebb 10% lehet (MÉ 2-321).

A vizsgálati eredmények alapján megállapítottam, hogy mindhárom minta megfelelt a Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelvében szereplő követelménynek. A legkevesebb, összesen 1,0%-nyi tészta darab az SW0 minta esetében főtt szét, míg a BM örleményt tartalmazó mintákban az érték magasabb volt: SW5 esetében 4,0%, SW10 esetében pedig 7,0% (20. táblázat).

Köleslisztből készült, *Gryllus bimaculatus* örleménnyel dúsított száraztészták esetében a szétfőzés mértéke szintén megfelelt a Magyar Élelmiszerkönyv vonatkozó irányelvében szereplő követelménynek (JAKAB et al. 2020). A kapott eredmények alapján a BM örleménnyel való dúsítás egyértelműen befolyásolja a tészta szerkezetét és főzési tulajdonságait, és növeli a szétfőzés mértékét. Ez az eredmény összhangban van a duzzadóképeség vizsgálata során kapott eredményekkel, háttérében a rovarörleményt tartalmazó tészták magasabb fehérje- és az alacsonyabb élelmirost-tartalma állhat.

20. táblázat: A *Bombyx mori* őrlémmel dúsított száraztészták termékek főzési tulajdonságai: főzési idő, vízfelvétel, szétfőzés mértéke (n=3).

Minta	Főzési idő (perc)	Vízfelvétel (%)	Szétfőzés mértéke (%)
SW0	9,50	131,10	1,00
SW5	9,00	179,20	4,00
SW10	8,50	243,70	7,00

SW0: 0 g/100 g BM őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú tészta, SW5: 5 g/100 g BM őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú tészta, SW10: 10 g/100 g BM őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú tészta

5.4.8 Fogyasztói érzékszervi minősítés – Kedveltségi vizsgálat és Penalty analízis

5.4.8.1 Kedveltségi vizsgálat

A fogyasztói kedveltségi vizsgálat eredményei alapján a fejlesztett száraztészták kedveltségét általánosságban nem befolyásolta nagy mértékben a BM őrlémmel való dúsítás, amelyet az eredményeken futtatott Kruskal-Wallis tesztek és páros összehasonlítások is alátámasztanak (21. táblázat).

A színérés eredményei alapján a minták színét a BM őrlés csak kis mértékben változtatta meg, ezt a termékek színére adott kedveltségi pontszámok átlagai is alátámasztják. A szín kedveltsége mindhárom minta esetében inkább mérsékelt volt, a rovartartalom növekedésével növekvő tendenciát mutatott, a statisztikai elemzés alapján a minták színének kedveltsége között szignifikáns volt a különbség [$H(2)=8,885, p=0,012$]. A fogyasztók a leginkább az SW10 minta színét kedvelték (Szín kedveltsége: 6,28), a kedveltségi átlagpontszám az a Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás alapján szignifikánsan különbözött a kontroll SW0 minta, és az SW5 minta színének kedveltségétől, amelyek azonban nem tértek el egymástól jelentős mértékben (Szín kedveltsége – SW0: 5,18; SW5: 5,30).

Az illat kedveltsége szintén mérsékeltnek mondható, a BM őrlés mennyiségével arányosan kis mértékben növekvő tendenciát mutatott, azonban az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredményei alapján a kedveltségi átlagpontszámok között nem volt szignifikáns a különbség [$H(2)=0,810, p=0,667$]. A legmagasabb kedveltség-értéket ebben az esetben is az SW10 minta kapta (Illat kedveltsége: 5,93), ezt követte az SW5 minta (Illat kedveltsége: 5,80), majd az SW0 minta (Illat kedveltsége: 5,55).

A tészta állománya és szemcséssége két összefüggő paraméter, az eredmények alapján ezek esetében is mérsékelt kedveltség figyelhető meg. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt eredményei alapján az állomány és a szemcsésség kedveltsége esetében sem tapasztalható szignifikáns különbség a vizsgált minták között (Állomány kedveltsége: [$H(2)=4,393, p=0,111$], Szemcsésség kedveltsége: [$H(2)=0,358, p=0,836$]). Érdekes, hogy a legkevésbé kedvelt SW0 és a leginkább kedvelt SW10 minták állományának kedveltségi átlagpontszámai között bár kicsi a különbség

(Állomány kedveltsége – SW0: 5,03; SW5: 5,90), a Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás alapján szignifikáns mértékben eltér a kedveltség ($p=0,042$). Az SW5 minta állományának kedveltsége egyik másik mintáétól sem különbözött jelentős mértékben (Állomány kedveltsége: 5,23). A szemcséesség esetében szintén az SW10 minta érte el a legnagyobb kedveltséget (Szemcséesség kedveltsége: 5,58), ezt követte az SW5 minta (Szemcséesség kedveltsége: 5,50), a legalacsonyabb kedveltséget pedig az SW0 minta érte el (Szemcséesség kedveltsége: 5,30).

A vizsgált minták ízének kedveltsége szintén mérsékelt volt, és kis mértékű, tendenciózus növekedést mutatott a BM őrlemény-tartalommal arányosan. Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt alapján egyes minták ízének kedveltsége között nem volt statisztikailag szignifikáns a különbség [$H(2)=3,693$, $p=0,158$]. A legmagasabb pontszámot a bírálók az SW10 minta esetében adták (Íz kedveltsége: 5,90), ezt követi az SW0 minta (Íz kedveltsége: 5,48), a legkevésbé kedvelt minta pedig az SW5 minta volt (Íz kedveltsége: 5,20). Fontos kiemelni, hogy az íz kedveltsége mindhárom vizsgált minta esetében 5 fölötti értéket vett fel, amely nem utal elutasításra.

A fejlesztett tésztatermékek összkedveltsége (*Overall Liking*, OAL) az íz kedveltségéhez hasonlóan alakult: a legkedveltebb az SW10 minta volt (OAL: 6,40), amelyet az SW0 minta követett (OAL: 5,78), végül a legalacsonyabb átlagpontszámot az SW5 minta kapta (OAL: 5,63). Az elvégzett Kruskal-Wallis teszt alapján a minták közti különbség majdnem szignifikáns [$H(2)=5,928$, $p=0,052$]. A Conover-Iman módszerrel elvégzett páros összehasonlítás szerint az SW10 minta OAL értéke szignifikánsan magasabb, mint az SW5 mintáé, míg az SW0 minta átlagpontszámától egyik másik minta pontszáma sem különbözik jelentős mértékben.

21. táblázat: A *Bombyx mori* őrléménnyel dúsított száraztészta termékek érzékszervi kedveltségi vizsgálatának eredményei (átlag±szórás*, n=40) az elvégzett Conover-Iman post-hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	Szín kedveltsége	Illat kedveltsége	Állomány kedveltsége	Szemcséesség kedveltsége	Íz kedveltsége	Összkedveltség (OAL)
SW0	5,18±1,84 ^a	5,55±1,65 ^a	5,03±1,89 ^a	5,30±1,92 ^a	5,48±1,75 ^a	5,78±1,66 ^{ab}
SW5	5,30±1,60 ^a	5,80±1,81 ^a	5,23±2,07 ^{ab}	5,50±1,69 ^a	5,20±1,55 ^a	5,63±1,39 ^a
SW10	6,28±1,77 ^b	5,93±1,58 ^a	5,90±1,93 ^b	5,58±1,95 ^a	5,90±1,75 ^a	6,40±1,48 ^b

SW0: 0 g/100 g BM őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW5: 5 g/100 g BM őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta, SW10: 10 g/100 g BM őrléményt tartalmazó lisztkeverék alapú tészta. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik.

A kapott eredmények alapján elmondható, hogy bár kis mennyiségű BM őrlemény adagolása nem befolyásolta nagy mértékben a hajdinaliszt alapú tészta minták kedveltségét, szinte minden vizsgálati szempont alapján növekvő tendenciát mutattak az átlagpontszámok, különösen az OAL

esetében, ahol a növekedés statisztikailag is szignifikánsnak bizonyult. A hajdina egy táplálkozásélettani szempontból bizonyítottan kedvező álgabona, íze azonban karakteres és keserű, amely megosztja a fogyasztókat (ŠKROBOT et al. 2022). Az összkedveltség alakulásában az íz kedveltségéé a legfontosabb szerep (ANDERSEN et al. 2019, MOSKOWITZ ÉS KRIEGER 1995), így az OAL növekedésének hátterében a hajdina mennyiségének csökkenése állhat: az eredmények alapján a BM őrlemény már kis mennyiségben, 10%-os dúsítás esetében is jelentősen tompíthatja a hajdina ízet, javítva ezzel az alaptermék kedveltségét. Annak hátterében, hogy az SW5 minta kapta az íz és az OAL esetében a legalacsonyabb pontszámot, a fogyasztók eltérő preferenciája állhat. A hajdina ízet kedvelők valószínűleg magasabb pontszámokat adtak az SW0 minta esetében, azok pedig, akik nem kedvelték a hajdinát, az SW10 mintát részesíthették előnyben. Ennek következményeként mindkét csoport az SW5 mintát értékelte a legalacsonyabb pontszámmal, mivel ez a minta vagy nem volt már eléggé hajdina ízű, vagy még túlságosan az volt.

A szakirodalomban fellelhető érzékszervi vizsgálati eredmények eltérnek az általam tapasztaltaktól, amely valószínűleg az eltérő alapanyagoknak és összetevőknek köszönhető. *Acheta domesticus* őrleménnyel dúsított, búzaliszt alapú száraztészták kedveltségi vizsgálata esetében a rovarőrlemény szignifikánsan befolyásolta a külső megjelenés, a szín, az állomány és az íz fogyasztói elfogadását. A házi tücsök őrleményt nagyobb, 15%-os mennyiségben tartalmazó minta esetében a sötétebb szín, és a rovarőrlemény nem megszokott íze alacsonyabb elfogadást eredményezett a kontrollmintához képest, azonban az állomány értékelését javította, a kisebb, 5%-os rovartartalom viszont a szín és az íz esetében is magasabb pontszámot eredményezett (DUDA et al. 2019). *Tenebrio molitor* és *Locusta migratoria* őrleményekkel dúsított *eriszte* esetében a tészták alacsonyabb értékelést kaptak a kontrollmintánál, különösen az illat és a szín esetében, továbbá, a rovarőrlemények negatívan befolyásolták a termékek rugalmasságát és lágyságát, ami valószínűleg a búzalisztnél magasabb rosttartalmuknak köszönhető (ÇABUK ÉS YILMAZ 2020). Köleslisztből készült száraztészták érzékszervi tulajdonságai alapján a kontrollmintától eltérő minőségi osztályba sorolták a kutatók a *Gryllus bimaculatus* őrleménnyel dúsított mintákat (JAKAB et al. 2020).

A fejlesztett száraztészták műszeres mérési eredményein, a főzési tulajdonságok vizsgálatának eredményein, valamint a kedveltségi vizsgálat adatain futtatott Pearson-féle korrelációelemzéssel kapott korrelációs mátrixot az M15. melléklet tartalmazza. A mátrix alapján a rovarőrlemény-tartalommal szignifikáns, erős pozitív összefüggést mutat a szétfőzés mértéke ($r = 1,000$, $p < 0,001$), és a paraméter szintén szignifikáns, de erős negatív összefüggést mutat a főzési idővel ($r = -1,000$, $p < 0,001$). Ezek a paraméterek egymással is erős, szignifikáns negatív összefüggést mutatnak ($r = -1,000$, $p < 0,001$), ami alátámasztja, hogy bár a BM őrleménnyel való dúsítás rövidíti

a hajdínatészta főzési idejét, a tészta szerkezeti változásai olyan mértékűek, hogy ez alatt a rövidebb idő alatt a termék jobban szétfő. Érdekes, hogy bár a kedveltségi vizsgálat paraméterei a Pearson-féle korrelációs koefficiensek alapján korrelálnak egymással, ezek a korrelációk statisztikailag nem szignifikánsak. Ennek hátterében az állhat, hogy a kedveltségi pontszámok mérsékeltek, és igen hasonlóak egymáshoz mind a vizsgált termékek, mind a vizsgált paraméterek esetében. A műszeres mérések eredményei a fogyasztói érzékszervi minősítés során vizsgált paraméterekkel az AD örleménnyel dúsított kekszekhez hasonlóan ebben az esetben sem mutattak szignifikáns összefüggést, amelynek oka itt is a kedveltségi vizsgálat során felvett adatok szubjektivitása lehet.

5.4.8.2 Penalty analízis

A *Penalty analízis*, azaz a „büntetőelemzést” a fogyasztói érzékszervi vizsgálat során használt „*just-about-right*” (JAR) skálákon, azaz optimumskálákon felvett adatok alapján végeztem el. Az optimumskálák segítségével vizsgált terméktulajdonságokat, valamint a skálák végpontjainak és középső, neutrális pontjainak megnevezéseit és az elemzés során ezekhez társított skálatagokat a 22. táblázat tartalmazza.

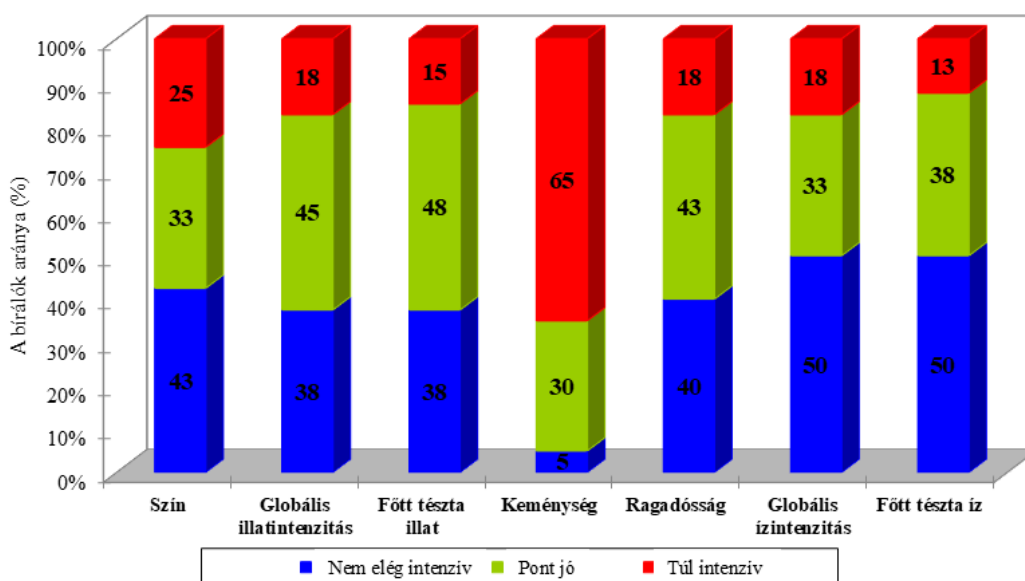
22. táblázat: A *Bombyx mori* örleménnyel dúsított száraztészta termékek érzékszervi vizsgálata során vizsgált tulajdonságok, valamint az alkalmazott optimumskálák jellemzői.

Tulajdonság	A skála tagjainak megnevezése	A skála tagjai
Szín	Túl világos	1-4
	Pont jó	5
	Túl sötét	6-9
Globális illatintenzitás	Nem elég intenzív	1-4
	Pont jó	5
	Túl intenzív	6-9
Főtt tészta illat	Nem elég intenzív	1-4
	Pont jó	5
	Túl intenzív	6-9
Keményesség	Túl puha	1-4
	Pont jó	5
	Túl kemény	6-9
Ragadósság	Nem elég ragadós	1-4
	Pont jó	5
	Túl ragadós	6-9
Globális ízintenzitás	Nem elég intenzív	1-4
	Pont jó	5
	Túl intenzív	6-9
Főtt tészta íz	Nem elég intenzív	1-4
	Pont jó	5
	Túl intenzív	6-9

Mivel a Penalty analízis az egyes termékek értékelésére szolgáló módszer, a korábbiaktól eltérően a következőkben mintánként mutatom be a kapott eredményeket és azok értékelését. Az eredmények értelmezésének módját az SW0 minta eredményeinek bemutatása során ismertetem.

Penalty analízis – SW0 minta

A bírálók értékelésének, azaz a JAR adatoknak elemzésével megállapítható, hogy az egyes tulajdonságok intenzitásértékei a mennyire térnek el a fogyasztók számára optimálistól (Túl intenzív – Nem elég intenzív). Az SW0 minta optimumskálák segítségével rögzített JAR adatait a 25. ábra szemlélteti. Az ábra a 9 skálatag a 22. táblázat szerinti három JAR csoporttá való összevonásával képzett, az értékelést egyszerűsítő diagramot ábrázolja. Terjedelmi okokból a 9 tagú JAR skála alapján készített ábrát az M16. melléklet tartalmazza.



25. ábra: Az SW0 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával a felvett értékelésének egyszerűsített, a 9 skálatag három csoporttá történő összevonásával képzett diagramja a bírálók arányával.

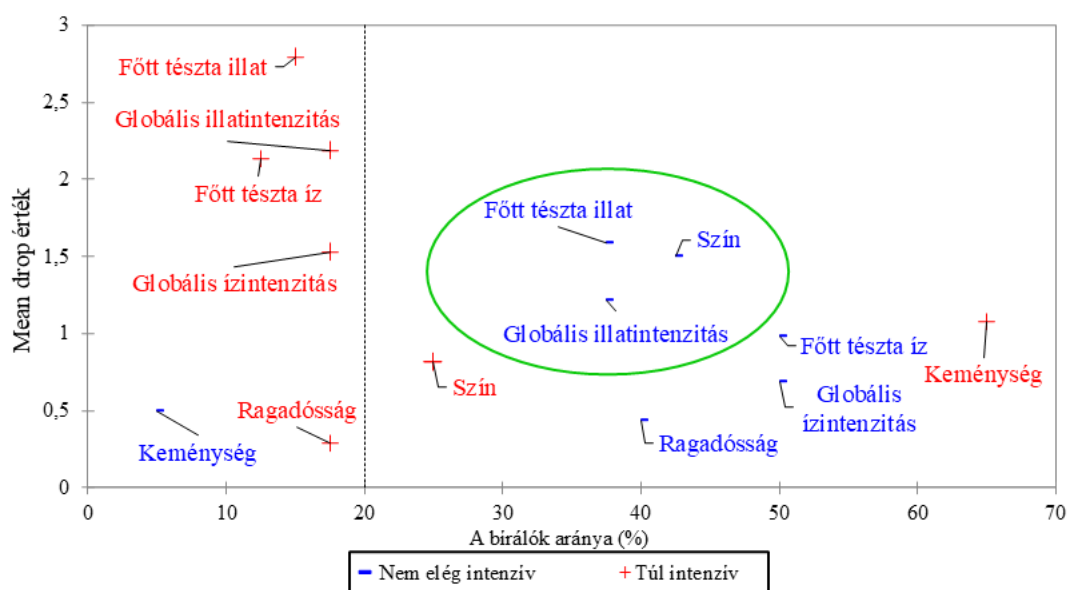
A diagramon látható, hogy az értékelés során az optimális 5-ös értéket minden tulajdonság esetében viszonylag nagy arányban jelölték meg a bírálók. A skálatagok összevonásával képzett diagramon látható, hogy az egyes csoportok aránya hasonló a vizsgált tulajdonságok esetében, ez alól egyedül a *Keménység* a kivétel. Az eredmények alapján a bírálók 30-48%-a szerint az SW0 minta esetében a *Szín*, a *Globális illatintenzitás*, a *Főtt tészta illat*, a *Ragadósság*, a *Globális ízintenzitás* és a *Főtt tészta íz* optimális volt, fontos azonban kiemelni, hogy ezek a tulajdonságok a fogyasztók közel fele, 38-50%-a szerint nem voltak eléggé intenzívek, különösképpen a *Globális ízintenzitás* és a *Főtt tészta íz*. A tulajdonságokat a panel 13-25%-a értékelte túl intenzívnek, a bírálók legnagyobb része (25%) a tészta színét találta túl sötétnek. A *Szín* esetében egyik szélsőértéket (1 és 9) sem használták, a felső szélsőértéket pedig csak a *Keménység* esetében jelölte meg a bírálók 10%-a.

A *Keményység* esetében bírálók 65%-a túl keménynek értékelte a mintát. A „Túl kemény” csoportot szétbontva látható, hogy az így értékelő bírálók közel fele (az összes bíráló 33%-a) a skálán a 6-os pontot jelölte meg, tehát a keménység számukra csak kis mértékben tért el az optimálistól, 10% azonban a felső szélsőértékkel értékelte ezt a tulajdonságot. A fogyasztók csupán 5%-a találta az optimálisnál puhábbnak a tésztát, és a tulajdonság ebben az irányban nem kapott 4 pontnál rosszabb értékelést.

A Penalty analízis során a CATA analízis során használt *mean drop analysis*-hoz hasonló elemzéssel kerülnek összevetésre és értékelésre a rögzített JAR és OAL adatok. Az elemzés első lépéseként kiszámításra kerülnek az átlagos OAL pontszámok mindhárom JAR-csoport esetében, ezzel megállapítható, hogy az egyes csoportok esetében mennyi volt az összkedveltség átlagértéke. Ezt követően a „Pont jó” csoporthoz tartozó OAL átlagértékből kivonásra kerül a másik két JAR csoporthoz tartozó OAL átlagérték. A különbségek az ún. *mean drop* értékek, amelyek arról adnak információt, hogy hány ponttal csökken a kedveltség, ha egy tulajdonság „Túl intenzív” vagy „Nem elég intenzív” a fogyasztók számára. A *mean drop* értékek az ún. *mean drop* diagramon kerülnek ábrázolásra (y tengely) a vizsgált mintát a nem optimális („Túl intenzív” és „Nem elég intenzív”) JAR csoportok szerint értékelő fogyasztók százalékos arányával szemben (x tengely). Minél magasabb a *mean drop* érték, annál fontosabb az adott tulajdonság, és minél több bíráló értékelése szerint túl erős vagy túl gyenge az adott tulajdonság intenzitása, annál inkább a jobb felső kvadránsba kerül az ahhoz tartozó pont. A termékfejlesztés során ezeken a jobb felső kvadránsban szereplő tulajdonságokon érdemes változtatni. A szaggatott vonal a panel tagjainak 20%-át jelöli, tehát ebben az esetben is a szaggatott vonaltól jobbra elhelyezkedő eredmények tekinthetők relevánsnak.

A *mean drop* értékek meghatározása mellett a Penalty analízis az egyes JAR csoportok OAL átlaga közti különbséget is vizsgálja, külön-külön összehasonlítva a két nem optimális csoportot a „Pont jó” csoporttal. Ez arról ad információt, hogy ha egy tulajdonságot túl intenzívnek vagy nem elég intenzívnek tartanak a fogyasztók, az szignifikáns mértékben befolyásolja-e a kedveltséget. A *mean drop* értékek alapján továbbá kiszámításra kerül az ún. *Penalty* érték is, azaz a „büntetőpont”, amely a két kapott *mean drop* érték súlyozott különbsége, és minél magasabb ez az érték, annál jelentősebb mértékben csökkenti az adott tulajdonság az összkedveltség pontszámát, amennyiben nem optimális. Ennek segítségével tehát az határozható meg, hogy az adott tulajdonság esetében a „Pont jó” csoporthoz tartozó OAL átlagérték szignifikánsan különbözik-e a „Túl intenzív” és a „Nem elég intenzív” csoportokhoz tartozó OAL átlagértékektől, a két nem optimális csoportot együtt vizsgálva. Annak tesztelése, hogy az OAL-t csökkentő hatás statisztikailag szignifikáns-e, *t*-próbával történik, amelynek alapja, hogy a *penalty* érték szignifikánsan különbözik-e a nullától. A *t*-próba csak azokban az esetekben kerül elvégzésre,

amelyeknél a „Túl intenzív” és a „Nem elég intenzív” csoportokba tartozó értékelések gyakorisága eléri a 20%-ot, tehát a bírálók legalább 20%-a eszerint értékelte az adott tulajdonságot.



26. ábra: Az SW0 minta JAR adatain végzett Penalty analízis során kapott mean drop értékek a vizsgált mintát a nem optimális JAR csoportok szerint értékelő fogyasztók százalékos arányával. A zöld ellipszisben található tulajdonságok OAL átlagpontszáma szignifikáns mértékben különbözik a „Pont jó” JAR csoport OAL átlagpontszámától ($p=0,05$).

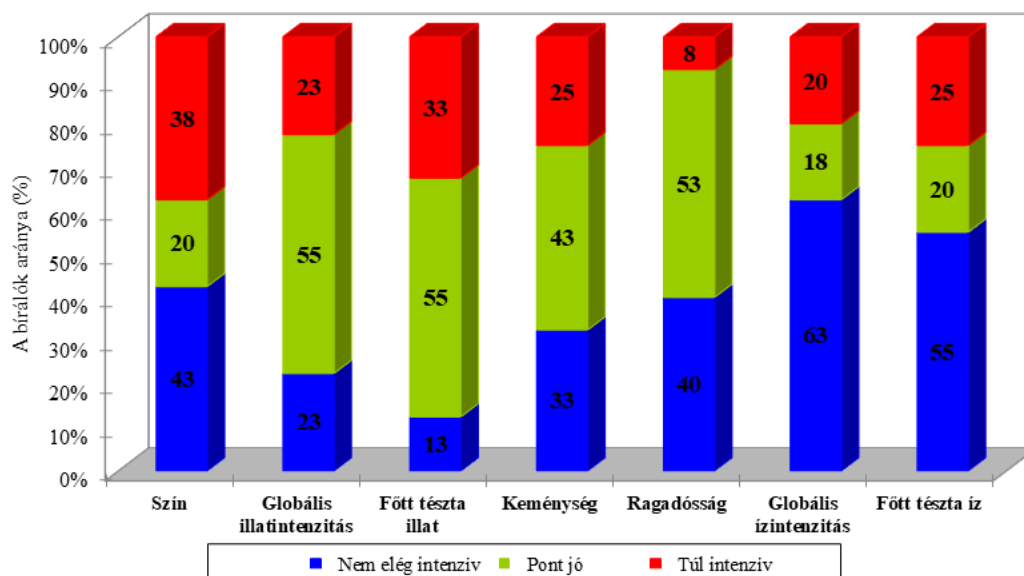
A 26. ábrán látható, hogy a fogyasztók nagy része szerint az SW0 minta a vizsgált tulajdonságok alapján inkább nem volt eléggé intenzív, és csak kevesebb mint 20%-uk értékelte túl intenzívnek a tulajdonságok nagy részét. Magas mean drop értékekkel rendelkeznek a túl intenzív illat- és íztulajdonságok, tehát ezek nagy mértékben befolyásolták a kedveltség alakulását, azonban csak a fogyasztók 12,5-17,5%-a esetében. Ahogyan az a JAR diagramokon is megfigyelhető, a bírálók 65%-a szerint a tészta túl kemény volt, azonban a mean drop értéke alapján ez a tulajdonság nem csökkentette jelentős mértékben a kedveltséget (Mean drop: 1,077, $p=0,066$). A tészta színét a bírálók 25%-a értékelte túl sötétnek, azonban a mean drop érték alapján ez sem rontotta a nagy mértékben a termék összkedveltségét, amelyet a statisztikai elemzés is alátámasztott (Mean drop: 0,815, $p=0,438$). Az egyes JAR csoportok OAL átlaga közti különbség vizsgálata alapján az összkedveltséget szignifikáns mértékben csökkentette a túl világos *Szín* (Mean drop: 1,498, $p=0,035$), valamint a nem elég intenzív *Globális illatintenzitás* (Mean drop: 1,211, $p=0,024$) és *Főtt tészta illat* (Mean drop: 1,589, $p=0,002$).

A Penalty értékek esetében a legalacsonyabb értéket a *Ragadósság* tulajdonság kapta (Penalty: 0,39, $p=0,467$), ezt követi a *Keményység* (Penalty: 1,036, $p=0,069$), valamint a *Globális ízintenzitás* (Penalty: 0,903, $p=0,107$), és az elvégzett *t*-próbák alapján ezek a tulajdonságok nem csökkentették jelentős mértékben az összkedveltséget abban az esetben, amikor a bírálók túl intenzívnek, vagy nem elég intenzívnek találták őket. Szignifikánsan csökkentették azonban az OAL-t a *Szín*

(Penalty: 1,245, $p=0,024$), a *Globális illatintenzitás* (Penalty: 1,520, $p=0,003$), a *Főtt tészta illat* (Penalty: 1,932, $p<0,0001$), és a *Főtt tészta íz* (Penalty: 1,213, $p=0,023$) tulajdonságok abban az esetben, ha nem voltak optimálisak a fogyasztók számára. Érdekes, hogy a *Főtt tészta íz* esetében csak abban az esetben szignifikáns az OAL-t csökkentő hatás, ha a két nem optimális JAR csoportot együtt vizsgáltuk. Ennek hátterében az állhat, hogy a tulajdonságot csak a fogyasztók viszonylag kis hányada (12,5%) jelölte meg túl intenzívként, viszont esetükben nagyobb mértékben csökkentette az OAL-t, míg, ha nem volt elég intenzív, az nem befolyásolta nagy mértékben a pontszámot még annak ellenére sem, hogy a fogyasztók fele így értékelte ezt a tulajdonságot. A kapott eredmények alapján arra következtethetünk, hogy a tészta ragadósága és keménysége nem tartoztak a kedveltséget leginkább befolyásoló tényezők közé, még annak ellenére sem, hogy a bírálók 65%-a túl keménynek, 40%-uk pedig nem elég ragadósnak ítélte a vizsgált mintát. Az eredmények alapján az SW0 minta esetében a minél nagyobb fogyasztói elfogadás elérése érdekében elsősorban a tészta illatát, színét és ízét lenne szükséges módosítani, intenzívebbé tenni. Az SW0 minta esetében kapott számszerű eredményeket táblázatos formában az M17. melléklet mutatja be.

Penalty analízis – SW5 minta

Az SW5 minta optimumskálák segítségével rögzített JAR adatait a 27. ábra szemlélteti a skála 9 tagjának három JAR csoportra való összevonásával. Terjedelmi okokból a 9 tagú JAR skála alapján készített ábrát az M16. melléklet tartalmazza.



27. ábra: Az SW5 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával a felvett értékelésnek egyszerűsített, a 9 skálatag három csoportra történő összevonásával képzett diagramja a bírálók arányával.

Az ábrán megfigyelhető, hogy a bírálók az SW0 mintához képest szinte teljesen eltérően értékelték az SW5 mintát. Az optimális 5-ös értéket adó fogyasztók száma mindössze 18-20% a *Szín*, a *Globális ízintenzitás* és a *Főtt tészta íz* tulajdonságok esetében, a *Globális illatintenzitás*, a *Főtt tészta illat*, a *Keményység* és a *Ragadósság* tulajdonságok azonban a bírálók 43-55%-a számára voltak optimálisak. A vizsgált tulajdonságokat a panel 8-38%-a értékelte túl intenzívnek, a fogyasztók legnagyobb része (38%) szerint az SW5 minta színe is túl sötét volt. A bírálók 13-63%-a szerint a tészta tulajdonságai nem voltak elég intenzívek, különösképpen a *Globális ízintenzitás* (63%), a *Főtt tészta íz* (55%), és a *Szín* (43%). A skála szélsőértékeket csak néhány bíráló használta az értékelés során, és az SW0 mintához hasonlóan az értékelés gyakran csak 1-1 ponttal tért el az optimálistól mindkét irányba.

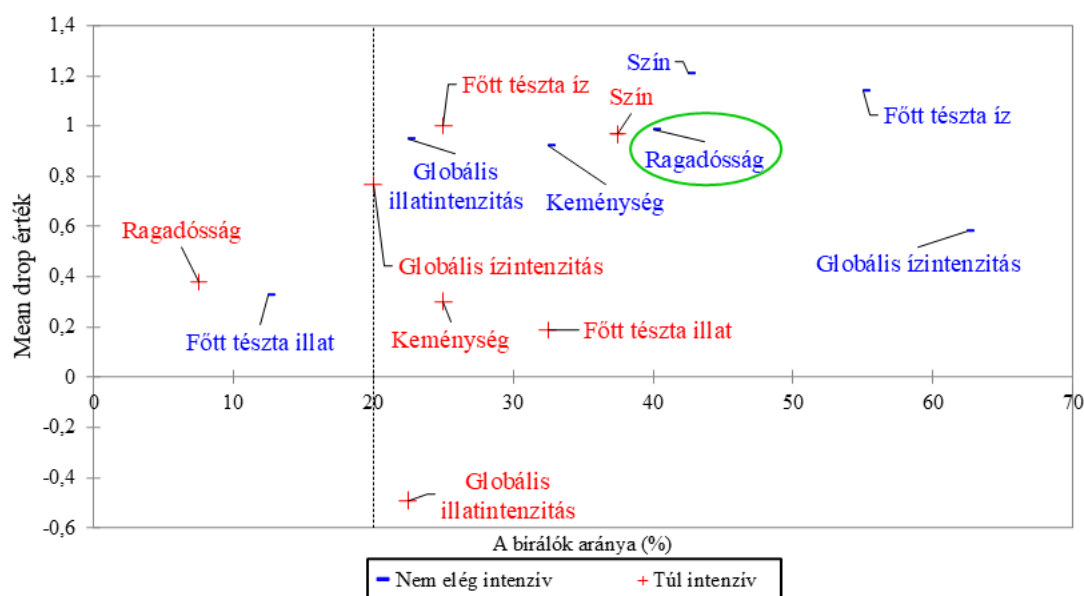
A *Szín* esetében megfigyelhető, hogy szinte ugyanannyi bíráló szerint volt túl sötét (38%), és túl világos (43%) a termék, és csupán 20% szerint volt optimális a tulajdonság. Ez arra enged következtetni, hogy a panelben nincs teljes konszenzus arra vonatkozóan, hogy milyen az optimális szín. Ennek hátterében az állhat, hogy a fejlesztett tészta alapanyagai, a hajdinaliszt és a BM őrlemény is sötétebb színű, mint a búzaliszt, amelyből a száraztészta termékek hagyományosan készülnek. A fogyasztók tészta színével kapcsolatos preconcepciója tehát eltér, ennek következtében nehezebb volt a minta optimális színének meghatározása.

A legnagyobb különbség az SW0 mintához képest a *Keményység* esetében tapasztalható: az SW5 minta esetében 40%-kal csökkent a „Túl kemény” értékelést adók száma, 22%-kal növekedett a „Túl puha” értékelést adók száma, valamint 13%-kal növekedett a „Pont jó” értékelést adók száma. Ez arra enged következtetni, hogy az 5% mennyiségű BM őrlemény bár javítja a tészta állományát, de a bírálók harmada számára már túl puhává teszi azt.

A tészta illattulajdonságai esetében szintén megfigyelhető a javuló tendencia: a bírálók 55%-a számára optimális volt a *Globális illatintenzitás* és a *Főtt tészta illat*, ez 7 és 10%-os növekedés az SW0 minta „Pont jó” értékeléseihez képest. Az ízt jellemző tulajdonságok esetében azonban az 5% BM őrleményrel való dúsítás nagy mértékben befolyásolta a JAR adatokat: a „Pont jó” értékelést adó bírálók aránya 15 és 13%-kal csökkent a *Globális ízintenzitás* és a *Főtt tészta íz* esetében, és a fogyasztók több mint fele (63 és 55%) szerint nem voltak elég intenzívek ezek a tulajdonságok a vizsgált mintában.

A 28. ábrán megfigyelhető, hogy a mean drop értékek esetében szintén jelentősek az eltérések. Az SW5 minta esetében már több tulajdonságot is túl intenzívnek értékelt a fogyasztók több mint 20%-a. Jelentős számú bíráló értékelése alapján magas mean drop értékekkel rendelkezik a nem elég intenzív *Szín* (Mean drop: 1,206, $p=0,113$), *Főtt tészta íz* (Mean drop: 1,136, $p=0,125$), *Keményység* (Mean drop: 0,923, $p=0,181$), *Globális illatintenzitás* (Mean drop: 0,949, $p=0,191$) és *Ragadósság* (Mean drop: 0,985, $p=0,040$), valamint a túl intenzív *Szín* (Mean drop: 0,967,

$p=0,253$), *Főtt tészta íz* (Mean drop: 1,000, $p=0,286$) és *Globális ízintenzitás* (Mean drop: 0,768, $p=0,555$). Ezek a tulajdonságok tehát csökkentették a kedveltséget, azonban az elvégzett statisztikai elemzés alapján a csökkenés csak a nem elég intenzív *Ragadósság* esetében volt szignifikáns. Bár a fogyasztók 63%-a szerint nem volt elég intenzív a tészta *Globális ízintenzitása*, ez alacsonyabb mean drop értéket kapott (Mean drop: 0,583, $p=0,608$), így nem rontotta jelentős mértékben az OAL-t. A túl intenzív *Globális illatintenzitás* az y tengely mentén a negatív tartományban helyezkedik el, amely azt jelenti, hogy a bírálók magasabb kedveltségi pontszámot adtak abban az esetben, amikor a tulajdonságot túl intenzívnek érezték, mint amikor optimálisnak. Ez arra enged következtetni, hogy amennyiben a tészta illata erősebb volt a bírálók értékelése szerint, az nem befolyásolta negatív irányba a kedveltséget, a panel más tulajdonságokat sokkal fontosabbnak tartott.



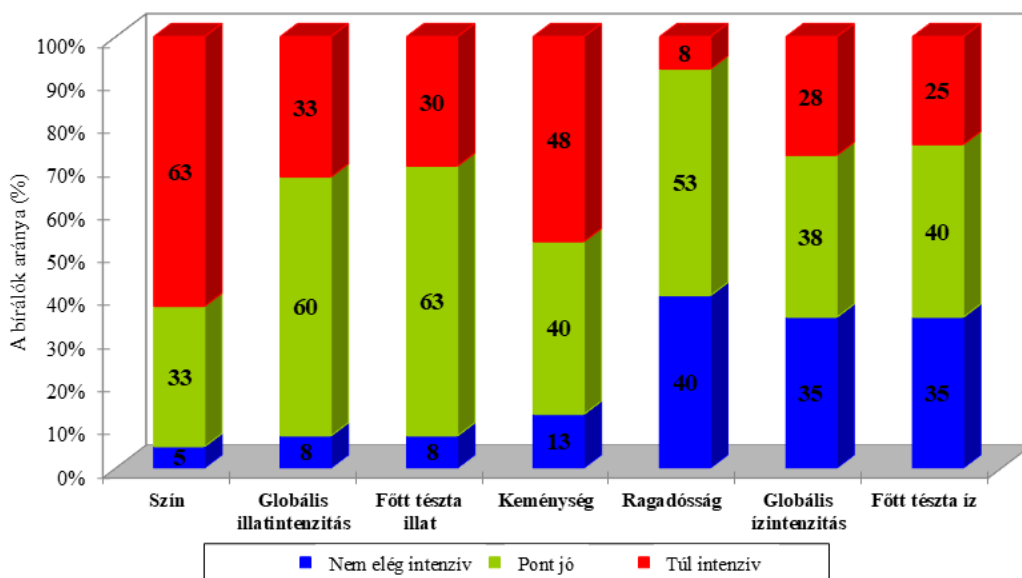
28. ábra: Az SW5 minta JAR adatain végzett Penalty analízis során kapott mean drop értékek a vizsgált mintát a nem optimális JAR csoportok szerint értékelő fogyasztók százalékos arányával. A zöld ellipszisben található tulajdonság OAL átlagpontszáma szignifikáns mértékben különbözik a „Pont jó” JAR csoport OAL átlagpontszámától ($p=0,05$).

A legalacsonyabb, ugyanakkora Penalty értékeket a *Főtt tészta illat* és a *Globális illatintenzitás* kapta (Penalty: 0,227, $p=0,618$), amely alátámasztja a mean drop értékeknél kapott eredményt, amely szerint az illat nem a fő befolyásoló tényezője az SW5 minta összkedveltségének. Ezeket követi a *Globális ízintenzitás* (Penalty: 0,628, $p=0,290$), valamint a *Keménység* (Penalty: 0,652, $p=0,150$). Az elvégzett t -próbák alapján ezek a tulajdonságok nem csökkentették jelentős mértékben az összkedveltséget abban az esetben, amikor a bírálók nem találták őket optimálisnak. Magas, szintén ugyanakkora Penalty értéket kapott a *Szín* és a *Főtt tészta íz* (Penalty: 1,094, $p=0,048$), és ezek a tulajdonságok a *Ragadóssággal* (Penalty: 0,890, $p=0,045$) együtt szignifikánsan csökkentették az OAL-t abban az esetben, ha túl intenzívnek, vagy nem elég

intenzívnek értékelték őket a bírálók. A *Szín*, és az SW0 mintához hasonlóan a *Főtt tészta íz* ebben az esetben is csak akkor csökkentette szignifikánsan az OAL-t, ha a két nem optimális JAR csoportot együtt vizsgáltuk. A háttérben az SW5 minta esetében is az állhat, hogy kevésbé csökkentette a kedveltséget, ha a tulajdonságok túl intenzívek voltak, mintha nem voltak elég intenzívek. A Penalty analízis eredményi alapján a tészta illata nincs hatással a kedveltségre, a ragadósság, a szín és főtt tészta íz viszont nagy mértékben befolyásolta azt, így ezeket a tulajdonságokat lenne szükséges optimalizálni. Az SW5 minta esetében kapott számszerű eredményeket táblázatos formában az M17. melléklet mutatja be.

Penalty analízis – SW10 minta

A 29. ábra szemlélteti az SW10 minta vizsgálata során az optimumskálák segítségével rögzített JAR adatokat a 9 skálatag három JAR csoportra való összevonását követően. Terjedelmi okokból a 9 tagú JAR skála alapján készített ábrát az M16. melléklet tartalmazza.



29. ábra: Az SW10 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával a felvett értékelésének egyszerűsített, a 9 skálatag három csoportra történő összevonásával képzett diagramja a bírálók arányával.

Az SW10 minta értékelésének esetében megfigyelhető, hogy az egyes tulajdonságokat optimálisként értékelők aránya növekedett, vagy hasonlóan alakult, mint az SW0 és SW5 minták esetében. Számottevő növekedés látható a *Globális illatintenzitás*, a *Főtt tészta illat* és a *Ragadósság* esetében, amelyeket a bírálók 53-63%-a ítélt épp megfelelőnek. 38 és 40%-ra az arány a *Globális ízintenzitás* és a *Főtt tészta íz* esetében is, amely kb. a kétszerese az SW5 mintánál tapasztalt aránynak. A tészta *Keménységét* 40% értékelte épp megfelelőnek, ez az SW0 mintához képest növekedés, az SW5 mintához képest pedig kis mértékű csökkenés. A vizsgált minta *Színét*

optimálisnak értékelő bírálók aránya 33%, ez az SW0 mintához képest nem változott, az SW5 mintával összehasonlítva azonban növekedett.

Megfigyelhető továbbá, hogy az SW10 minta esetében a „Nem eléggé intenzív” értékelések aránya általánosságban csökkent a másik két mintánál megfigyeltekhez képest, csupán a fogyasztók 13-40%-a értékelte így a vizsgált tulajdonságokat. Ezzel párhuzamosan azonban általános növekedés tapasztalható, a bírálók 8-63%-a szerint voltak „Túl intenzívek” ezek a tulajdonságok az SW10 minta esetében.

Az arányok kiemelkedő változása tapasztalható a *Szín* esetében, amelyet a panel 63%-a tartott túl sötétnek, amely az SW0 és az SW5 mintához képest is jelentős növekedés, a tésztát túl világosnak értékelők száma pedig nagy mértékben, 5%-ra csökkent. Ez alapján a BM őrlémmel való 10%-os dúsítás a fogyasztók kb. kétharmada számára már túl intenzívvé teszi a tészta színét. A *Keményesség* esetében szintén jelentős változás látható az arányokban: az a tésztát túl keménynek értékelő bírálók aránya 48%, amely az SW0 mintához képest jelentős csökkenés, azonban az SW5 mintához képest jelentős növekedés. A vizsgált mintát túl puhának értékelő bírálók száma 13%, amely a kontrollmintához képest növekedés, az SW5 mintához képest azonban jelentős csökkenés. Ebből arra következtethetünk, hogy a BM őrlémmel való 10%-os dúsítás növeli a tészta keménységét, azonban a termék még így sem lesz annyira kemény, mint a rovar nem tartalmazó tészta.

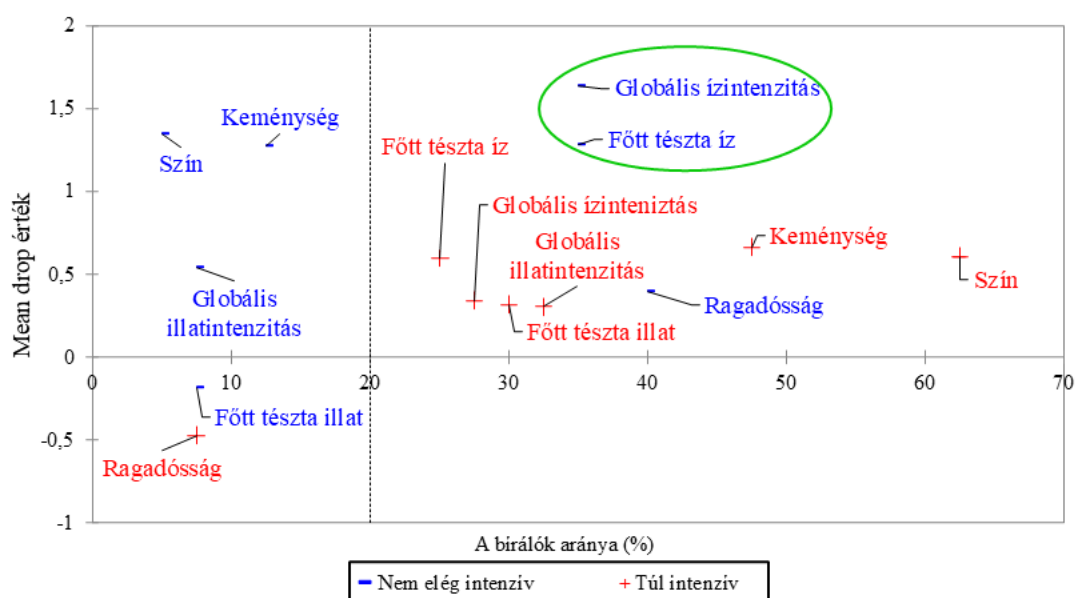
Érdemes kiemelni, hogy a *Ragadósság* értékelése az egyes csoportok összevonása után nem változott az SW5 mintához képest, azonban a skálatagokat külön vizsgálva látható, hogy kevesebb esetben kapott nagyon alacsony értékelést, szemben az SW5 mintával. A skála alsó szélsőértékeit csak néhány tulajdonság esetében, kis számú bíráló használta az értékelés során, a felső szélsőértéket pedig a panel egyik tagja sem. Az egyes tulajdonságok értékelése a *Szín*, a *Keményesség* és a *Globális illatintenzitás* kivételével nagyrészt csak 1-1 ponttal tért el az optimálistól mindkét irányba.

A 30. ábrán látható mean drop diagram alapján megállapítható, hogy az SW10 minta esetében a legtöbb tulajdonságot is túl intenzívnek értékelte a fogyasztók több mint 20%-a. Magas mean drop értéket kapott a túl világos *Szín* (Mean drop: 1,346), valamint a nem elég intenzív *Keményesség* (Mean drop: 1,275), azonban ezeket az értékeléseket kevesebb mint a fogyasztók 20%-a adta az SW10 minta esetében, így nem tekinthetők relevánsnak. Nagy számú fogyasztó szerint a tészta *Színe* (Mean drop: 0,606, $p=0,206$) és *Keményége* (Mean drop: 0,664, $p=0,197$) túl intenzív, *Ragadóssága* (Mean drop: 0,399, $p=0,435$) pedig nem eléggé intenzív volt, azonban a viszonylag alacsony mean drop érték alapján ezek nem csökkentették jelentős mértékben az OAL-t. A panel 20%-ánál több résztvevő érezte túl intenzívnek az SW10 minta *Globális illatintenzitását* (Mean drop: 0,311, $p=0,435$), *Főtt tészta illatát* (Mean drop: 0,313, $p=0,568$), *Globális izintenzitását*

(Mean drop: 0,339, $p=0,795$) és *Főtt tészta íz* (Mean drop: 0,600, $p=0,546$), azonban a válaszadók arányával együtt vizsgálva ezek a tulajdonságok kapták a legalacsonyabb mean drop értékeket, így nem hatottak szignifikáns mértékben az összkedveltségre. A legmagasabb mean drop értékeket a túl gyenge *Globális ízintenzitás* (Mean drop: 1,638, $p=0,005$) és *Főtt tészta íz* (Mean drop: 1,286, $p=0,044$) kapták, amelyek statisztikailag is szignifikáns mértékben csökkentették a tészta összkedveltségét. Ezekből az eredményekből arra következtethetünk, hogy a bírálók számára az SW10 minta esetében a legfontosabbak a tészta íztulajdonságai voltak, és alacsonyabb OAL pontszámot adtak abban az esetben, ha ezek nem voltak eléggé intenzívek. Fontos kiemelni, hogy a túl gyenge íz nagyobb befolyásoló hatással bírt, mint a túlzott *Keménység* és a túl sötét *Szín*, annak ellenére is, hogy az utóbbi értékelések bírálók közel felétől és kétharmadától származtak.

A nem elég intenzív *Főtt tészta illat*, és a túlzott *Ragadósság* az y tengely mentén a negatív tartományban helyezkedik el, amely ebben az esetben is azt jelenti, hogy a bírálók magasabb kedveltségi pontszámot adtak abban az esetben, amikor ezeket nem eléggé intenzívek, illetve túl intenzívek érezték. Ebből az SW5 mintánál tapasztalathoz hasonlóan arra következtethetünk, hogy a kis számú fogyasztó esetében sem voltak kifejezetten fontosak ezek a tulajdonságok az az OAL pontszámok megállapításánál.

A kapott eredmények alapján az SW10 minta esetében az fogyasztói elfogadás növeléséhez az íztulajdonságok optimalizálására, a Globális ízintenzitás és a Főtt tészta íz intenzitásának növelésére lenne szükség.



30. ábra: Az SW5 minta JAR adatain végzett Penalty analízis során kapott mean drop értékek a vizsgált mintát a nem optimális JAR csoportok szerint értékelő fogyasztók százalékos arányával.

A zöld ellipszisben található tulajdonság OAL átlagpontszáma szignifikáns mértékben különbözik a „Pont jó” JAR csoport OAL átlagpontszámától ($p=0,05$).

A Penalty értékek közül a legalacsonyabb értéket a *Főtt tészta illat* kapta (Penalty: 0,213, $p=0,665$), ezt követi a *Ragadósság* (Penalty: 0,261, $p=0,585$), a *Globális illatintenzitás* (Penalty: 0,354, $p=0,466$), a *Szín* (Penalty: 0,661, $p=0,190$), és a *Keménység* (Penalty: 0,792, $p=0,098$), és az elvégzett *t*-próbák alapján ezek a tulajdonságok nem csökkentették szignifikáns mértékben az összkedveltséget abban az esetben, amikor a panel értékelései alapján nem voltak optimálisak. A legmagasabb értékeket a *Főtt tészta íz* (Penalty: 1,000, $p=0,035$) és a *Globális ízintenzitás* (Penalty: 1,067, $p=0,025$) kapták, amelyek statisztikailag szignifikáns mértékű befolyással bírtak az OAL pontszámok alakulására, ha nem voltak megfelelőek a bírálók számára. A Penalty analízis során kapott eredmények alapján tehát az SW10 minta esetében elsősorban az ízt lenne szükséges optimalizálni, a tészta ragadóssága, illata, színe és keménysége kevésbé fontos tényezők az összkedveltség kialakításában, utóbbi tulajdonságok annak ellenére sem, hogy a bírálók 63%-a szerint a tészta túl sötét, 48%-a szerint pedig túl kemény volt. Az SW10 minta esetében kapott számszerű eredményeket táblázatos formában az M17. melléklet mutatja be.

A három vizsgált minta kedveltség és JAR adatai, valamint a Penalty analízis eredményei alapján arra következtethetünk, hogy a tészták mérsékelt kedveltséggel rendelkeznek, azonban a BM őrlemény adagolása már alacsony, 10%-os mennyiségben is javítja a hajdinatészta állományának, illat- és íztulajdonságainak kedveltségét. A kontrollminta illattulajdonságai a bírálók közel fele szerint optimálisak voltak, 10%-os dúsítás esetében azonban közel kétharmaduk szerint volt épp megfelelő a tészta globális illatintenzitása és főtt illata. A vizsgált minták ragadósságát kevésbé befolyásolta a rovarőrlemény, mindhárom esetében a panel közel fele volt elégedett a tulajdonság intenzitásával. 5% BM őrlemény adagolása már befolyásolta a hajdinatészta ízét, azonban az eredmények alapján nem ez volt a megfelelő dúsítási fok, mivel a bírálók szerint így nem volt eléggé intenzív az íz, 10% BM őrlemény adagolása esetében azonban 40% körülire emelkedett az optimális értékelést adó paneltagok aránya. A tészta színe esetében negatív tendencia figyelhető meg: a rovarőrlemény mennyiségével párhuzamosan emelkedett a tészta színét túl sötétnek ítélő bírálatok aránya, azonban ez nem befolyásolta szignifikáns mértékben a kedveltséget. A kontroll SW0 minta esetében a tésztát túl keménynek értékelték a bírálók, ezt már 5% BM őrlemény is javítani tudta. Ezeket az eredményeket a szín és az állomány kedveltségének, valamint az OAL-nek az átlagpontszámái is alátámasztják, mivel a mindhárom esetben az SW10 minta kapta a legmagasabb kedveltségi pontszámot, amely szignifikánsan különbözött a kontrollminta pontszámától. A Penalty analízis során kapott penalty értékek alapján megállapítottuk, hogy az egyes minták esetében melyek azok a tulajdonságok, amelyek a leginkább befolyásolják a kedveltséget abban az esetben, ha nem optimálisak: az SW0 minta esetében ezek a szín, a globális illatintenzitás, a főtt tészta illat és a főtt tészta íz, az SW5 minta

esetében a szín, a ragadósság és a főtt tészta íz, az SW10 minta esetében pedig a globális ízintenzitás és a főtt tészta íz szorul optimalizálásra.

Kutatási eredményeim összehasonlítása a más vizsgálatok eredményeivel problémákat vet fel, mivel ehető rovar tartalmazó termékek Penalty analízissel végzett érzékszervi vizsgálatai alapján készült publikációk száma limitált, és ténytá esetében nem is érhető el olyan tanulmány, amelyben ezt a módszert használták. Barna rizsliszt alapú, *Grylloides sigillatus* és *Locusta migratoria* őrleményekkel dúsított extrudált termékek esetében a színt, az illatot, az ízt és a szájérzetet vizsgálták egy tanulmány szerzői Penalty analízis segítségével. Bár az alaptermék más érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezik, a szín esetében a saját eredményeinktől eltérő eredmény született: a fogyasztók többsége szerint a magasabb rovartartalmú termékek színe volt optimális. A többi vizsgált tulajdonság esetében a rovartartalom növekedésével nőtt a „Túl intenzív” válaszokat megjelölő bírálók száma, különösen a szemcsés szájéret esetében. Az eredmények alapján szinte minden termék esetében az íz és a szájéret optimalizálására lenne szükség, amelyre a tanulmány szerzői szerint a rovarőrlemények mennyiségének csökkentése lehet a megoldás (TAO et al. 2017).

6. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Doktori munkám során kereskedelmi forgalomban kapható ehető rovarőrleményeket hasonlítottam össze makroösszetételük alapján. A számos tanulmány született már az ehető rovarok összetételével kapcsolatban, azonban általánosan megfigyelhető, hogy a kutatók csak néhány kiemelt fajt vizsgálnak (pl. *Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Zophobas morio*, *Locusta migratoria*, *Bombyx mori*), és gyakran csak egy-egy faj esetében kapott eredményeket publikálnak. Kutatásom során hét rovarfajból származó őrleményeket vizsgáltam és hasonlítottam össze, köztük a kutatások során ritkábban használt fajokat is, ezzel bővítve a tudományos szakirodalmat. A vizsgált minták nyersfehérje-tartalmát hagyományos, nitrogéntartalom-meghatározáson alapuló módszerrel vizsgáltam, amely a rovarok exoskeletonját alkotó kitin nitrogéntartalmának következtében túlbecsüli a fehérjetartalmat. Ezért a valódi fehérjetartalom pontosabb becslése érdekében egy új, a szakirodalomban fellelhető adatok alapján kalkulált nitrogén-fehérje konverziós faktort alkalmaztam, amely további kutatások során is alkalmazható lehet. A vizsgált őrlemények fehérjetartalmáról továbbiakban átfogóbb, pontosabb képet kaphatunk kitintartalmuk és aminosav-összetételük pontos meghatározásával, amely adatok felhasználhatók a rovarfehérjék minőségének értékelésére is.

Az őrleményeket képzett bírálók segítségével, kvantitatív érzékszervi profilanalízissel is vizsgáltam, amely során létrehoztam a minták érzékszervi tulajdonságlistáját, objektív adatokkal bővítve a rovarok érzékszervi tulajdonságaival kapcsolatos szakirodalmi adatokat. A kapott eredmények felhasználhatók lehetnek a rovarokkal dúsított élelmiszerek fejlesztése során, támogatva annak meghatározását, hogy az egyes rovarok milyen más összetevőkkel, milyen mennyiségben alkalmazhatók a késztermék optimális érzékszervi tulajdonságainak kialakításához. A vizsgált minták érzékszervi tulajdonságairól még pontosabb képet kaphatunk további kvantitatív vagy kvalitatív érzékszervi vizsgálati módszerek (pl. *Temporal Dominance of Sensation* (TDS), *Check-All-That-Apply* (CATA), *Rate-All-That-Apply* (RATA) stb.) alkalmazásával, valamint a rovarőrlemények kémiai és fizikai módszerekkel (pl. elektronikus orral és nyelvvel végzett vizsgálatok, illékony komponensek analízise, állományvizsgálatok stb.) történő vizsgálatával.

A hét rovarőrleményt a szakirodalmi adatok alapján elsőként FT-NIR spektroszkópiával is vizsgáltam, amelynek segítségével további információt kaptam azok összetételéről. A vizsgált hét minta felhasználásával rovarőrlemény-búzaliszt keverékeket készítettem, amelyeket szintén elsőként FT-NIR spektroszkópiával vizsgáltam. A spektrális adatok felhasználásával olyan kemometriai módszertant dolgoztam ki, amely az LDA és PSLR modellek validálását követően alkalmasnak bizonyult a rovarfajok identifikálására a mintákban, valamint a rovarőrlemények mennyiségének nagy pontosságú becslésére. Eredményeim alapján ez a költségghatékony,

roncsolásmentes és gyors módszer a későbbiekben sikerrel alkalmazható lehet a rovarösszetevőt tartalmazó termékek vizsgálatára: az esetleges élelmiszerhamisítás detektálására, valamint a termékspecifikációban vagy a jelölésen megadott rovartartalom akár a hatóságok általi ellenőrzésére is.

Kutatásom során elvégeztem egy különböző mennyiségű *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított sütőipari termék (sós omlós keksz) fejlesztését és vizsgálatát, valamint egy korábban az egyetemen fejlesztett, különböző mennyiségű *Bombyx mori* örleményt tartalmazó szárasztészta termék vizsgálati eredményeinek értékelését. A kapott eredmények alátámasztják a szakirodalmi következtetéseket, amelyek szerint a sütő- és tésztaipari termékek komplettálására kiválóan alkalmazhatók a rovarörlemények. A technofunkciós tulajdonságok és a minőséget jelző paraméterek vizsgálata alapján vagy nem gyakorolnak kifejezetten jelentős hatást olyan, a termékcsoportokban fontos tulajdonságokra, mint pl. a zabkekszek keménysége. A tápanyagtartalom számításal történő meghatározása alapján a fejlesztett termékek fehérjetartalma megnövekedett, az energiatartalom jelentős növekedése nélkül. További műszeres, valamint élelmiszeranalitikai vizsgálatok elvégzésével a számításal meghatározott tápérték-adatok igazolhatók, továbbá meghatározható a kekszek és a tészták mikrotápanyag-tartalma, így pontosabb eredményeket és átfogóbb képet kaphatunk a termékekről.

A termékek érzékszervi minősítését korszerű, a hagyományos kedveltségi vizsgálatoknál informatívabb eredményeket szolgáltató fogyasztói érzékszervi módszerekkel végeztem el és elemeztem. Segítségükkel meghatároztam a fejlesztett termékek kedveltségét befolyásoló tényezőket, valamint bizonyítottam, hogy ezek a rovarörlemények kis mennyiségben adagolva vagy nem befolyásolják jelentős mértékben a keksz és tészta termékek kedveltségét, vagy egy kevésbé kedvelt alaptermék esetében akár növelhetik is azt. Lényeges, hogy a fejlesztett termékek gluténmentes zab- és hajdinalisztból készültek, így bizonyítottam, hogy az ehető rovarok örleményei alkalmasak speciális táplálkozási célú élelmiszerek előállítására is, amennyiben a tenyésztés és a feldolgozás során biztosított megfelelő, allergénmentes környezet. A rovarokkal dúsított termékek a segítségével könnyen és egyszerűen biztosítható a speciális igényekkel rendelkező fogyasztók, pl. táplálékallergiákban és -intoleranciákban szenvedők, sportolók vagy akár katonák, asztronauták fehérje-, élelmi rost- és mikrotápanyag-szükségletének kielégítése. A rovarok élelmiszerekben való felhasználása az ipar innovációját is segíti, mivel ezek az összetevők alkalmasak az olyan modern módszerekkel történő élelmiszer-előállításra, mint a 3D élelmiszer-nyomtatás. Eredményeim továbbá alátámasztják, hogy az alkalmazott módszerek segítségével egyszerűen és gyorsan azonosíthatók a fogyasztók preferenciáit jelentős mértékben befolyásoló érzékszervi tulajdonságok, és hogy ezeket hogyan szükséges optimalizálni.

7. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Létrehoztam hét ehető rovarfaj (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*, *Gryllus assimilis*, *Gryllus bimaculatus*, *Brachytrupes portentosus*, *Bombyx mori*) érzékszervi profiljának meghatározásához alkalmazható tulajdonságlistát képzett panellel, majd kvantitatív érzékszervi profilanalízis segítségével meghatároztam azok érzékszervi profilját. A rovarőrlemények szignifikánsan különböznek egymástól küllemük, állományuk, illatuk és ízük alapján is, legintenzívebb érzékszervi tulajdonságaik a globális illatintenzitás, az olajos magvas illat, a gabonás illat, a pirított illat, valamint a globális ízintenzitás az olajos magvas íz, a gabonás íz, a pirított íz, illetve a hosszan tartó íz.

2. Elsőként vizsgáltam ehető rovarőrleményeket és azok búzaliszttel alkotott keverékeit FT-NIR spektroszkópiával. Kemometriai módszertant dolgoztam ki a rovarőrlemények és azok búzaliszttel alkotott keverékeinek rovartartalom alapján történő osztályozására, és a rovarőrlemények mennyiségének becslésére. A PCA-LDA osztályozás hét-elem-kihagyásos keresztellenőrzés utáni pontossága 98,35% volt. A rovarőrlemény-búzaliszt keverékek rovartartalmának mennyiségi predikciójára alkotott PLSR modell R^2 értéke 0,999 volt, amelyet spektrális adatok sornormalizálással történő előkezelését követően értem el.

Benes, E., Biró, B., Fodor, M., Gere, A. (2022): Analysis of wheat flour-insect powder mixtures based on their near infrared spectra. In: Food Chemistry: X, 13 100266. IF₂₀₂₃ = 6,1, SJR indikátor: D1

3. Fejlesztettem egy új, különböző mennyiségű (0, 5, 10 15%) *Acheta domesticus* örleményt tartalmazó glutén- és laktózmentes sütőipari termék-receptúrát. Műszeres módszerekkel vizsgáltam a fejlesztett keksz termékek színtulajdonságait, meghatároztam a keménységüket (Kontrollminta: 160,22±43,91, 15% *Acheta domesticus* örleményt tartalmazó minta: 183,72±40,79) és titrálható savtartalmukat (Kontrollminta: 9,95±0,35, 15% *Acheta domesticus* örleményt tartalmazó minta: 17,65±0,35), valamint kiszámoltam energia- és makrotápanyagtartalmukat. Meghatároztam továbbá a termékek fogyasztói kedveltségét.

Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2020): Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. In: Foods, 9 (11) 1561. IF₂₀₂₃ = 5,2, SJR indikátor: Q1

4. *Acheta domesticus* örleményt tartalmazó keksz termékek és *Bombyx mori* örleménnyel dúsított száraztészta termékek műszeres és fogyasztói érzékszervi minősítéssel kapott eredményeinek értékelése alapján bizonyítottam, hogy a sütő- és tésztaipari termékek komplettálására kiválóan alkalmazhatók a rovarörlemények: kiváló minőségű fehérjetartalmuk növekszik (*Acheta domesticus* örleményt tartalmazó keksz termékek fehérjetartalma: 9,48-14,71 g/100 g, *Bombyx mori* örleményt tartalmazó tészta termékek fehérjetartalma: 23,71-27,71 g/100 g), az energiatartalom jelentős növekedése nélkül (*Acheta domesticus* örleményt tartalmazó keksz termékek energiatartalma: 410,68 - 419,14 kcal/100 g, *Bombyx mori* örleményt tartalmazó tészta termékek energiatartalma: 332,43 - 337,50 kcal/100 g). A termékelőállítás folyamatát nem befolyásolja jelentős mértékben az örlemények adagolása, a késztermékek egyes tulajdonságaira azonban statisztikailag szignifikáns mértékű hatást gyakorolnak. A fejlesztett termékek érzékszervi tulajdonságai közül kiemelkedően fontos az állomány, amelyet az örlemények nem, vagy csekély mértékben befolyásolnak, kutatási eredményeim alapján kis mennyiségben adagolva javíthatják is azt.

Biró, B., Fodor, R., Szedljak, I., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2019): Buckwheat-pasta enriched with silkworm powder: Technological analysis and sensory evaluation. In: LWT, 116 108542. IF₂₀₂₃ = 6, SJR indikátor: D1

Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2020): Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. In: Foods, 9 (11) 1561. IF₂₀₂₃ = 5,2, SJR indikátor: Q1

5. Hazánkban elsőként korszerű fogyasztói érzékszervi módszerekkel (*Check-All-That-Apply* (CATA) analízis, Penalty analízis) segítségével végeztem rovarörleményeket tartalmazó sütő- és tésztaipari termékfejlesztéseket, és meghatároztam a fejlesztett termékek kedveltségét befolyásoló terméktulajdonságait. Bizonyítottam, hogy az örlemények kis mennyiségben (5-10%) való adagolása növeli, vagy nem befolyásolja jelentős mértékben a zab- és hajdinaliszt alapú keksz és tészta termékek kedveltségét, nagyobb mennyiségben viszont csökkenti azt az intenzív íz és illattulajdonságok, valamint a szín jelentősebb mértékű befolyásolása következtében.

Biró, B., Fodor, R., Szedljak, I., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2019): Buckwheat-pasta enriched with silkworm powder: Technological analysis and sensory evaluation. In: LWT, 116 108542. IF₂₀₂₃ = 6, SJR indikátor: D1

Biró, B., Sipos, M. A., Kovács, A., Badak-Kerti, K., Pásztor-Huszár, K., Gere, A. (2020): Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation. In: Foods, 9 (11) 1561. IF₂₀₂₃ = 5,2, SJR indikátor: Q1

8. ÖSSZEFOGLALÁS

Az entomofágia, azaz a rovarevés az őskortól kezdve jellemző az emberiségre, és ma is részét képezi a hagyományos étrendnek több mint 100 országban. Az ehető fajok száma meghaladja a kétezeret, ide kategorizálható pl. a bogáralakúak (Coleoptera), a lepkék (Lepidoptera), a hártyásszárnyúak (Hymenoptera), illetve az egyenesszárnyúak (Orthoptera) rendjének számos faja. Az európai és észak-amerikai országok lakosai számára a rovarok eddig nem jelentettek ételalternatívát, azonban a populáció rohamos növekedése, a bolygó erőforrásainak kimerülése és a klímaváltozás negatív hatásainak következtében a hagyományos források mellett alternatív forrásokra is szükség lehet a tápanyagigény, leginkább a fehérjeigény kielégítéséhez. Ilyen fenntartható, alternatív fehérjeforrások lehetnek az ehető rovarok, így az étel-, táplálkozástudomány területén kiemelt fontosságú témává vált felhasználási lehetőségeik, ezzel kapcsolatosan a tápértékük, étel- és takarmánybiztonsági kockázataik, a környezetre gyakorolt hatásuk, valamint fogyasztói elfogadásuk vizsgálata.

Doktori munkám fókuszában az ehető rovarok ételcélú felhasználási lehetőségeinek feltérképezése, a rovarokat, mint összetevőket tartalmazó élelmiszerek fogyasztói elfogadásának és kedveltségének, valamint az azokat befolyásoló tényezőknek a vizsgálata állt. Kutatásom során tömegtenyésztésbe könnyen bevonható ehető rovarfajok kereskedelmi forgalomban kapható őrleményeit, valamint az őrlemények felhasználásával fejlesztett termékeket vizsgáltam. Ételanalitikai módszerekkel meghatároztam és összehasonlítottam hét ehető rovarfaj (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*, *Gryllus assimilis*, *Gryllus bimaculatus*, *Brachytrupes portentosus*, *Bombyx mori*) őrleményeinek makroösszetételét, FT-NIR spektroszkópia segítségével felvettem és értékeltem spektrális adataikat, és képzett érzékszervi bírálók segítségével elvégeztem az őrlemények kvantitatív érzékszervi profilanalízisét. A hét rovarőrlemény és búzaliszt felhasználásával keverékeket készítettem, amelyeket szintén FT-NIR spektroszkópia segítségével vizsgáltam. Fejlesztettem továbbá egy különböző mennyiségű (0, 5, 10 és 15%) *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó glutén- és laktózmentes, zab- és hajdinaliszt alapú keksz termék-receptúrát, valamint elvégeztem egy korábban fejlesztett, különböző mennyiségű (0, 5, 10%) *Bombyx mori* őrleményt tartalmazó, hajdinaliszt alapú száraztésztá termék vizsgálati eredményeinek komplex kiértékelését. Mindkét termék esetében az egyes releváns technofunkciós tulajdonságok és minőséget jellemző paraméterek meghatározására, valamint korszerű módszerek alkalmazásával kivitelezett fogyasztói érzékszervi vizsgálatra került sor a termékek kedveltségét, és az azt befolyásoló tényezők meghatározása érdekében. A kapott eredmények elemzése és értelmezése során szinte minden esetben többváltozós statisztikai módszereket alkalmaztam.

A vizsgált őrlemények makroösszetétele az elvégzett Kruskal-Wallis tesztek alapján szignifikáns mértékben különbözött ($p < 0,05$). A legnagyobb eltéréseket a zsírtartalom esetében figyeltem meg, ez a *Locusta migratoria* őrleménye esetében volt a legalacsonyabb, a *Tenebrio molitor* őrleménye esetében pedig a legmagasabb. A fehérjetartalom meghatározása során egy a szakirodalmi adatok alapján kalkulált módosított nitrogén-fehérje konverziós faktorról kerültek kiszámításra ($k_p=4,97$), amely alkalmas lehet a rovarok nitrogéntartalom alapján meghatározott fehérjetartalmának pontosabb becslésére. A legnagyobb mért és számolt (nyers és valódi), szárazanyagra vonatkoztatott fehérjetartalommal a *Brachytrupes portentosus* őrlemény rendelkezett (Valódi fehérje-tartalom: 58,53 g/100 g sz. a.).

Az őrlemények kvantitatív érzékszervi vizsgálata során a képzett panel segítségével, konszenzusos módszerrel létrehoztam a hét ehető rovarfaj érzékszervi profiljának meghatározásához alkalmazható tulajdonságlistát, majd ezek alapján meghatároztam azok érzékszervi profiljait. Az elvégzett ANOVA elemzés alapján a rovarőrlemények a konszenzus során meghatározott 27 érzékszervi tulajdonság közül 25 tulajdonság esetében statisztikailag szignifikáns mértékben különböznek egymástól ($p < 0,05$). Az őrleményekre jellemző a mérsékelt intenzív barna szín és szájbevonó-képesség, a legintenzívebb érzékszervi tulajdonságaik az globális illat- és ízintenzitás, az olajos magvas illat és íz, a gabonás illat és íz, a pirított illat és íz, illetve a hosszan tartó íz.

A hét rovarőrlemény és a hetven, 5-50%-os rovarőrlemény arányú rovarőrlemény-búzáliszt keverékminta FT-NIR spektroszkópiával felvett adatainak felhasználásával kemometriai módszertant dolgoztam ki a minták osztályozására, és keverékek rovartartalmának becslésére. A mintákat osztályozó PCA-LDA osztályozás hét-elem-kihagyásos keresztellenőrzés utáni pontossága 98,35% volt, tehát a módszer nagy biztonsággal képes elkülöníteni egymástól a mintákat a rovarőrlemények alapján. A rovarőrlemény-búzáliszt keverékek rovartartalmának mennyiségi predikciójára alkotott PLSR modell R^2 értéke 0,999 volt, amelyet spektrális adatok sornormalizással történő előkezelését követően értem el. Az eredmények alapján az FT-NIR spektroszkópia a későbbiekben sikeresen alkalmazható lehet az egyes rovar alapú összetevők hamisításának detektálására, valamint mennyiségük ellenőrzésére.

Az *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó keksz termékek és *Bombyx mori* őrleményrel dúsított száraztészta termékek egyes technofunkciós tulajdonságainak és minőséget jelző paramétereinek vizsgálatával, valamint fogyasztói érzékszervi minősítéssel kapott eredményeinek értékelésével bebizonyítottam, hogy a rovarőrlemények alkalmasak a sütő- és tésztaipari termékek komplettálására. A technofunkciós tulajdonságok és a minőséget jelző paraméterek vizsgálata alapján vagy nem gyakorolnak kifejezetten jelentős hatást olyan, a termékcsoportokban fontos tulajdonságokra, mint pl. a fejlesztett kekszek állománya. Az *Acheta domesticus* őrleményrel

dúsított kekszek esetében a termékek színében okozta a legnagyobb, statisztikailag szignifikáns ($p < 0,05$) változást az összetevő: a minták a rovarőrlemény mennyiségével arányosan sötétedtek, színük összetételében nőtt a vörös szín, és csökkent a sárga szín aránya. A *Bombyx mori* őrleménnyel dúsított száraztészták esetében nagy mértékben megemelkedett a termékek vízfelvevő képessége, valamint megnőtt a szétfőtt darabok aránya. A tápanyagtartalom számításal történő meghatározása alapján a fejlesztett termékek fehérjetartalma megnövekedett, zsírtartalmuk kis mértékben emelkedett, azonban az energiatartalmuk nem változott jelentős mértékben.

A termékek korszerű módszerekkel elvégzett fogyasztói érzékszervi vizsgálatai alapján az őrlemények kis mennyiségben (5-10%) való adagolása nem befolyásolja jelentős mértékben negatívan a keksz és tészta termékek kedveltségét, sőt, az *Acheta domesticus* őrlemény megnövelte a keksz színének és illatának kedveltségét, a *Bombyx mori* őrlemény pedig a száraztészta állományának kedveltségét és összkedveltségét. Az őrlemények nagyobb mennyiségben (10-15%) való adagolása azonban az intenzív íz és illattulajdonságok, valamint a szín jelentősebb mértékű befolyásolása következtében csökkentette a kedveltséget, amely leginkább a keksz termékek esetében volt megfigyelhető. Az elvégzett *Check-All-That-Apply* (CATA) analízis alapján a kekszek esetében a *Zsíros*, *Omlós* és *Puha* állomány, a *Pirítós* illat és íz, a *Magvas* illat és íz és a *Sajtos* illat és íz voltak a rovarot tartalmazó termékek kedveltségét pozitív irányba befolyásoló terméktulajdonságok. A tészták esetében elvégzett Penalty analízis alapján a rovarral dúsított verziók ragadósága, színe, globális ízintenzitása és a főtt tészta íze szorul optimalizálásra, mivel amikor ezek a tulajdonságok nem voltak optimálisak a fogyasztók számára, jelentős mértékben csökkentették a termékek összkedveltséget ($p < 0,05$).

Kutatási eredményeim alapján megállapítható, hogy az ehető rovarok őrleményei fenntartható, és táplálkozásélettani szempontból ígéretes, megfelelő mennyiségben adagolva a fogyasztók számára elfogadható új élelmiszerek, különösen sütő- és tésztaipari termékekben felhasználva, akár speciális táplálkozási célú élelmiszerek összetevőjeként is.

SUMMARY

Entomophagy, or eating insects has been practised by humans since prehistoric times and is still part of the traditional diet in more than 100 countries. The number of edible species exceeds 2,000 and includes many species from e.g. the Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera and Orthoptera orders. Insects have not been a food source for the inhabitants of European and North American countries, but rapid population growth, depletion of the planet's resources and the negative effects of climate change may mean that alternative sources of energy and nutrients, most notably protein may be needed to meet the population's nutritional needs. Edible insects can be such sustainable alternative sources of protein, and thus their potential uses as food and feed, nutritional value, food and feed safety risks, impact on the environment and consumer acceptance have become a priority in the fields of food and nutrition science during the last decade.

The focus of my doctoral research was to explore the potential of edible insects as food, to investigate consumer acceptance and preferences for foods containing insects as ingredients, and the factors that influence the acceptance and preferences. During my research, commercially available edible insect powders, and products developed using these powders were evaluated. Analytical methods were used to determine and compare the proximate composition of the powders of seven species of edible insects (*Acheta domesticus*, *Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*, *Gryllus assimilis*, *Gryllus bimaculatus*, *Brachytrupes portentosus*, *Bombyx mori*). FT-NIR spectroscopy was also used to evaluate and compare their spectral data. Quantitative sensory profile analysis of the powders was performed by trained assessors. Mixtures of the seven insect powders and wheat flour were also prepared and analysed by FT-NIR spectroscopy. A recipe for a gluten- and lactose-free, oat- and buckwheat flour-based biscuit product was developed containing different amounts (0, 5, 10 and 15%) of *Acheta domesticus* powder, and a complex evaluation of the test results of a previously developed buckwheat flour-based dry pasta product containing different amounts (0, 5, 10%) of *Bombyx mori* meal was carried out. For both products, measurements of the relevant techno-functional properties and quality parameters were performed, and consumer sensory analyses were carried out using modern methods to determine the liking variables of the products and the factors influencing them. Multivariate statistical methods were used in almost all cases to analyse and interpret the results obtained.

The proximate composition of the tested powders differed significantly ($p < 0.05$) according to the Kruskal-Wallis tests performed. The largest differences were observed in the fat content of the powders, which was lowest for the *Locusta migratoria* powder and highest for the *Tenebrio molitor* powder. The protein content was also determined using a modified nitrogen-to-protein conversion factor calculated based on the available literature data ($kp=4.97$), which may be used

to estimate the protein content of insects based on nitrogen content more accurately. *Brachytrupes portentosus* powder had the highest measured and calculated (crude and true) protein content on a dry matter basis (True protein content: 58.53 g/100 g D. M.).

Quantitative sensory profile analysis of the powders was carried out by a trained panel. As a first step, the panelists generated a list of sensory attributes that can be used to develop the sensory profiles of the seven edible insect species with a consensus-based method. Then the list of the sensory attributes was used to determine the powders' sensory profiles. Based on the ANOVA performed, the insect powders were found to differ statistically significantly ($p < 0.05$) from each other for 25 of the 27 sensory attributes identified during the consensus. The powders were characterized by a moderately intense brown colour, and mouth coating ability, flavour persistence, with the most intense sensory attributes being the global odour and flavour intensity, nut-like odour and flavour, cereal-like odour and flavour, toasted odour and flavour, and persistent taste.

Using FT-NIR spectral data of the seven insect powders and the seventy insect powder-wheat flour mixture samples with a 5-50% insect powder ratio, I developed a chemometric methodology for classifying samples and estimating the insect content of the mixtures. The PCA-LDA results showed that the mixtures can be classified with 98.35% accuracy after performing leave-seven-out cross-validation based on the insect powders added to them. The R^2 value of the PLSR model for quantitative prediction of the insect content in the mixtures was 0.999, which was obtained using the standard normal variate (SNV) method as a pre-treatment of the spectral data. Based on the results, FT-NIR spectroscopy can be successfully used in the future to detect the adulteration of certain insect-based ingredients and to verify their quantity in food products.

By determining certain techno-functional properties and quality parameters and performing consumer sensory evaluation on the biscuits containing *Acheta domesticus* powder and dry pasta products enriched with *Bombyx mori* powder, it was demonstrated that insect powders are suitable for the enrichment of bakery and pasta products. The analyses of several techno-functional properties and quality parameters of the developed products show that they do not have a significant effect on important properties of the product categories, such as the hardness of the enriched biscuits. In the case of biscuits enriched with *Acheta domesticus* powder, the ingredient caused the largest statistically significant ($p < 0.05$) change in the colour of the products: the samples darkened in proportion to the amount of insect powder, the red colour increased in the composition of the colour and the yellow colour decreased. In the case of the pasta products, *Bombyx mori* powder increased their water absorption capacity and the proportion of overcooked pieces. Calculation of the nutritional value showed that the protein content of the enriched products increased, their fat content increased slightly, but their energy value did not change significantly.

Consumer sensory evaluation of the biscuit and pasta products using modern methods showed that small amounts (5-10%) of the insect powders generally do not affect the liking variables significantly negatively and that *Acheta domesticus* powder increased the scores of the liking variables colour and odour of the biscuits, and the *Bombyx mori* powder increased the scores of the liking variables texture and overall liking of the pasta products. However, higher amounts of the powders (10-15%) decreased the scores of many liking variables, due to a more pronounced effect on the colour of the samples, and due to the intense odour and flavour properties of the insect powders. Based on the *Check-All-That-Apply* (CATA) analysis performed, the product attributes that positively influenced the liking of the products containing insects were *Fatty, Friable and Soft texture, Toasty odour and flavour, Seedy odour and flavour and Cheesy odour and flavour* for biscuits. Based on the Penalty analysis performed on the pasta products, the stickiness, colour, global flavour intensity and cooked pasta flavour of the insect-enriched versions need optimisation, as when these attributes were not optimal for consumers, they significantly reduced the overall liking of the products ($p < 0.05$).

Based on the results of my research, it can be concluded that edible insects and the powders made of them are sustainable and nutritionally promising novel food products, that are acceptable to consumers in appropriate amounts, especially when they are used in bakery and pasta products, and even as an ingredient in food products for special nutritional purposes.

MELLÉKLETEK

MI. MELLÉKLET: Irodalomjegyzék

36/2014. (XII. 17.) FM rendelet az élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásról.

<https://njt.hu/jogszabaly/2014-36-20-11>

A Bizottság (EU) 2017/2470 végrehajtási rendelete (2017. december 20.) az új élelmiszerek uniós jegyzékének az új élelmiszerekről szóló (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet alapján történő megállapításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02017R2470-20240501&qid=1716501032409>

A Bizottság (EU) 2021/1975 végrehajtási rendelete (2021. november 12.) a fagyasztott, szárított és por formában lévő *Locusta migratoria* (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R1975&qid=1716501210709>

A Bizottság (EU) 2021/882 végrehajtási rendelete (2021. június 1.) a szárított *Tenebrio molitor* lárva (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32021R0882&qid=1716501127923>

A Bizottság (EU) 2022/169 végrehajtási rendelete (2022. február 8.) a közönséges lisztbogár fagyasztott, szárított és por formában lévő lárvája (*Tenebrio molitor* lárva) (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0169&qid=1716501327250>

A Bizottság (EU) 2022/188 végrehajtási rendelete (2022. február 10.) a fagyasztott, szárított és por formában lévő *Acheta domesticus* (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R0188&qid=1716501440555>

- A Bizottság (EU) 2023/5 végrehajtási rendelete (2023. január 3.) az *Acheta domesticus*ból (házi tücsök) előállított, részben zsírtalanított por új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0005&qid=1716501514597>
- A Bizottság (EU) 2023/58 végrehajtási rendelete (2023. január 5.) a fagyasztott, pépesített, szárított és por formában lévő *Alphitobius diaperinus*-lárvák (alombogárlárvák) új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 végrehajtási rendelet módosításáról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R0058&qid=1716501641606>
- ABDI, H., WILLIAMS, L. J., VALENTIN, D. (2013): Multiple factor analysis: principal component analysis for multitable and multiblock data sets. In: *WIREs Computational Statistics*, 5 149-179. p. <https://doi.org/10.1002/wics.1246>
- ACOSTA-ESTRADA, B. A., REYES, A., ROSELL, C. M., RODRIGO, D., IBARRA-HERRERA, C. C. (2021): Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. In: *Frontiers in Nutrition*, 8, 687712. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.687712>
- AGUILERA, Y., PASTRANA, I., REBOLLO-HERNANZ, M., BENITEZ V., ÁLVAREZ-RIVERA, G., VIEJO J. L., MARTÍN-CABREJAS, M. A. (2021): Investigating edible insects as a sustainable food source: nutritional value and techno-functional and physiological properties. In: *Food & Function*, 12 6309-6322. p. <https://doi.org/10.1039/D0FO03291C>
- ALTHWAB, S. A., ALHOMAID, R. M., ALI, R. F. M., MOHAMMED EL-ANANY, A., MOUSA, H. M. (2021): Effect of migratory locust (*Locusta migratoria*) powder incorporation on nutritional and sensorial properties of wheat flour bread. In: *British Food Journal*, 123 (11) 3576-3591. p. <https://doi.org/10.1108/BFJ-11-2020-1052>
- AMOAHA, I., COBBINAH, J. C., YEBOAH, J. A., ESIAM, F. A., LIM, J. J., TANDOH, M. A., RUSH, E. (2023): Edible insect powder for enrichment of bakery products – A review of nutritional, physical characteristics and acceptability of bakery products to consumers. In: *Future Foods*, 8 100251. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100251>
- ANDERSEN, B. V., BROCKHOFF, P. B., HYLDIG, G. (2019): The importance of liking of appearance, -odour, -taste and -texture in the evaluation of overall liking. A comparison with the evaluation of sensory satisfaction. In: *Food Quality and Preference*, 71 228-232. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.07.005>

- ARDOIN, R., PRINYAWIWATKUL, W. (2021): Consumer perceptions of insect consumption: A review of western research since 2015. In: *International Journal of Food Science and Technology*, 56 4942-4958. p. <https://doi.org/10.1111/ijfs.15167>
- ARES, G., JAEGER, S. R. (2013): Check-all-that-apply questions: Influence of attribute order on sensory product characterization. In: *Food Quality and Preference*, 28 (1) 141-153. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2012.08.016>
- ARES, G., JAEGER, S. R. (2015): 11 – Check-all-that-apply (CATA) questions with consumers in practice: experimental considerations and impact on outcome. 227-245. p. In: DELARUE, J., LAWLOR, J. B., ROGEAUX, M. (Szerk.): *Rapid Sensory Profiling Techniques Applications in New Product Development and Consumer Research*. Woodhead Publishing Limited. 555 p. <https://doi.org/10.1533/9781782422587.2.227>
- ASLAM, M. (2023): Cochran's Q test for analyzing categorical data under uncertainty. In: *Journal of Big Data*, 10 147. <https://doi.org/10.1186/s40537-023-00823-3>
- Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/2283 rendelete (2015. november 25.) az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02015R2283-20210327&qid=1716500731242>
- Az Európai Parlament és a Tanács 1169/2011/EU rendelete (2011. október 25.) a fogyasztók élelmiszerekkel kapcsolatos tájékoztatásáról, az 1924/2006/EK és az 1925/2006/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról és a 87/250/EGK bizottsági irányelv, a 90/496/EGK tanácsi irányelv, az 1999/10/EK bizottsági irányelv, a 2000/13/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv, a 2002/67/EK és a 2008/5/EK bizottsági irányelv és a 608/2004/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02011R1169-20180101&qid=1716502108645>
- Az Európai Parlament és a Tanács 1924/2006/EK rendelete (2006. december 20.) az élelmiszerekkel kapcsolatos, tápanyag-összetételre és egészségre vonatkozó állításokról. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:02006R1924-20141213&qid=1716610426599>

- BABARINDE, S. A., BINUOMOTE, S. A., AKINYEMI, A. O., KEMABONTA, K. A., ADEPOJU, A. A., OLAYOKUN, T. E., OLAGUNJU, P. O. (2024): Determinants of the use of insects as food among undergraduates in south-western community of Nigeria. In: *Future Foods*, 9 100284. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2023.100284>
- BAIANO, A. (2020): Edible insects: An overview on nutritional characteristics, safety, farming, production technologies, regulatory framework, and socio-economic and ethical implications. In: *Trends in Food Science & Technology*, 100 35-50. p. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.03.040>
- BARTON, A., RICHARDSON, C. D., MCSWEENEY, M. B. (2020): Consumer attitudes toward entomophagy before and after evaluating cricket (*Acheta domesticus*) -based protein powders. In: *Journal of Food Science*, 85 (3) 781-788. p. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15043>
- BAS, A., EL, S. N. (2022): Nutritional evaluation of biscuits enriched with cricket flour (*Acheta domesticus*). In: *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 29 100583. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2022.100583>
- BAWA, M., SONGSERMPONG, S., KAEWTAPEE, C., CHANPUT, W. (2020): Nutritional, sensory, and texture quality of bread and cookie enriched with house cricket (*Acheta domesticus*) powder. In: *Journal of Food Processing and Preservation*, 44 14601. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14601>
- BEĆ, K. B., GRABSKA, J., PLEWKA, N., HUCK, C. W. (2021): Insect Protein Content Analysis in Handcrafted Fitness Bars by NIR Spectroscopy. Gaussian Process Regression and Data Fusion for Performance Enhancement of Miniaturized Cost-Effective Consumer-Grade Sensors. In: *Molecules*, 26 (21) 6390. <https://doi.org/10.3390/molecules26216390>
- BEKHIT, A. E-D., AHMED, I. A. M., AL-JUHAIMI, F. Y. (2022): Non-Bovine Milk: Sources and Future Prospects. In: *Foods*, 11 (13) 1967. <https://doi.org/10.3390/foods11131967>
- BELGHIT, I., LOCK, E-J., FUMIÈRE, O., LECRENIER, M-C., RENARD, P., DIEU, M., BERNTSEN, M. H. G., PALMBLAD, M., RASINGER, J. D. (2019): Species-Specific Discrimination of Insect Meals for Aquafeeds by Direct Comparison of Tandem Mass Spectra. In: *Animals*, 9 (5) 222. <https://doi.org/10.3390/ani9050222>
- BENES, E., GERE, A., FODOR, M. (2020): Predicting macronutrients and energy content of snack products using FT-NIR analysis and chemometric techniques. In: *Journal of Food Engineering*, 280 109954. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2020.109954>

- BOULOS, S., TÄNNLER, A., NYSTRÖM, L. (2020): Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. In: *Frontiers in Nutrition*, 7 89. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.00089>
- BRAIDE, W., ORANUSI, S., UDEGBUNAM, L. I., OGUOMA, O., AKOBONDU, C., NWAOGUIKPE, R. N. (2011): Microbiological quality of an edible caterpillar of an emperor moth, *Bunaea alcinoe*. In: *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 3 (5) 176-180. p.
- BUSTOS, M. C., PÉREZ, G. T., LEÓN, A. E. (2011): Effect of four types of dietary fiber on the technological quality of pasta. In: *Food Science and Technology International*, 17 (3) 213–221. p. <https://doi.org/10.1177/1082013210382303>
- ÇABUK, B., YILMAZ, B. (2020): Fortification of traditional egg pasta (erişte) with edible insects: nutritional quality, cooking properties and sensory characteristics evaluation. In: *Journal of Food Science and Technology*, 57, 2750–2757. p. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04315-7>
- CAPARROS MEGIDO, R., GIERTS, C., BLECKER, C., BROSTAUX, Y., HAUBRUGE, É., ALABI, T., FRANCIS, F. (2016): Consumer acceptance of insect-based alternative meat products in Western countries. In: *Food Quality and Preference*, 52 237-243. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.05.004>
- CHURCHWARD-VENNE, T. A., PINCKAERS, P. J. M., VAN LOON, J. J. A., VAN LOON, L. J. C. (2017): Consideration of insects as a source of dietary protein for human consumption. In: *Nutrition Reviews*, 75 (12) 1035–1045. p. <https://doi.org/10.1093/nutrit/nux057>
- COSTA-NETO, E. M., DUNKEL, F. V. (2016): Chapter 2 – Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World. 29-60. p. In: DOSSEY, A. T., MORALES-RAMOS, J. A., GUADALUPE ROJAS, M. (Szerk.): *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press, Elsevier. 385 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00002-8>
- CUNHA, L. M., RIBEIRO, J. C. (2019): Chapter 5 – Sensory and Consumer Perspectives on Edible Insects. 57-71. p. In: SOGARI, G., MORA, C., MENOZZI, D. (Szerk.): *Edible Insects in the Food Sector*. Cham: Springer. 120 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3>
- CSAPÓ, J., CSAPÓ, J. (2004): Élelmiszerkémia. Kolozsvár: Scientia Kiadó. 601 p.

- DE GIER, S., VERHOECKX, K. (2018): Insect (food) allergy and allergens. In: *Molecular Immunology*, 100 82-106. p. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- DE GIROLAMO, A., CORTESE, M., CERVELLIERI, S., LIPPOLIS, V., PASCALE, M., LOGRIECO, A. F., SUMAN, M. (2019): Tracing the Geographical Origin of Durum Wheat by FT-NIR Spectroscopy. In: *Foods*, 8 (10) 450. <https://doi.org/10.3390/foods8100450>
- DE MARCHI, L., WANGORSCH, A., ZOCCATELLI, G. (2021): Allergens from Edible Insects: Cross-reactivity and Effects of Processing. In: *Current Allergy and Asthma Reports*, 21 35. <https://doi.org/10.1007/s11882-021-01012-z>
- DE OLIVEIRA, L. M., DA SILVA LUCAS, A. J., LOPES CADAVAL, C. L., MELLADO, M, S. (2017): Bread enriched with flour from cinereous cockroach (*Nauphoeta cinerea*). In: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 44 30-35. p. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.08.015>
- DEFOLIART, G. R. (1989): The Human Use of Insects as Food and as Animal Feed. In: *Bulletin of the Entomological Society of America*, 35 (1) 22–36. p. <https://doi.org/10.1093/besa/35.1.22>
- DELICATO, C., SCHOUTETEN, J. J., DEWETTINCK, K., GELLYNCK, X., TZOMPA-SOSA, D. A. (2020): Consumers' perception of bakery products with insect fat as partial butter replacement. In: *Food Quality and Preference*, 79 103755. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.103755>
- DREWNOWSKI, A. (1992): Sensory properties of fats and fat replacements. In: *Nutrition Reviews*, 50 (4 (Pt. 2)) 17–20. p. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.1992.tb01285.x>
- DUCKWORTH, J. (2004): Mathematical Data Preprocessing. 113-132. p. In: ROBERTS, C. A., WORKMAN, J., REEVES, J. B. (Szerk.): *Near-Infrared Spectroscopy in Agriculture*, Madison: American Society of Agronomy, Inc., Crop Science Society of America, Inc., Soil Science Society of America, Inc. 822 p. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr44.c6>
- DUDA, A., ADAMCZAK, J., CHEŁMIŃSKA, P., JUSZKIEWICZ, J., KOWALCZEWSKI, P. (2019): Quality and Nutritional/Textural Properties of Durum Wheat Pasta Enriched with Cricket Powder. In: *Foods*, 8 (2) 46. <https://doi.org/10.3390/foods8020046>
- EFSA SCIENTIFIC COMMITTEE (2015): Scientific Opinion on a risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. In: *EFSA Journal*, 13 (10) 4257, 60 p. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2015.4257>

- EILENBERG, J., VLAK, J. M., NIELSEN-LEROUX, C., CAPPELLOZZA, S., JENSEN, A. B. (2015): Diseases in insects produced for food and feed. In: *Journal of Insects as Food and Feed*, 1 (2) 87-102. p. <https://doi.org/10.3920/JIFF2014.0022>
- ELHASSAN, M., WENDIN, K., OLSSON, V., LANGTON, M. (2019): Quality Aspects of Insects as Food – Nutritional, Sensory, and Related Concepts. In: *Foods*, 8 (3) 95. <https://doi.org/10.3390/foods8030095>
- ESSARY, C., FISCHER, L. M., IRLBECK, E. (2022): A Statistical Approach to Classification: A guide to hierarchical cluster analysis in agricultural communications research. In: *Journal of Applied Communications*, 106 (3) 3. <https://doi.org/10.4148/1051-0834.2431>
- EVANS, J., ALEMU, M. H., FLORE, R., FRØST, M. B., HALLORAN, A., JENSEN, A. B., MACIEL-VERGARA, G., MEYER-ROCHOW, V. B., MÜNKE-SVENDSEN, C., OLSEN, S.B., PAYNE, C., ROOS, N., ROZIN, P., TAN, H. S. G., VAN HUIS, A., VANTOMME, P., EILENBERG, J. (2015): ‘Entomophagy’: an evolving terminology in need of review. In: *Journal of Insects as Food and Feed*, 1 (4) 293-305. p. <https://doi.org/10.3920/JIFF2015.0074>
- EVERSON, G. W. (2014): Hymenoptera. 984-985. p. In: WEXLER, P. (SZERK.): *Encyclopedia of Toxicology*. Academic Press, Elsevier. 1065 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.00737-5>
- FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2023): The State of Food Security and Nutrition in the World 2023: Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Róma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). 285 p. <https://doi.org/10.4060/cc3017en>
- FODOR, R., SZEDLJAK, I., SIPOS, L. (2017): Selyemhernyó örleménnyel dúsított hajdinátészta alapvető vizsgálatai és érzékszervi bírálata. *Szakedolgozat*, Szent István Egyetem (SZIE), Élelmiszertudományi Kar. 50 p.
- GAHUKAR, R. T. (2016): Chapter 4 – Edible Insects Farming: Efficiency and Impact on Family Livelihood, Food Security, and Environment Compared With Livestock and Crops. 85-111. p. In: DOSSEY, A. T., MORALES-RAMOS, J. A., GUADALUPE ROJAS, M. (Szerk.): *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press, Elsevier. 385 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00004-1>

- GARCÍA-GUTIÉRREZ, N., MELLADO-CARRETERO, J., BENGOA, C., SALVADOR, A., SANZ, T., WANG, J., FERRANDO, M., GÜELL, C., DE LAMO-CASTELLVÍ, S. (2021): ATR-FTIR Spectroscopy Combined with Multivariate Analysis Successfully Discriminates Raw Doughs and Baked 3D-Printed Snacks Enriched with Edible Insect Powder. In: *Foods*, 10 (8) 1806. <https://doi.org/10.3390/foods10081806>
- GERE, A. (2015): Módszerfejlesztés a preferencia-térképezésben. *Doktori értekezés*, Budapesti Budapesti Corvinus Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola. 127 p. doi: 10.14751/SZIE.2016.048
- GERE, A. (2023): Recommendations for validating hierarchical clustering in consumer sensory projects. In: *Current Research in Food Science*, 6 100522. <https://doi.org/10.1016/j.crfs.2023.100522>
- GERE, A., SZÉKELY, G., KOVÁCS, S., KÓKAI, Z., SIPOS, L. (2017): Readiness to adopt insects in Hungary: A case study. In: *Food Quality and Preference*, 59 81-86. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.02.005>
- GERE, A., ZEMEL, R., RADVÁNYI, D., MOSKOWITZ, H. (2018): Consumer Response to Insect Foods. In: *Reference Module in Food Science*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21881-7>
- GHOSH, S., JUNG, C., MEYER-ROCHOW, V. B. (2016): Nutritional value and chemical composition of larvae, pupae, and adults of worker honey bee, *Apis mellifera ligustica* as a sustainable food source. In: *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 19 (2) 487-495. p. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2016.03.008>
- GIAMPIERI, F., ALVAREZ-SUAREZ, J. M., MACHÌ, M., CIANCIOSI, D., NAVARRO-HORTAL, M. D., BATTINO, M. (2022): Edible insects: A novel nutritious, functional, and safe food alternative. In: *Food Frontiers*, 3 358–365. p. <https://doi.org/10.1002/fft2.167>
- GMUER, A., GUTH, J. N., HARTMANN, C., SIEGRIST, M. (2016): Effects of the degree of processing of insect ingredients in snacks on expected emotional experiences and willingness to eat. In: *Food Quality and Preference*, 54 117-127. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.07.003>

- GONZÁLEZ, C. M., GARZÓN, R., ROSELL, C. M. (2019): Insects as ingredients for bakery goods. A comparison study of *H. illucens*, *A. domestica* and *T. molitor* flours, In: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 51, 205-210. p. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.03.021>
- GOVORUSHKO, S. (2019): Global status of insects as food and feed source: A review. In: *Trends in Food Science & Technology*, 91 436-445. p. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.07.032>
- HABER, M., MISHYNA, M., MARTINEZ, J. J. I., BENJAMIN, O. (2019): The influence of grasshopper (*Schistocerca gregaria*) powder enrichment on bread nutritional and sensorial properties. In: *LWT*, 115 108395. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108395>
- HALLORAN, A., FLORE, R., VANTOMME, P., ROOS, N. (Szerk.) (2018): Edible Insects in Sustainable Food Systems. Cham: Springer. 479 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9>
- HARTMANN, C., BEARTH, A. (2019): Bugs on the Menu: Drivers and Barriers of Consumer Acceptance of Insects as Food. In: SOGARI, G., MORA, C., MENOZZI, D. (Szerk.): *Edible Insects in the Food Sector*. Cham: Springer. 120 p. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3>
- HARTMANN, C., SIEGRIST, M. (2016): Becoming an insectivore: Results of an experiment. In: *Food Quality and Preference*, 51 118-122. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2016.03.003>
- HAWKEY, K. J., LOPEZ-VISO, C., BRAMELD, J. M., PARR, T., SALTER, A. M. (2021): Insects: A Potential Source of Protein and Other Nutrients for Feed and Food. In: *Annual Review of Animal Biosciences*, 9 333-354. p. <https://doi.org/10.1146/annurev-animal-021419-083930>
- HEPPNER, J. B. (2008): Butterflies and Moths (Lepidoptera). 626-672. p. In: Capinera, J. L. (Szerk.): *Encyclopedia of Entomology*. Dordrecht: Springer. 4346 p. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6359-6_498
- HERMANS, W. J. H., SENDEN, J.M., CHURCHWARD-VENNE, T. A., PAULUSSEN, K. J. M., FUCHS, C. J., SMEETS, J. S. J., VAN LOON, J. J. A., VERDIJK, L. B., VAN LOON, L. J. C. (2021): Insects are a viable protein source for human consumption: from insect protein digestion to postprandial muscle protein synthesis in vivo in humans: a double-blind randomized trial. In: *The American Journal of Clinical Nutrition*, 114 (3) 934-944. p. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqab115>

- HOFFMAN, J. I. E. (2019): Basic Biostatistics for Medical and Biomedical Practitioners. Academic Press, Elsevier, 712 p. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02190-8>
- HOPE, T. M. H. (2020): Chapter 4 – Linear regression. 67-81. p. In: MECHELLI, A., VIEIRA, S. (Szerk.): *Machine Learning*, Academic Press, Elsevier. 393 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815739-8.00004-3>
- HOWARD, L. O. (1916): *Lachnosterna* larvæ as a possible food supply. In: *Journal of Economic Entomology*, 9 (4).
- IMATHIU, S. (2020): Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. In: *NFS Journal*, 18 1-11. p. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002>
- INDRIANI, S., KARIM, M. S. B., NALINANON, S., KARNJANAPRATUM, S. (2020): Quality characteristics of protein-enriched brown rice flour and cake affected by Bombay locust (*Patanga succincta* L.) powder fortification. In: *LWT*, 119, 108876. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108876>
- INGRISCH, S., RENTZ, D. C. F. (2009): Chapter 187 – Orthoptera: Grasshoppers, Locusts, Katydid, Crickets. 732-743. p. In: RESH, V. H., CARDÉ, R. T. (Szerk.): *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, Elsevier. 1132 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00196-X>
- ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM: <https://www.itis.gov/>
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: integrated taxonomic information system.
Lekérdezés időpontja: 2023.05.30.
- JAKAB, I., TORMÁSI, J., DHAYGUDE, V., MEDNYÁNSZKY, ZS., SIPOS, L., SZEDLJAK, I. (2020): Cricket flour-laden millet flour blends' physical and chemical composition and adaptation in dried pasta products. In: *Acta Alimentaria*, 49 (1) 4-12. p. <https://doi.org/10.1556/066.2020.49.1.2>
- JANSSEN, R. H., VINCKEN, J-P., VAN DEN BROEK, L. A. M., FOGLIANO, V., LAKEMOND, C. M. M. (2017a): Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. In: *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65 (11) 2275-2278. p. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b00471>
- JANSSEN, R. H., LAKEMOND, C. M. M., FOGLIANO, V., RENZONE, G., SCALONI, A., VINCKEN, J. P. (2017b): Involvement of phenoloxidase in browning during grinding of

Tenebrio molitor larvae. In: *PloS One*, 12 (12) e0189685.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189685>

JONES, V. (2020): ‘Just don’t tell them what’s in it’: Ethics, edible insects and sustainable food choice in schools. In: *British Educational Research Journal*, 46 894-908. p.
<https://doi.org/10.1002/berj.3655>

JONGEMA, Y. (2017): Worldwide List of Edible Insects. <https://www.wur.nl/en/research-results/chair-groups/plant-sciences/laboratory-of-entomology/edible-insects/worldwide-species-list.htm> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: worldwide list of edible insects. Lekérdezés időpontja: 2024.05.23.

KILCAST, D. (Szerk.) (2010): *Sensory Analysis for Food and Beverage Quality Control*. Woodhead Publishing Limited. 373 p.

KIM, H. W., SETYABRATA, D., LEE, Y. J., JONES, O. G., KIM, Y. H. B. (2016): Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. In: *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 38 116-123. p.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.023>

KIM, H. W., SETYABRATA, D., LEE, Y., JONES, O. G., KIM, Y. H. B. (2017): Effect of House Cricket (*Acheta domesticus*) Flour Addition on Physicochemical and Textural Properties of Meat Emulsion Under Various Formulations. In: *Journal of Food Science*, 82 (12), 2787–2793. p. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13960>

KIPKOECH, C. (2023): Beyond Proteins – Edible Insects as a Source of Dietary Fiber. In: *Polysaccharides*, 4 (2) 116-128. p. <https://doi.org/10.3390/polysaccharides4020009>

KÓKAI, Z. (2003): *Almafajták érzékszervi vizsgálata. Doktori értekezés*, Budapesti Közgazdaságtudományi és Államigazgatási Egyetem, Élelmiszertudományi Doktori Iskola. 115 p.

KÓKAI, Z., HESZBERGER, J., KOLLÁR-HUNEK, K. SZABÓ, R., PAPP, E. (2004): *ProfiSens – A Profile Analysis Supporting Software in Food Industry, Related Research And Education*. In: *Periodica Polytechnica: Chemical Engineering*, 48 (1) 31-40. p.

KOUŘIMSKÁ, L., ADÁMKOVÁ, A. (2016): Nutritional and sensory quality of edible insects. In: *NFS Journal*, 4 (October 2016) 22-26. p. <https://doi.org/10.1016/j.nfs.2016.07.001>

KRINSKY, W. L. (2002): Chapter 9 – Beetles (Coleoptera). 129-143. p. In: MULLEN, G. R., DURDEN, L. A. (Szerk.): *Medical and Veterinary Entomology*. Academic Press, Elsevier. 769 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814043-7.00009-1>

- KRONGDANG, S., PHOKASEM, P., VENKATACHALAM, K., CHAROENPHUN, N. (2023): Edible Insects in Thailand: An Overview of Status, Properties, Processing, and Utilization in the Food Industry. In: *Foods*, 12 (11) 2162. <https://doi.org/10.3390/foods12112162>
- KULMA, M., ŠKVOROVÁ, P., PETŘÍČKOVÁ, D., KOUŘIMSKÁ, L. (2023): A descriptive sensory evaluation of edible insects in Czechia: do the species and size matter? In: *International Journal of Food Properties*, 26 (1) 218-230. p. <https://doi.org/10.1080/10942912.2022.2161569>
- LA BARBERA, F., VERNEAU, F., AMATO, M., GRUNERT, K. (2018): Understanding Westerners' disgust for the eating of insects: The role of food neophobia and implicit associations. In: *Food Quality and Preference*, 64 120-125. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2017.10.002>
- LAMMERS, P., ULLMANN, L. M., FIEBELKORN, F. (2019): Acceptance of insects as food in Germany: Is it about sensation seeking, sustainability consciousness, or food disgust? In: *Food Quality and Preference*, 77 78-88. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2019.05.010>
- LAWLESS, H. T., HEYMANN, H. (2010): *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. New York: Springer. 596 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-6488-5>
- LEGAL L. (2023): "Lepidoptera Flies", but Not Always... Interactions of Caterpillars and Chrysalis with Soil. In: *Diversity*, 15 (1) 27. <https://doi.org/10.3390/d15010027>
- LENSVELT, E. J., STEENBEKKERS, L. P. (2014): Exploring Consumer Acceptance of Entomophagy: A Survey and Experiment in Australia and the Netherlands. In: *Ecology of Food and Nutrition*, 53 (5), 543–561. p. <https://doi.org/10.1080/03670244.2013.879865>
- LESNIK, J. J. (2011): Bone Tool Texture Analysis and the Role of Termites in the Diet of South African Hominids. In: *PaleoAnthropology Vol. 2011*, 268-281. p. doi:10.4207/PA.2011.ART57
- LICEAGA, A. M. (2022): Chapter Four - Edible insects, a valuable protein source from ancient to modern times. 129-152. p. In: WU, J. (Szerk.): *Advances in Food and Nutrition Research, Volume 101*. Academic Press, Elsevier. 307 p. <https://doi.org/10.1016/bs.afnr.2022.04.002>

- LIU, C., ZHAO, J. (2019): Insects as a Novel Food. 428-436. p. In: MELTON, L., SHAHIDI, F., VARELIS, P. (Szerk.): *Reference Module in Food Science: Encyclopedia of Food Chemistry Volume 3*. Academic Press, Elsevier, 582 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100596-5.21782-4>
- LIU, X., CHEN, X., WANG, H., YANG, Q., UR REHMAN, K., LI, W., CAI, M., LI, Q., MAZZA, L., ZHANG, J., YU, Z., ZHENG, L. (2017): Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. In: *PLoS ONE*, 12 (8) e0182601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>
- LŐRINCZI, G., TORMA, A. (2020): Állattrendszertan I.: Bazális csoportok (non-Bilateria) és összajúak (Protostomia). Szeged: Szegedi Tudományegyetem. 830 p.
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 2-321 számú irányelv – Szárastészták. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/3/4b/a2000/új%20MÉ%202-321%20Szarastesztak%20iranyelv-2020.pdf>
- MAGYAR ÉLELMISZERKÖNYV 2-84 számú irányelv – Édesipari termékek. <https://elelmiszerlanc.kormany.hu/download/4/4b/a2000/2-84.pdf>
- MAGYAR ROVARTANI TÁRSASÁG (2017): Egyeneshárnyúak (Orthoptera). <https://www.rovartani.hu/a-rovarvilag-atekintese/orthoptera/> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: egyeneshárnyúak rovaran. Lekérdezés időpontja: 2023.05.30.
- MALLA, N., NØRGAARD, J. V., LÆRKE, H. N., HECKMANN, L-H. L., ROOS, N. (2022): Some Insect Species Are Good-Quality Protein Sources for Children and Adults: Digestible Indispensable Amino Acid Score (DIAAS) Determined in Growing Pigs. In: *The Journal of Nutrition*, 152 (4) 1042-1051. p. <https://doi.org/10.1093/jn/nxac019>
- MANCINI, S., FRATINI, F., TUCCINARDI, T., DEGL'INNOCENTI, C., PACI, G. (2020): *Tenebrio molitor* reared on different substrates: is it gluten free? In: *Food Control*, 110 107014. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.107014>
- MANCINI, S., SOGARI, G., MENOZZI, D., NUVOLONI, R., TORRACCA, B., MORUZZO, R., PACI, G. (2019): Factors Predicting the Intention of Eating an Insect-Based Product. In: *Foods*, 8 (7) 270. <https://doi.org/10.3390/foods8070270>
- MCEWAN, J. A., SCHLICH, P. (1991): Correspondence analysis in sensory evaluation. In: *Food Quality and Preference*, 3 (1) 23-36. p. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(91\)90020-F](https://doi.org/10.1016/0950-3293(91)90020-F)

- MEKONNEN, M. M., HOEKSTRA, A. Y. (2020): Sustainability of the blue water footprint of crops. In: *Advances in Water Resources*, 143 103679. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2020.103679>
- MEYER-ROCHOW, V. B., GAHUKAR, R. T., GHOSH, S., JUNG, C. (2021): Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. In: *Foods*, 10, 1036. <https://doi.org/10.3390/foods10051036>
- MEYNERS, M., CASTURA, J. C., CARR, B. T. (2013): Existing and new approaches for the analysis of CATA data. In: *Food Quality and Preference*, 30 (2) 309-319. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.06.010>
- MÉZES, M. (2018): Food safety aspect of insects: A review. In: *Acta Alimentaria*, 47 (4) 513-522. p. <https://doi.org/10.1556/066.2018.47.4.15>
- MISHRA, P., WOLTERING, E., EL HARCHIOUI, N. (2020): Improved prediction of ‘Kent’ mango firmness during ripening by near-infrared spectroscopy supported by interval partial least square regression. In: *Infrared Physics & Technology*, 110 103459. <https://doi.org/10.1016/j.infrared.2020.103459>
- MISHYNA, M., CHEN, J., BENJAMIN, O. (2020): Sensory attributes of edible insects and insect-based foods – Future outlooks for enhancing consumer appeal. In: *Trends in Food Science & Technology*, 95 141-148. p. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.11.016>
- MOKRZYCKI, W. S., TATOL, M. (2011): Color difference Delta E – A survey. In: *Machine Graphics and Vision*, 20 (4) 383-411.
- MOLINARI, R., COSTANTINI, L., TIMPERIO, A. M., LELLI, V., BONAFACCIA, F., BONAFACCIA, G., MERENDINO, N. (2018): Tartary buckwheat malt as ingredient of gluten-free cookies. In: *Journal of Cereal Science*, 80 37-43. p. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.11.011>
- MOLNÁR, K. (Szerk.) (2012): Bevezetés az állattanba. Budapest: Eötvös Loránd Tudományegyetem. 386 p.
- MOSKOWITZ, H. R., KRIEGER, B. (1995): The contribution of sensory liking to overall liking: An analysis of six food categories. In: *Food Quality and Preference*, 6 (2) 83-90. p. [https://doi.org/10.1016/0950-3293\(95\)98552-T](https://doi.org/10.1016/0950-3293(95)98552-T)
- MSZ 20500-1:1985 Szárastészták vizsgálati módszerei. Fizikai vizsgálatok.
- MSZ 20501-1:2007 Sütőipari termékek vizsgálati módszerei. 1. rész: Kémiai vizsgálatok.

- MSZ 3626:1986 Tartósított élelmiszerek nyersrosttartalmának meghatározása.
- MSZ 6369-11:1987 Lisztvizsgálati módszerek. A pH, a savfok és a zsírsavszám meghatározása.
- MSZ EN ISO 11136:2017 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Általános útmutató a kedveltségi vizsgálatok levezetésére ellenőrzött területen, fogyasztókkal.
- MSZ EN ISO 13299:2016 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Általános útmutató az érzékszervi profil kialakításához.
- MSZ EN ISO 4120:2021 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Háromszögpróba.
- MSZ EN ISO 8586:2014 Érzékszervi vizsgálat. Általános útmutató a kiválasztott bírálók és az érzékszervi szakértő bírálók kiválasztásához, képzéséhez, valamint folyamatos ellenőrzéséhez.
- MSZ EN ISO 8589:2015 Érzékszervi vizsgálatok. Általános útmutató a bírálati helyiségek kialakításához.
- MSZ ISO 6658:2018 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Általános útmutató.
- MSZ ISO 8587:2014 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Rangsorolás.
- MSZ ISO 8588:2018 Érzékszervi vizsgálat. Módszertan. Az „A” vagy „nem A” teszt.
- NÆS, T., BROCKHOFF, P. B., TOMIC, O. (2010): *Statistics for Sensory and Consumer Science*. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd. 287 p. <http://doi.org/10.1002/9780470669181>
- NASKRECKI, P. (2013): Grasshoppers and their Relatives. 722-736. p. In: LEVIN, S. A. (Szerk.): *Encyclopedia of Biodiversity*. Academic Press, Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384719-5.00168-4>
- NÉBIH: Új élelmiszerek jogi szabályozása és engedélyezésének menete. <https://portal.nebih.gov.hu/-/uj-elelmiszerek-jogi-szabalyozasa-es-engedelyezesenek-menete> Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: új élelmiszerek engedélyeztetése. Lekérdezés időpontja: 2024.05.19.
- NI, D., NELIS, J. L. D., DAWSON, A. L., BOURNE, N., JULIANO, P., COLGRAVE, M. L., JUHÁSZ, A., BOSE, U. (2024): Application of near-infrared spectroscopy and chemometrics for the rapid detection of insect protein adulteration from a simulated matrix. In: *Food Control*, 159 110268. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.110268>
- NISSEN, L., SAMAEI, S. P., BABINI, E., GIANOTTI, A. (2020): Gluten free sourdough bread enriched with cricket flour for protein fortification: Antioxidant improvement and

Volatilome characterization. In: *Food Chemistry*, 333 127410.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127410>

OGUNLAKIN, G. O., ONI, V. T., OLANIYAN, S. A. (2018): Quality Evaluation of Biscuit Fortified with Edible Termite (*Macrotermes nigeriensis*). In: *Asian Journal of Biotechnology and Bioresource Technology*, 4 (2) 1-7. p.
<https://doi.org/10.9734/AJB2T/2018/43659>

OJHA, S., BEKHIT, A. E-D., GRUNE, T., SCHLÜTER, O. K. (2021): Bioavailability of nutrients from edible insects. In: *Current Opinion in Food Science*, 41 240-248. p.
<https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.08.003>

OONINCX, D. G. A. B., FINKE, M. D. (2021): Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. In: *Journal of Insects as Food and Feed*, 7 (5) 639-659, p.
<https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0050>

ORDOÑEZ-ARAQUE, R., EGAS-MONTENEGRO, E. (2021): Edible insects: A food alternative for the sustainable development of the planet. In: *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 23 100304. <https://doi.org/10.1016/j.ijgfs.2021.100304>

ORTOLÁ, M. D., MARTÍNEZ-CATALÁ, M., YUSTE DEL CARMEN, A., CASTELLÓ, M. L. (2022): Physicochemical and sensory properties of biscuits formulated with *Tenebrio molitor* and *Alphitobius diaperinus* flours. In: *Journal of Texture Studies*, 53 (4), 540–549. p. <https://doi.org/10.1111/jtxs.12692>

OSIMANI, A., MILANOVIĆ, V., CARDINALI, F., RONCOLINI, A., GAROFALO, C., CLEMENTI, F., PASQUINI, M., MOZZON, M., FOLIGNI, R., RAFFAELLI, N., ZAMPORLINI, F., AQUILANTI, L. (2018): Bread enriched with cricket powder (*Acheta domestica*): A technological, microbiological and nutritional evaluation. In: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 48 150-163. p.
<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.06.007>

OTERO, D. M., DA ROCHA LEMOS MENDES, G., DA SILVA LUCAS, A. J., CHRIST-RIBEIRO, A., FERREIRA RIBEIRO, C. D. (2022): Exploring alternative protein sources: Evidence from patents and articles focusing on food markets. In: *Food Chemistry*. 394, 133486. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.133486>

PARK, Y. S., CHOI, Y. S., HWANG, K. E., KIM, T. K., LEE, C. W., SHIN, D. M., HAN, S. G. (2017): Physicochemical Properties of Meat Batter Added with Edible Silkworm Pupae

- (*Bombyx mori*) and Transglutaminase. In: *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37 (3) 351–359. p. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.351>
- PAUL, A., FREDERICH, M., CAPARROS MEGIDO, R., ALABI, T., MALIK, P., UYTENBROECK, R., FRANCIS, F., BLECKER, C., HAUBRUGE, E., LOGNAY, G., DANTHINE, S. (2017): Insect fatty acids: A comparison of lipids from three Orthopterans and *Tenebrio molitor* L. larvae. In: *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 20 (2) 337-340. p. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2017.02.001>
- PAYNE, C. L. R., SCARBOROUGH, P., RAYNER, M., NONAKA, K. (2016): A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. In: *Trends in Food Science & Technology*, 47 69-77. p. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.012>
- PHONGTHAI, S., D'AMICO, S., SCHOENLECHNER, R., HOMTHAWORNCHOO, W., RAWDKUEN, S. (2017): Effects of protein enrichment on the properties of rice flour based gluten-free pasta. In: *LWT*, 80 378-385. p. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.02.044>
- PIAZZA, L., RATTI, S., GIROTTO, F., CAPPELLOZZA, S. (2023): Silkworm pupae derivatives as source of high value protein intended for pasta fortification. In: *Journal of Food Science*, 88 (1) 341-355. p. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.16420>
- PIPPINATO, L., GASCO, L., DI VITA, G., MANCUSO, T. (2020): Current scenario in the European edible-insect industry: a preliminary study. In: *Journal of Insects as Food and Feed*, 6 (4) 371-381. p. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0008>
- PIQUERAS-FISZMAN, B., JAEGER, S. R. (2014): The impact of evoked consumption contexts and appropriateness on emotion responses. In: *Food Quality and Preference*, 32 Part C 277-288. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2013.09.002>
- PLAEHN, D., HORNE, J. (2008): A regression-based approach for testing significance of “just-about-right” variable penalties. In: *Food Quality and Preference*, 19 (1) 21-32. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2007.06.003>
- PLINER, P., HOBDEN, K. (1992): Development of a scale to measure the trait of food neophobia in humans. In: *Appetite*, 19 (2) 105-120. p. [https://doi.org/10.1016/0195-6663\(92\)90014-W](https://doi.org/10.1016/0195-6663(92)90014-W)

- POORE, J., NEMECEK, T. (2018): Reducing food's environmental impacts through producers and consumers. In: *Science*, 360 (6392) 987-992. p. <https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- RASANE, P., JHA, A., SABIKHI, L., KUMAR, A., UNNIKRISHNAN, V. S. (2015). Nutritional advantages of oats and opportunities for its processing as value added foods - A review. In: *Journal of Food Science and Technology*, 52 (2) 662–675. <https://doi.org/10.1007/s13197-013-1072-1>
- QUICKE, D. L. J. (2009): Chapter 127 – Hymenoptera: Ants, Bees, Wasps. 473-484. p. In: RESH, V. H., CARDÉ, R. T. (Szerk.): *Encyclopedia of Insects*. Academic Press, Elsevier. 1132 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374144-8.00136-3>
- RAKSAKANTONG, P., MEESO, N., KUBOLA, J., SIRIAMORNPNUN, S. (2010): Fatty acids and proximate composition of eight Thai edible terricolous insects. In: *Food Research International*, 43 (1) 350-355. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.10.014>
- RAMOS-ELORDUY, J., PINO MORENO, J. M., PRADO, E. E., PEREZ, M. A., OTERO, J. L., DE GUEVARA, O. L. (1997): Nutritional Value of Edible Insects from the State of Oaxaca, Mexico. In: *Journal of Food Composition and Analysis*, 10 (2) 142-157. p. <https://doi.org/10.1006/jfca.1997.0530>
- RIEKKINEN, K., VÄKEVÄINEN, K., KORHONEN, J. (2022): The Effect of Substrate on the Nutrient Content and Fatty Acid Composition of Edible Insects. In: *Insects*, 13 (7) 590. <https://doi.org/10.3390/insects13070590>
- RITVANEN, T., PASTELL, H., WELLING, A., RAATIKAINEN, M. (2020): The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species - *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. In: *Agricultural and Food Science*, 29 (1) 1-5. p. <https://doi.org/10.23986/afsci.89101>
- RIU, J., VEGA, A., BOQUÉ, R., GIUSSANI, B. (2022): Exploring the Analytical Complexities in Insect Powder Analysis Using Miniaturized NIR Spectroscopy. In: *Foods*, 11 (21) 3524. <https://doi.org/10.3390/foods11213524>
- RONCOLINI, A., MILANOVIĆ, V., AQUILANTI, L., CARDINALI, F., GAROFALO, C., SABBATINI, R., CLEMENTI, F., BELLEGGIA, L., PASQUINI, M., MOZZON, M., FOLIGNI, R., TROMBETTA, M. F., HAOUET, M. N., ALTISSIMI, M. S., DI BELLA, S., PIERSANTI, A., GRIFFONI, F., REALE, A., NIRO, S., OSIMANI, A. (2020): Lesser mealworm (*Alphitobius diaperinus*) powder as a novel baking ingredient for

- manufacturing high-protein, mineral-dense snacks. In: *Food Research International*, 131 109031. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109031>
- ROSS, A., WILLSON, V. L. (2017): One-Sample T-Test. 9-12. p. In: ROSS, A., WILLSON, V. L. (Szerk.): *Basic and Advanced Statistical Tests*, Rotterdam: SensePublishers. 219 p. https://doi.org/10.1007/978-94-6351-086-8_2
- ROTHMAN, L., PARKER, M. J. (Szerk.) (2009): Just-About-Right (JAR) Scales: Design, Usage, Benefits, and Risks. West Conshohocken: ASTM International. 112 p. <https://doi.org/10.1520/MNL63-EB>
- ROUSSEEUW, P. J. (1987): Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis. In: *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 20 53-65. p. [https://doi.org/10.1016/0377-0427\(87\)90125-7](https://doi.org/10.1016/0377-0427(87)90125-7)
- RUMPOLD, B. A., SCHLÜTER, O. K. (2013): Nutritional composition and safety aspects of edible insects. In: *Molecular Nutrition & Food Research*, 57 (5) 802-823. p. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- SAJTOS, L., MITEV, A. (2007): SPSS Kutatási és adatelemzési kézikönyv. Budapest: Alinea Kiadó, 402 p.
- SCHOLLIERS, J., STEEN, L., FRAEYE, I. (2020): Partial replacement of meat by superworm (*Zophobas morio* larvae) in cooked sausages: Effect of heating temperature and insect:meat ratio on structure and physical stability. In: *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 66 102535. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102535>
- SEVERINI, C., AZZOLLINI, D., ALBENZIO, M., DEROSI, A. (2018): On printability, quality and nutritional properties of 3D printed cereal based snacks enriched with edible insects. In: *Food Research International*, 106 666-676. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.034>
- SICK, J., HARTMANN, A. L., FRØST, M. B. (2024): Hedonic rating coupled with sensory profiles using CATA for six whole roasted or deep-fried insects among Danish 11-13-year-old children. In: *Food Quality and Preference*, 114 105094. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2023.105094>
- SIDALI, K. L., PIZZO, S., GARRIDO-PÉREZ, E. I., SCHAMEL, G. (2019): Between food delicacies and food taboos: A structural equation model to assess Western students' acceptance of Amazonian insect food. In: *Food Research International*, 115 83-89. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.07.027>

- SKOTNICKA, M., KARWOWSKA, K., KŁOBUKOWSKI, F., BORKOWSKA, A., PIESZKO, M. (2021): Possibilities of the Development of Edible Insect-Based Foods in Europe. In: *Foods*, 10 (4) 766. <https://doi.org/10.3390/foods10040766>
- ŠKROBOT, D., PEZO, L., TOMIĆ, J., PESTORIĆ, M., SAKAČ, M., MANDIĆ, A. (2022): Insights into sensory and hedonic perception of wholegrain buckwheat enriched pasta. In: *LWT*, 153 112528. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112528>
- SMETANA, S., ASHTARI LARKI, N., PERNUTZ, C., FRANKE, K., BINDRICH, U., TOEPFL, S., HEINZ, V. (2018): Structure design of insect-based meat analogs with high-moisture extrusion. In: *Journal of Food Engineering*, 229 83-85. p. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2017.06.035>
- SMETANA, S., PALANISAMY, M., MATHYS, A., HEINZ, V. (2016): Sustainability of insect use for feed and food: Life Cycle Assessment perspective. In: *Journal of Cleaner Production*, 137 741-751. p. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.07.148>
- SOGARI, G., AMATO, M., BIASATO, I., CHIESA, S., GASCO, L. (2019): The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. In: *Animals*, 9 (4) 119. <https://doi.org/10.3390/ani9040119>
- SRIPRABLON, J., KITTHAWEE, S., SUPHANTHARIKA, M. (2022): Functional and physicochemical properties of cookies enriched with edible insect (*Tenebrio molitor* and *Zophobas atratus*) powders. In: *Food Measure*, 16 2181–2190. p. <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01324-2>
- STONE, H., BLEIBAUM, R. N., THOMAS, H. A. (2020): Sensory Evaluation Practices. Academic Press, Elsevier. 466 p. <https://doi.org/10.1016/C2017-0-03038-0>
- TACCARI, M., AQUILANTI, L., POLVERIGIANI, S., OSIMANI, A., GAROFALO, C., MILANOVIĆ, V., CLEMENTI, F. (2016): Microbial Diversity of Type I Sourdoughs Prepared and Back-Slopped with Wholemeal and Refined Soft (*Triticum aestivum*) Wheat Flours. In: *Journal of Food Science*, 81 (8) M1996-M2005. p. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.13372>
- TAKAHAMA, S., DILLNER, A. M. (2015): Model selection for partial least squares calibration and implications for analysis of atmospheric organic aerosol samples with mid-infrared spectroscopy. In: *Journal of Chemometrics*, 29 659-668. p. <https://doi.org/10.1002/cem.2761>

- TAN, H. S. G., FISCHER, A. R. H., TINCHAN, P., STIEGER, M., STEENBEKKERS, L.P.A., VAN TRIJP, H. C.M. (2015): Insects as food: Exploring cultural exposure and individual experience as determinants of acceptance. In: *Food Quality and Preference*, 42 78-89. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2015.01.013>
- TAN, H. S. G., VERBAAN, Y. T., STIEGER, M. (2017): How will better products improve the sensory-liking and willingness to buy insect-based foods? In: *Food Research International*, 92 95-105. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.12.021>
- TAO, J., DAVIDOV-PARDO, G., BURNS-WHITMORE, B., CULLEN, E. M., LI, Y. O. (2017): Effects of edible insect ingredients on the physicochemical and sensory properties of extruded rice products. In: *Journal of Insects as Food and Feed*, 3 (4) 263-278. p. <https://doi.org/10.3920/JIFF2017.0030>
- TERRIZZI JR., J. A., SHOOK, N. J., MCDANIEL, M. A. (2013): The behavioral immune system and social conservatism: A meta-analysis. In: *Evolution and Human Behavior*, 34 (2), 99–108. p. <https://doi.org/10.1016/j.evolhumbehav.2012.10.003>
- THAMARAI, P., DEIVAYANAI, V. C., SARAVANAN, A., VICKRAM, A. S., YAASHIKAA, P. R. (2024): Carbon mitigation in agriculture: Pioneering technologies for a sustainable food system. In: *Trends in Food Science & Technology*, 174 104477. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.104477>
- TOMPA, O. (2023): Sustainable Diet Optimization and Analysis Applied on the Hungarian Dietary Patterns (Fenntartható táplálkozás elemzése és optimalizálása magyar táplálkozási mintázatok alapján). *Doktori értekezés*, Magyar Agrár és Élettudományi Egyetem (MATE), Élelmiszertudományi Doktori Iskola. 111 p.
- TOTI, E., MASSARO, L., KAIS, A., AIELLO, P., PALMERY, M., PELUSO, I. (2020): Entomophagy: A Narrative Review on Nutritional Value, Safety, Cultural Acceptance and a Focus on the Role of Food Neophobia in Italy. In: *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 10 (2) 628-643. p. <https://doi.org/10.3390/ejihpe10020046>
- TZOMPA-SOSA, D. A., YI, L., VAN VALENBERG, H. J. F., VAN BOEKEL, M. A. J. S., LAKEMOND, C. M. M. (2014): Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. In: *Food Research International*, 62 1087-1094. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2014.05.052>

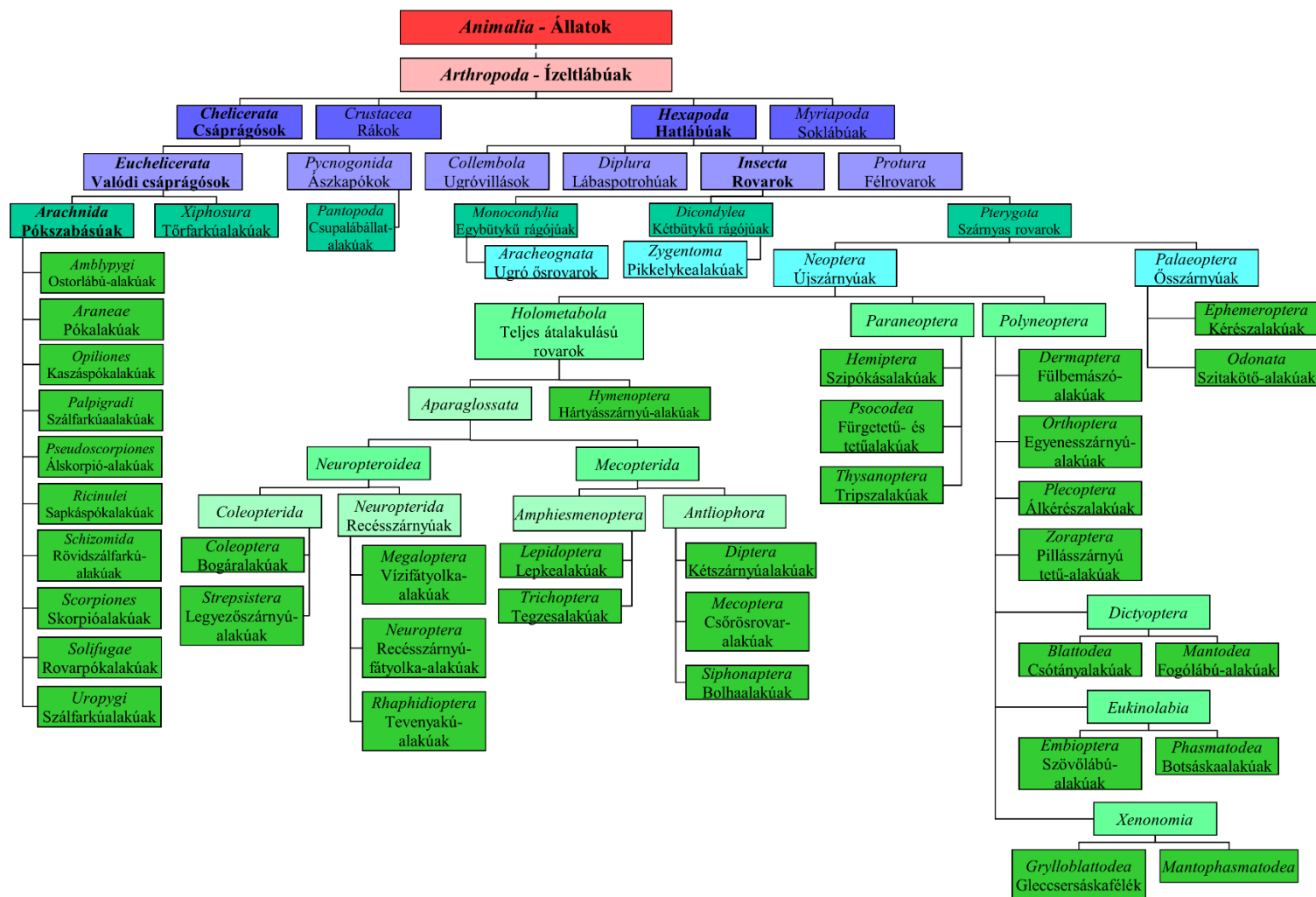
- TYL, C., SADLER, G. D. (2017): pH and Titratable Acidity. 389-406. p. In: NIELSEN, S. S. (Szerk.): *Food Analysis*. Cham: Springer. 649 p. https://doi.org/10.1007/978-3-319-45776-5_22
- ÚTMUTATÓ A TÁPÉRTÉKEK TŰRÉSHATÁRÁNAK MEGÁLLAPÍTÁSÁHOZ (2012): https://elelmiszerlanc.kormany.hu/akadalymentes/download/6/ab/60000/Útmutató_tápértékek_tűréshatárainak_megállapításához_magyar%20fordítás_2013_04_23.pdf
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: útmutató a tápértékjelölés ellenőrzéséhez.
Lekérdezés időpontja: 2023.12.20.
- VAN HUIS, A., RUMPOLD, B., MAYA, C., ROOS, N. (2021): Nutritional Qualities and Enhancement of Edible Insects. In: *Annual Review of Nutrition*, 41 551–576. p. <https://doi.org/10.1146/annurev-nutr-041520-010856>
- VAN HUIS, A., VAN ITTERBEECK, J., KLUNDER, H., MERTENS, E., HALLORAN, A., MUIR, G., VANTOMME, P. (2013): Edible insects: Future prospects for food and feed security. Forestry Paper 171. Róma: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 190 p.
- VERKERK, M. C., TRAMPER, J., VAN TRIJP, J. C. M., MARTENS, D. E. (2007): Insect cells for human food. In: *Biotechnology Advances*, 25 (2) 198-202. p. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2006.11.004>
- WADOOD, S. A., GUO, B., ZHANG, X., WEI, Y. (2019): Geographical origin discrimination of wheat kernel and white flour using near-infrared reflectance spectroscopy fingerprinting coupled with chemometrics. In: *International Journal of Food Science & Technology*, 54 (6) 2045-2054. p. <https://doi.org/10.1111/ijfs.14105>
- WENDIN, K. M. E., NYBERG, M. E. (2021): Factors influencing consumer perception and acceptability of insect-based foods. In: *Current Opinion in Food Science*, 40 67-71. p. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2021.01.007>
- WENDIN, K., OLSSON, V., LANGTON, M. (2019): Mealworms as Food Ingredient – Sensory Investigation of a Model System. In: *Foods*, 8 (8) 319. <https://doi.org/10.3390/foods8080319>
- WERU, J., CHEGE, P., KINYURU, J. (2021): Nutritional potential of edible insects: a systematic review of published data. In: *International Journal of Tropical Insect Science*, 41 2015–2037. p. <https://doi.org/10.1007/s42690-021-00464-0>

- WHO (2024): Malnutrition. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/malnutrition>
Keresőprogram: Google. Kulcsszavak: WHO malnutrition fact sheet. Lekérdezés időpontja: 2024.04.20.
- WILLIAMS, J. P., WILLIAMS, J. R., KIRABO, A., CHESTER, D., PETERSON, M. (2016): Chapter 3 - Nutrient Content and Health Benefits of Insects. 61-84. p. In: DOSSEY, A. T., MORALES-RAMOS, J. A., GUADALUPE ROJAS, M. (Szerk.): *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Academic Press, Elsevier. 385 p. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00003-X>
- WOOLF, E., ZHU, Y., EMORY, K., ZHAO, J., LIU, C. (2019): Willingness to consume insect-containing foods: A survey in the United States. In: *LWT*, 102 100-105. p. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.12.010>
- WORKMAN JR., J., WEYER, L. (2007): Practical Guide to Interpretive Near-Infrared Spectroscopy. Boca Raton: CRC Press. 344 p. <https://doi.org/10.1201/9781420018318>
- XANTHOPOULOS, P., PARDALOS, P. M., TRAFALIS, T. B. (2013): Robust Data Mining. New York: Springer, 59 p. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-9878-1>
- ZHAO, H., GUO, B., WEI, Y., ZHANG, B. (2014): Effects of grown origin, genotype, harvest year, and their interactions of wheat kernels on near infrared spectral fingerprints for geographical traceability. In: *Food Chemistry*, 152, 316-322. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.11.122>
- ZHOU, Y., WANG, D., ZHOU, S., DUAN, H., GUO, J., YAN, W. (2022): Nutritional Composition, Health Benefits, and Application Value of Edible Insects: A Review. In: *Foods*, 11, 3961. <https://doi.org/10.3390/foods11243961>
- ZHU, F. (2016): Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat. In: *Food Chemistry*, 203 231–245. p. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.02.050>
- ZUUR, A. F., IENO, E. N., SMITH, G. M. (2007): Principal coordinate analysis and non-metric multidimensional scaling. 259-264. p. In: ZUUR, A. F., IENO, E. N., SMITH, G. M. (Szerk.): *Analysing Ecological Data. Statistics for Biology and Health*, New York: Springer. 672 p. https://doi.org/10.1007/978-0-387-45972-1_15

Internetes hivatkozások

- Internet 1.: http://biokeys.berkeley.edu/inverts/insect_anatomy.html (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 2.: http://www.jgypk.hu/mentorhalo/tananyag/Biologia/671_a_rovarok_ltalnos_jellemzse.html (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 3.: <https://www.chegg.com/learn/biology/introduction-to-biology/mouthparts-butterfly> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 4.: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780123741448000400> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 5.: <https://www.woolstoneyes.com/flora-and-fauna/insects-and-spiders/> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 6.: <https://www.northernrootsbeeco.com/blog/bee-stings> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 7.: <https://www.vectorstock.com/royalty-free-vector/external-anatomy-of-a-grasshopper-vector-1858196> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 8.: <https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/termeszetudomanyok/biologia/biologia-7-efolyam/a-rovarok-osztalya/a-kifejles-a-saskak-egyedfejlodese> (Hozzáférés ideje: 2023.05.30.)
- Internet 9.: <https://www.thailandunique.com/insect-bug-flour-powder> (Hozzáférés ideje: 2020.06.20.)
- Internet 10.: <https://www.krecafood.com> (Hozzáférés ideje: 2020.06.20.)

M2. MELLÉKLET: A rovarok rendszertanának bemutatása



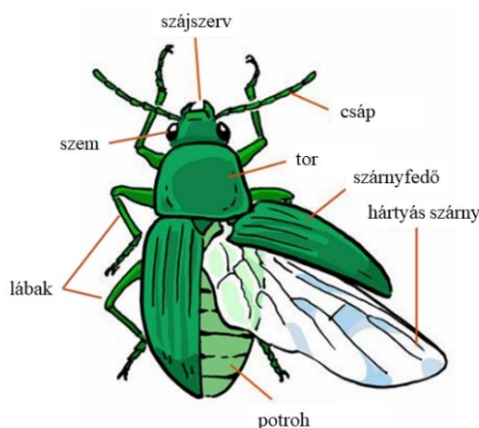
M1. ábra: A rovarok rendszertanának bemutatása az ízeltlábúak törzsétől a rovarrendekig levezetve (ITIS – INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM 2023, LŐRINCZI ÉS TORMA 2020 alapján).

M3. MELLÉKLET: A legigéretesebbnek ítélt ehető rovarokat csoportosító rendek általános morfológiája és életmódja

M3.1 Coleoptera – Bogáralakúak rendje

A jelenleg leírt fajok negyede, kb. 400 000 faj tartozik a bogáralakúak rendjébe, mellyel a rend az állatvilág legnépesebbje. Fajaik igen elterjedtek, szinte minden élőhelytípuson (nyílt, barlangi, erdei, vízi stb.) és ún. mikroélőhelyen (talajban, talajfelszínen, növények egyes részein stb.) előfordulnak. Hazánkban több mint 6000 faj honos. Klasszifikációjuk nehézkes, mivel az ide tartozó fajok nagy száma mellett morfológiai jellemzőik és életmódjuk igen változatos (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020).

A legtöbb faj 2-20 mm nagyságú, de méretük akár a 20 cm-t is elérheti, és néhány tizedmilliméteres fajok is előfordulnak. A diverz méret és morfológia ellenére testfelépítésük közel egységes: fő testtájai a fej, a tor és a potroh (M2. ábra). A tor általában jól elkülönülő előtorra, és összeolvadt közép- és utótorra tagolódik. Testük általában kompakt és kemény, fejük változatos alakú (megnyúlt, széles stb.), rajta rágó típusú szájszerv, általában 11 szegmentumból álló csápok és összetett szemek helyezkednek el.

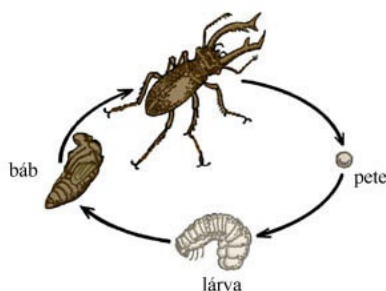


M2. ábra: A Coleoptera rendbe tartozó rovarok általános testfelépítése (Internet 1. alapján).

Az első pár szárnyuk ún. szárnyfedővé (*elytrum*) alakult, amely a potroh és a hátsó szárnyak védelmét szolgálja. A szárnyfedők kemények, nem ereztettek, változatos formájúak és mintázatauk lehetnek.

A hátsó, hártvás szárny pár a repüléshez szükséges szerv, egyes fajok esetében azonban hiányzik. Nyugalomban a szárnyak összehajtvva, a szárnyfedők alatt találhatóak. Ízelt lábaik szintén változatos morfológiát mutatnak: a különböző típusok az életmód függvényében alakultak ki, pl. ásó-, úszó-, vagy futólábak lehetnek (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, KRINSKY 2002).

A bogarak az táplálkozás szempontjából is rendkívül változatosak, *szaprofita* (korhadéklakó), növényevő, húsevő és mindenevő fajokat is ismerünk, mely táplálkozási formák szoros korrelációt mutatnak az élőhelytípussal. Egyedfejlődésük tökéletes átalakulás (*holometamorphosis*), mely négy szakaszból áll: tojás, lárva, báb és kifejlett rovar (*imágó*) (M3. ábra). Lárvaik általában csak a toron viselnek lábakat (*oligopod* lárva), de végtag nélküli lárvaállapotú fajok (apod lárva) is előfordulnak. Bábállapotban jellemzően szabad báb (*pupa libera*) típusú bábbá alakulnak (MOLNÁR 2012).



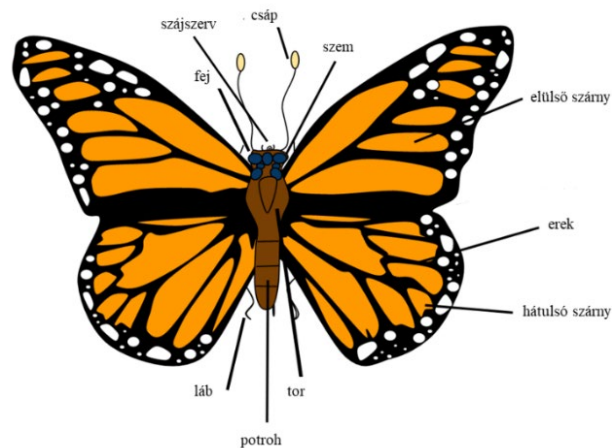
M3. ábra: A teljes átalakulás stádiumai (Internet 2.).

M3.2 Lepidoptera – Lepkék rendje

A jelenleg kb. 157 000 leírt fajt csoportosító *Lepidoptera* a rovarok osztályának egyik legnagyobb rendje (LEGAL 2023). Fajaival leginkább a trópusok, szubtrópusok területén találkozhatunk, de a sarkvidékek kivételével minden területen előfordulnak. Alaptestfelépítésük általános egyöntetűséget mutat, ami a viszonylag egységes életmódjukból ered. Hazánkban kb. 3500 faj honos (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020).

Testük mérete rendkívül változatos: hosszuk a 9 cm-t is elérheti, szárnyfesztávolságuk átlagosan 30 mm, de akár 30 cm is lehet. Fő testtájai a fej, a tor és a potroh (M4. ábra). Testük felszínén festékanyagokat tartalmazó sűrű szőrzet található, ez a szárnyak felületén zsendelyszerűen elhelyezkedő, vízlepergető pikkelyzetként jelenik meg, mely fontos szerepet tölt be a szárnyak aerodinamikájában. A festékanyagokra a környezetükhöz való idomulás miatt van szükség, mi számos fajnál megfigyelhető. Csápjaik nagy morfológiai változatosságot mutatnak, szemek jól fejlett összetett szemek. Szárnyaik általában nagy méretűek és jól fejlettek, lábaik többségében gyengék, kapaszkodásra alkalmasak (HEPPNER 2008).

A lepkefélékre jellemző az *ivari dimorfizmus*, mely megnyilvánulhat a színezet, a szárnyak, a csápok, vagy akár az egész test méretének és alakjának eltéréseiben.



M4. ábra: A Lepidoptera rendbe tartozó rovarok általános testfelépítése pillangón szemléltetve (Internet 3. alapján).

A lepkefélék többsége *fitogfág* életmódot folytat, tehát kizárólag növényekkel táplálkozik, azonban ismertek olyan fajok is, melyek imágó stádiumban egyáltalán nem táplálkoznak. Szájszervük csökevényes, ún. pödörnyelv, mely kizárólag folyékony táplálék felvételére alkalmas, mely általában virágnektár, vagy más növényi nedvek, esetenként mézharmat, vagy más állatok testnedve. Egyedfejlődésük a bogarakhoz hasonlóan *holometamorphosis*, potrohukon is végtagokat viselő ún. *polipod* lárváikat hernyóknak nevezzük. A hernyók testfelépítése nagyban eltér az imágókéétől (M5. ábra), színük és alakjuk fajonként eltérő, rendkívül változatos. Az imágókkal ellentétben a hernyók szájszerve rágó típusú, így szilárd táplálék felvételére is alkalmas. Életmód szempontjából is különböznek a kifejlett egyedektől: törmelékevő, parazita és ragadozó hernyókat is ismerünk.

A bábállapot során jellemzően múmiabábbá (*pupa obtectata*) alakulnak. A bábozódáshoz a hernyók selyemszövő mirigyeik váladékát használják, melyből változatos méretű gubót szőnek maguk köré. A bábokból kikelő imágók élettartama rövid, sok esetben csupán pár nap, de ismertek olyan fajok is, amelyek élettartama jóval hosszabb: előfordul, hogy imágó-formában telelnek át (MOLNÁR 2012).

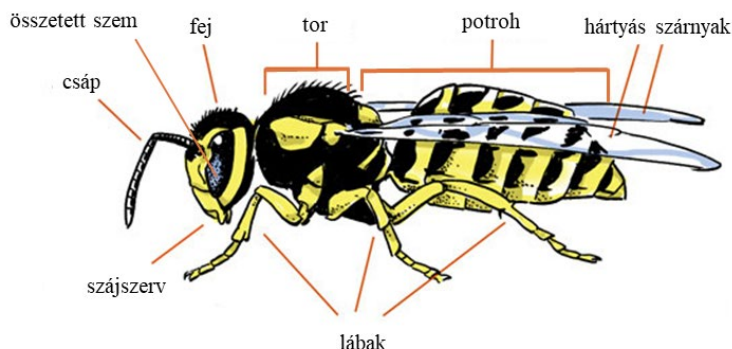


M5. ábra: A selyemlepke (*Bombyx mori*) lárvája, a selyemhernyó (Internet 4.).

M3.3 Hymenoptera – Hártyásszárnyúak rendje

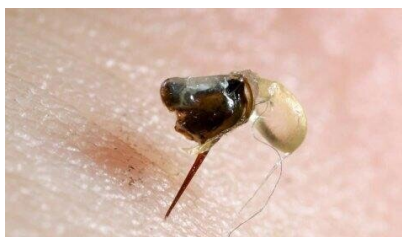
A kb. 150 000 fajt számláló Hymenoptera egyike a legfajgazdagabb és legfejlettebb rovarrendeknek, amelynek *kozmpopolita* fajai, pl. a darazsak, méhek és hangyák a bolygó szinte minden égövén elterjedtek a magashegységek és a sarkkörök kivételével. A rend neve a görög *hymen*, azaz hártya, valamint a *pteron*, azaz szárny szavak összetételéből származik. Alkatuk és életmódjuk igen sokszínű, Magyarországon több mint 10 000 fajuk ismert (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, EVERSON 2014).

Testméretük rendkívül változatos, pár tizedmillimétertől akár a 60 mm-ig is terjedhet, szárnyfesztávolságuk pedig akár a 120 mm-t is elérheti. Színezetük általában *apozematikus*, azaz riasztó, kontrasztos (pl. fekete-sárga) vagy fémszínű. Fő testtájai a rovarok többségéhez hasonlóan a fej, a tor és a potroh, azonban első potrohszelvényük a torhoz kapcsolódik (M6. ábra). Két pár hártyás szárnyal rendelkeznek, melyek a torhoz ízesülnek, a hátsó pár általában kisebb méretű. Csápjaik a fejüknél hosszabbak, szemeik összetettek, lábaik jellemzően járólábak. Szájszervük legtöbbször rágó típusú, azonban a nektárgyűjtő fajok esetében a nyaló szájszerv is előfordul. Az ivari dimorfizmus mind a színezet, mind a testméret esetében igen jellemző számos, a rendbe tartozó faj esetében (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, MOLNÁR 2012).



M6. ábra: A Hymenoptera rendbe tartozó rovarok általános testfelépítése darázson szemléltetve (Internet 5. alapján).

A hártyásszárnyúak fontos szerve az ún. *ovipositor*, vagyis a tojócső, amely számos faj esetében szúrásra alkalmas, méregzacskóhoz kapcsolódó fullánkká alakult át evolúciójuk során (M7. ábra). A fullánk lehet mozgatható, de a szúrás során ki is szakadhat, mely a példány pusztulásához vezethet. Szerepe a zsákmány- vagy gazdaszerzés, illetve a védekezés. A méregmirigy által termelt toxin általában erős fájdalmat, vagy bénulást kiváltó, az idegrendszerre ható *neurotoxin* (Quicke, 2009).



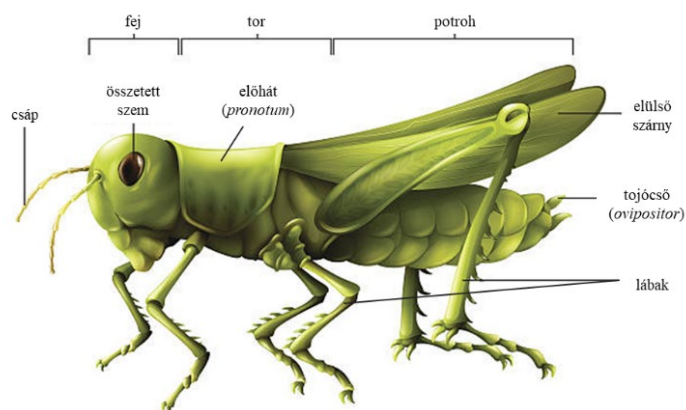
M7. ábra: Háziméh (*Apis mellifera*) kiszakadt fullánkja a méregzacskóval (Internet 6.).

A hártácsszárnyúak életmódja rendkívül változatos, vannak köztük növényevő, *parazitoid*, azaz élősködő, és ragadozó, magányosan élő és fejlett társas (*eusziális*) fajok egyaránt, mint pl. a háziméh (*Apis mellifera*), vagy a fekete hangya (*Lasius niger*). A parazitoid életmód leginkább lárvakorban jellemző, az imágók általában fitofágok, vagy ragadozók. Számos faj, pl. a német darázs (*Vespa germanica*) esetében fejlett ivadékgondozás figyelhető meg. A rend fajaira jellemző ivari dimorfizmus oka a nemekre ható eltérő szelekciós hatás, mely a „feladatukból” ered. A hím egyedek életideje általában rövid, fő feladatuk a nőtények megtermékenyítése. A nőtények élettartama szignifikánsan hosszabb, amelynek nagy részét ivadékaik gondozásával (táplálékszerzés, védekezés) töltik. Egyedfejlődésük a bogáralakúak és a lepkék rendjének fajaihoz hasonlóan teljes átalakulás (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, EVERSON 2014, QUICKE 2009).

M3.4 Orthoptera – Egyenesszárnyúak rendje

Az Orthoptera rend jelenleg kb. 24 000 leírt fajjal rendelkezik, azonban a becslések alapján ez a szám a még nem azonosított fajok rendszerezésével akár a duplájára is emelkedhet. A rendbe szárazföldi fajok, szöcskék, tücskök és sáskák tartoznak. A rend neve a görög *orthos*, azaz egyenes, valamint a *pteron*, azaz szárny szavakból származik, fajainak becsült száma Magyarországon 120 körüli. A Föld leghidegebb területeinek kivételével az egész világon előfordulnak, azonban a trópusokon a leggyakoribbak (INGRISCH ÉS RENTZ 2009, MAGYAR ROVARTANI TÁRSASÁG 2017).

A kifejlett példányok mérete néhány millimétertől több centiméterig terjedhet. A rendbe tartoznak a bolygó legnagyobb méretű rovarjai is: testük hossza meghaladhatja a 11 cm-t, szárnyfesztávolságuk pedig akár 22 cm is lehet. Az Orthoptera fajok könnyen felismerhetők a jellegzetes hátsó pár lábaikról, melyek erős, fejlett izomzattal rendelkező ugrólábak. Fő testtájai a fej, a tor és a potroh, a rend fajainak jellegzetessége a nyeregszerű előhát (*pronotum*) (M8. ábra). Két pár szárnyal rendelkeznek: az elülsők nem átlátszó, hosszúkás szárnyak, amíg a hátulsók hártás, átlátszóak, háromszög alakúak. Színezetük nagyrészt *kriptikus*, azaz rejtő színezet. Nagy méretű fejükön általában jól fejlett összetett szemek, rágó típusú szájszerv, valamint változatos méretű csápok találhatóak. (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, INGRISCH ÉS RENTZ 2009).

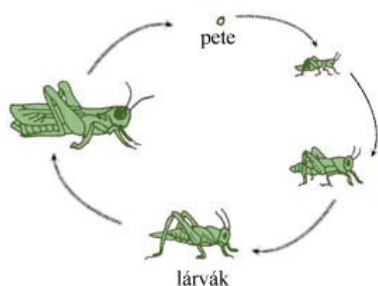


M8. ábra: Az Orthoptera rendbe tartozó rovarok általános testfelépítése sáskán szemléltetve (Internet 7. alapján).

Az egyenesszárnyúak fajaival leggyakrabban összefüggésbe hozott jellemző a hím egyedek hangképzése. A madarak hangképzéséhez hasonlóan ennek három fő funkciója van: a párkeresés, a területmegjelölés és a rivalizálás, valamint a riasztás (pl. ragadozó jelenléte esetén). A hangképzés fajspecifikus, a szárnyak tövében, vagy a combok belső oldalán kialakult ciripelőszervvel és a szárnyak összedörzsölésével történik. Ennek következtében alakultak ki hallószerveik (*tympanális* szervek), számos faj kiváló hallással rendelkezik (NASKRECKI 2013).

Az egyenesszárnyúak szinte minden szárazföldi ökoszisztémának fontos tagjai, mind mint növényevők, ragadozók, vagy zsákmányállatok. Egyes szöcskefajok, leginkább a sáskák (pl. csoportos kitörései hatalmas veszteségeket okoztak és okozhatnak a mezőgazdaságnak, azonban populációk dinamikájának jobb megértése, valamint a kémiai és biológiai védekezési módszerek fejlődésének köszönhetően ma már könnyebben kezelhető ez a probléma (NASKRECKI 2013, MOLNÁR 2012).

Egyedfejlődésük *kifejlés*, azaz közvetlen fejlődés (*paurometabolia*) (M9. ábra), mely kb. 4-11 vedlés útján valósul meg. A lárvák és az *imágók* külső megjelenése és életmódja egymáshoz nagyon hasonló, azonban a lárvaállapotban az egyedek szárnyai és ivarszervei általában hiányoznak. Érdekes, hogy egyes fajoknál a *parthenogenezis*, azaz a szűznemzés is előfordulhat (LŐRINCZI ÉS TORMA 2020, MOLNÁR 2012).



M9. ábra: ábra: A kifejlés stádiumai (Internet 8.)

M4. MELLÉKLET: Az Európai Unióban engedélyezett ehető rovarfajokból készült termékek élelmiszerekben való felhasználásának feltételei

M1. táblázat: A szárított *Tenebrio molitor* (közönséges lisztbogár) lárva felhasználási feltételei ((EU) 2021/882 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)
Fehérjetermékek	10
Kekszek	10
Hüvelyesekből készített ételek	10
Tésztaalapú termékek	10

M2. táblázat: A fagyasztott, szárított és por formában lévő *Locusta migratoria* (keleti vándorsáska) felhasználási feltételei ((EU) 2021/1975 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)	
	Fagyasztott rovar	Szárított vagy por formában lévő rovar
Feldolgozott burgonyatermékek; hüvelyesekből készített ételek és tésztaalapú termékek	15	5
Húshelyettesítők	80	50
Levesek és leveskoncentrátumok	15	5
Konzerv/üvegben kiszerezelt hüvelyesek és zöldségek	20	15
Saláták	15	5
Sörszerű italok, alkoholos italkeverékek	2	2
Csokoládétartalmú édességek	30	10
Diófélék, olajos magvak és csicszeriborsó		20
Fagyasztott savanyútej-alapú termékek	15	5
Kolbász	30	10

M3. táblázat: A *Tenebro molitor* (közönséges lisztbogár) fagyasztott, szárított és por formában lévő lárvájának felhasználási feltételei ((EU) 2022/169 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)	
	Fagyasztott rovar	Szárított vagy por formában lévő rovar
Sokmagvas kenyér és zsemlefélék; sós kekszek (kréker) és sós pálcika	30	10
Müzliszeletek	30	15
Száraz tésztaalapú termékek; tésztaalapú ételek (a szárított puffasztott tészta kivételével); pizza és pizzaszerű ételek	15	10
Száraz, töltött tésztaalapú termékek	30	15
(Száraz) előkeverékek sült sütőipari termékekhez	30	15
Szósztok	30	10
Burgonyából, hüvelyesekből készült ételek	15	10
Savópor	40	20
Húshelyettesítők	80	50
Levesek és saláták	20	5
Chips/burgonyaszírom	40	20
Sörszerű italok; kevert alkoholtartalmú italok; keverékek alkoholtartalmú italokhoz	1	1
Csokoládétartalmú édességek	30	10
Diófélék, olajos magvak és csicseriborsó	40	30
Fagyasztott savanyútej-alapú termékek	15	5
Előkészített hús	40	16

M4. táblázat: A fagyasztott, szárított és por formában lévő *Acheta domesticus* (házi tücsök) felhasználási feltételei ((EU) 2022/188 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)	
	Fagyasztott rovar	Szárított vagy por formában lévő rovar
Fehérjetermékek a húshelyettesítők kivételével	40	20
Kenyér és zsemlefélék	30	10
Pékáru, gabonaszeletek és töltött tésztatermékek	30	15
Kekszek	30	8
Tésztaalapú termékek (száraz)	3	1
Levesek és leveskoncentrátumok vagy -porok	20	5
Feldolgozott burgonyatermékek, zöldség- és gyümölcsalapú ételek, valamint tészta- vagy pizzaalapú termékek	15	5
Kukoricaliszt-alapú „snack” termékek	40	20
Sörszerű italok, alkoholos italkeverékek	1	1
Diófélék, olajos magvak és csicseriborsó	40	25
Szósztok	30	10
Előkészített hús	40	16
Húshelyettesítők	80	50
Csokoládétartalmú édességek	30	10
Fagyasztott savanyútej-alapú termékek	15	5

M5. táblázat: Az *Acheta domesticus*ból (házi tücsök) előállított, részben zsírtalanított por felhasználási feltételei ((EU) 2023/5 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)
Sokmagvas kenyér és zsemlefélék; sós kekszek (kréker) és sós pálcika	2
Müzliszeletek	3
Sütött termékekhez használt előkeverékek (száraz)	3
Kekszek	1,5
Tésztaalapú termékek (száraz)	0,25
Töltött tésztaalapú termékek (száraz)	3
Szósok	1
Feldolgozott burgonyatermékek, hüvelyesekből készített és zöldségalapú ételek, pizza és tésztaalapú ételek	1
Savópor	3
Húshelyettesítők	5
Levesek és leveskoncentrátumok vagy -porok	1
Kukoricaliszt-alapú snackek	4
Sörszerű italok	0,1
Csokoládétartalmú édességek	2
Diófélék és olajos magvak	2
Chipsektől eltérő snackek	5
Előkészített hús	2

M6. táblázat: A fagyasztott, pépesített, szárított és por formában lévő *Alphitobius diaperinus* (alombogár) lárvák felhasználási feltételei ((EU) 2023/58 VÉGREHAJTÁSI RENDELET alapján).

Élelmiszer-kategória	Maximálisan felhasználható mennyiség (g/100 g élelmiszer)		
	Fagyasztott vagy pépesített rovar	Szárított rovar	Por formában lévő rovar
Müzliszeletek	-	25	25
Kenyér és zsemlefélék	-	-	20
Feldolgozott és reggeli gabonapelyhek	-	10	10
Kása	-	-	15
(Száras) előkeverékek sütött sütőipari termékekhez	-	-	10
Száras tésztaalapú termékek	-	-	10
Töltött tésztaalapú termékek	28	-	10
Savópor	-	-	35
Levesek	-	-	15
Gabona-, tésztaalapú ételek	-	-	5
Pizzaalapú ételek	-	5	5
Metélt	-	-	10
Chipsektől eltérő snackek	-	10	10
Chips/burgonyaszírom	-	-	10
Sós kekszek (kréker) és sós pálcika	-	-	10
Amerikai mogyoróvaj	-	-	15
Fogyasztásra kész, pikáns szendvicsek	-	-	20
Előkészített hús	14	-	5
Húshelyettesítők	40	-	15
Tej- és tejtermék-helyettesítők	-	-	10
Csokoládétartalmú édességek	-	-	5
A felnőtt népességnek szánt, a 2002/46/EK irányelvben* meghatározott étrend-kiegészítők	-	-	4 g/nap

*Az Európai Parlament és a Tanács 2002/46/EK irányelve (2002. június 10.) az étrend-kiegészítőkre vonatkozó tagállami jogszabályok közelítéséről.

M5. MELLÉKLET: A felhasznált őrlemények csomagolásai



M10. ábra: A felhasznált őrlemények csomagolásainak frontoldala (Internet 9. és Internet 10. alapján).

M6. MELLÉKLET: Az érzékszervi bírálati módszerek csoportosítása

M7. táblázat: Az érzékszervi bírálatok csoportosítása bírálók képzettsége alapján (STONE et al. 2020, LAWLESS ÉS HEYMANN 2010, KÓKAI 2003, MSZ EN ISO 11136:2017, MSZ EN ISO 8586:2014).

<u>Képzett panellel végzett bírálat</u>	Bírálat típusa	<u>Fogyasztói panellel végzett bírálat</u>
Kiválasztott (képzett) és/vagy szakértő bírálók	A bírálók	Képzetlen bírálók
Szükséges (MSZ EN ISO 8586:2014): -Szín, illat, ízfelismerés -Továbbképzések, teljesítményvizsgálatok (ismétlő- és megkülönböztető-képesség) -Termékspecifikus képzés -Módszertani ismeretek	Képzettség, termékismeret	Nem szükséges (MSZ EN ISO 11136:2017)
Minimum 10 fő (MSZ EN ISO 8586:2014)	Résztevők száma	Minimum 60 fő (MSZ EN ISO 11136:2017)
Analitikus, összetettebb kérdőívek, skálák	Kérdésfeltevés, válaszadás	Kedveltségre irányuló, egyszerű kérdőívek, skálák
Hosszabb, akár több óra időtartamú bírálat	Időtartam	Rövid, akár pár perc időtartamú bírálat

M8. táblázat: Az érzékszervi módszerek csoportosítása a módszerek elve alapján (STONE et al. 2020, LAWLESS ÉS HEYMAN 2010, KÓKAI 2003, MSZ EN ISO 4120:2021, MSZ ISO 8588:2018, MSZ EN ISO 13299:2016, MSZ ISO 8587:2014).

<u>Különbségvizsgálati módszerek</u>	<u>Rangsorolási módszerek</u>	<u>Leíró és értékelő módszerek</u>
<p>Kérdésfeltevés: -Általános: van-e különbség a minták között -Specifikus: egy bizonyos tulajdonságra, kedveltségre irányuló kérdések</p> <p>Módszertípusok: -Egyoldali különbségvizsgálat: a minták természetéből adódó különbségek egyértelműek, így <u>létezik helyes válasz</u> -Kétoldali különbségvizsgálat: a minták természetéből adódó különbségek nem egyértelműek, így <u>nem létezik helyes válasz</u></p> <p>Válaszadás módja: -Kötelező („forced choice”) -Nem kötelező (a "nincs különbség" válasz megengedett)</p> <p>Példamódszerek: -háromszög teszt (MSZ EN ISO 4120:2021), -„A”- „not A” teszt (MSZ ISO 8588:2018)</p>	<p>Kérdésfeltevés: A minták sorrendjének felállítása egy bizonyos tulajdonság alapján</p> <p>Módszertípusok: -Ismert rangsorú minták vizsgálata: <u>létezik helyes rangsor</u> (pl. egy tulajdonság intenzitása alapján felállított rangsor) -Ismeretlen rangsorú minták vizsgálata: <u>nem létezik helyes rangsor</u> (pl. kedveltségi rangsor)</p> <p>Válaszadás módja: -Strukturált, vagy strukturálatlan skálák, -Optimumskála, kategóriaskála</p> <p>Példamódszerek: -egyszerű rangsorolás (MSZ ISO 8587:2014) -kategóriába sorolás</p>	<p>Kérdésfeltevés: A vizsgált minták leírása a terméktulajdonságok feltérképezésével</p> <p>Módszertípusok: -Kvantitatív: a jellemző tulajdonságok és azok intenzitásának meghatározása -Kvalitatív: csak a jellemző tulajdonságok meghatározása -Pontozásos: a termék minőségi értékelése előre megadott szempontok alapján (súlyfaktorokkal)</p> <p>Válaszadás módja: -Szabadszavas -Előre megadott kifejezések használata -Skálák használata</p> <p>Példamódszerek: -érezékszervi profil (MSZ EN ISO 13299:2016), -Free Choice Profiling (FCP) -termékspecifikus érzékszervi vizsgálati szabványok</p>

M7. MELLÉKLET: Az ehető rovarokat tartalmazó termékek bírálói számára készített tájékoztató

Szent István Egyetem
Élelmiszertudományi Kar
ÁRUKÉZELÉSI ÉS ÉRZÉKSZERV MINŐSÍTÉSI TANSZÉK
ÉRZÉKSZERV MINŐSÍTŐ LABORATÓRIUM



NYILATKOZAT

A Szent István Egyetem Élelmiszertudományi Doktori Iskola doktorandusz hallgatójaként **ehető rovarokkal komplettált élelmiszerek érzékszervi vizsgálatával** kapcsolatos kutatást végzek. A kutatás a tanszékvezető és a Doktori Iskola tudtával és beleegyezésével zajlik.

Érdeklődésünk középpontjában az áll, hogy az **ehető rovarokkal komplettált élelmiszerek érzékszervi jellemzőit mennyiben változtatja meg a felhasznált ehető rovar alapanyag**. A vizsgálat során ehető rovar örlemények érzékszervi minősítése a feladat, amely során a termékek küllem, szag, íz és állomány tulajdonságainak vizsgálata a történik. A vizsgálat anonim módon, önkéntes alapon történik. Az eredményeket tudományos előadás, szakcikk és PhD dolgozat formájában kívánjuk bemutatni. Az eredményeket és a tesztek az Érzékszervi Minősítő Laboratóriumban őrizzük.

A vizsgált élelmiszerek az alábbi allergéneket tartalmazhatják: glutént tartalmazó gabonaféle, rovar, mely keresztallergénként viselkedhet **rákfélékkel** és **puhatestűekkel** fennálló allergia esetén.

Ha kérdése van a kutatással kapcsolatban, keressen meg a megadott e-mailen. Amennyiben további információkra van szüksége, kérjen tájékoztatást témavezető oktatómtól.

A vizsgálat során rögzített információkat a **személyiségi jogok védelme érdekében** a személyes felismerhetőség jegyeinek titokban tartásával dolgozom fel anonim módon. Az adatokat statisztikai célokra, általános összefüggések feltérképezésére használom.

Kutatásvezető: Biró Barbara

Kutatásvezető elérhetősége: barbarabirophd@gmail.com

Témavezető oktató: dr. Gere Attila

Az oktató elérhetősége: gere.attila@etk.szie.hu

Kérjük, hogy az alábbi nyilatkozatot aláírva nyilatkozzon arról, hogy az elmondott és leírt információkat megértette és a kutatásban ezek teljes tudatában, önkéntesen vesz részt.

Alulírott (résztevő nyomtatott betűvel írt neve)
nyilatkozom arról, hogy az elmondott és leírt információkat meghallgattam és elolvastam, megértettem, és a kutatásban ezek teljes tudatában, önkéntesen veszek részt. Az esetleges egészségügyi következményekért a kutatást vezetőket felelősség nem terheli.

Budapest, 2019.

Aláírás:

M8. MELLÉKLET: Az alkalmazott adatelemző és -értékelő módszerek részletes bemutatása

M8.1 Varianciaanalízis (Analysis of Variance, ANOVA)

A varianciaanalízis a magyarázó modellek közé tartozó paraméteres módszer, amely független változók hatását vizsgálja függő változókra. Segítségével megállapítható, hogy egy vagy több független változó egyes kimenetei hogyan befolyásolják egy függő változó értékeit. A módszer a kapott eredmények átlagai közti különbséget, az ezekhez tartozó szórásnégyzetek változásait elemzi. Az ANOVA elemzés segítségével tehát megállapítható, hogy a mért értékek között van-e szignifikáns különbség. Mivel az ANOVA csak arra a kérdésre ad választ, hogy van-e szignifikáns különbség a minták között, ezért a csoportátlagok különbözőségét Tukey-féle post hoc teszttel ellenőriztem (SAJTOS ÉS MITEV 2007).

M8.2 Kruskal-Wallis teszt

A Kruskal-Wallis teszt vagy Kruskal-Wallis H-teszt az egytényezős ANOVA elemzés nem paraméteres változata, amelyet abban az esetben célszerű használni, amikor a paraméteres teszt valamely feltétele (pl. az adatok normál eloszlása) nem teljesül. A teszt segítségével szintén az állapítható meg, hogy a mért értékek között van-e szignifikáns különbség. A csoportátlagok különbözőségét Conover-Iman post hoc teszttel ellenőriztem, amely egy olyan, a Kruskal-Wallis teszthez fejlesztett post hoc teszt, amely nem követeli meg az adatsor bármilyen speciális eloszlást vegyen fel (HOFFMAN 2019).

M8.3 Főkomponens elemzés (Principal Component Analysis, PCA)

A főkomponens elemzés egy, az adatok összesített elemzéséhez használt, többváltozós statisztikai módszer. Adatredukciós eljárás, amely alkalmas az adatkészlet mintázatainak feltárására, és a kiugró értékek vizsgálatára. A módszer elve, hogy azonosítja azokat a „látens” változókat, azaz főkomponenseket, amelyek az információ legnagyobb részét hordozzák. A főkomponenseknek ez után olyan kombinációját határozza meg, amelyek egymással a legkevésbé korrelálnak, ezzel leírva a minták és a vizsgált terméktulajdonságok közti különbségeket. A kapcsolatok vizuális ábrázolására alkalmas az ún. „*biplo*t” ábra, amelyen minél közelebb áll egymáshoz két adatpont, annál erősebb azok korrelációja (SAJTOS ÉS MITEV 2007).

M8.4 NIR spektrumok adatelőkezelése – Sornormalizálás (Standard Normal Variate, SNV) és spektrumderiválás

A legjelentősebb spektrális különbségek feltárása érdekében a vizsgált rovarőrlemények és rovarőrlemény-búzaliszt keverékek átlagos spektrumain spektrumderiválást és sornormalizálást alkalmaztam adatelőkezelésként. Az SNV esetében a szórást úgy távolítjuk el, hogy minden spektrumot a teljes spektrális tartományra vonatkozó szórással normalizálunk (DUCKWORTH 2004). Az irreleváns adatok és a zaj kiszűrése érdekében a spektrumok kiértékelési tartománya az előkezelést követően 9000 és 3800 cm^{-1} közé esett.

A spektrumderiválás segítségével a csúcsok és az abszorpciós sávok szétválnak, a második derivált spektrumon völgyként jelenik meg az, ami az eredeti spektrumon csúcsként, így a kiértékelése egyszerűbbé válik. A felvett NIR spektrumok elemzése a szakirodalommal való összehasonlítással történt (BEĆ et al. 2021, WORKMAN ÉS WEYER 2007).

M8.5 Hierarchikus klaszterelemzés (Hierarchical Cluster Analysis, HCA)

A hierarchikus klaszterelemzés egy felügyeletlen osztályozó statisztikai módszer, amely az adatokban rejlő, előre nem ismert csoportok létrehozására alkalmas. Az adatok klaszterezéséhez kulcsfontosságú az egyes adathalmazok közötti távolság kiszámítása, ennek eredménye az ún. távolságmátrix (ESSARY et al. 2022). Ezen távolságmátrix alapján úgynevezett összevonó eljárás segítségével határozható meg, hogy mely esetek tartoznak azonos csoportba (klaszterbe). A klaszterezés jóságát és az optimális klaszterszámot klaszterezési indexek segítségével adhatjuk meg (GERE 2023).

A rovarőrlemények osztályozásához többféle távolságmérika és összevonási módszer kombinációit teszteltem, és a Silhouette index alapján értékeltém azokat. Ez az érték minél közelebb van az 1-hez, annál jobban illeszkednek az adatok a saját klaszterekbe (ROUSSEEUW 1987). A legmagasabb Silhouette index-értéket négyzetes euklideszi távolság és a Ward-módszer kapták, így ezeket alkalmaztam az elemzéshez.

M8.6 Többszörös faktoranalízis (Multiple Factor Analysis, MFA)

A többszörös faktoranalízis a PCA kiterjesztése, egy megfigyelésből származó több változóhalmaz, vagy több megfigyelés esetén egy változóhalmaz szimultán elemzésére szolgáló többváltozós statisztikai módszer. Mivel PCA-n alapul, ez is egy adatredukciós eljárás, amely kis számú, az összefüggő változók közötti kapcsolatot jellemző „látens” változókat, azaz faktorokat azonosít. A módszert leginkább abban az esetben célszerű alkalmazni, amikor több változócsoporthat lehet azonosítani. Saját kutatásom esetében ilyen változócsoporthat a

rovarőrlemények makroösszetétele, érzékszervi profilja, valamint NIR spektrális adatai. Az elemzés segítségével feltérképezhetők és vizualizálhatók a változócsoportok között közvetlenül meg nem figyelhető összefüggések és mintázatok (ABDI et al. 2013).

M8.7 Lineáris diszkriminancia-analízis (Linear Discriminant Analysis, LDA)

A lineáris diszkriminancia-analízis a PCA-hoz hasonló osztályozási módszer, amely a független változók olyan lineáris kombinációit azonosítja, amelyek a függő változók alapján kialakított csoportokat a lehető legjobban elkülönítik. A módszer azonosítja azt a k -dimenziós térben lévő vetítési hipersíkot, amely minimalizálja a minták osztályain belüli szórást, tehát csökkenti az osztályokon belüli távolságokat, és maximalizálja az osztályok vetített átlagai közötti távolságot, így elkülönítve az egyes csoportokat (XANTHOPOULOS et al. 2013).

Az LDA-t a rovarőrlemény-búzaliszt keverék minták rovarfaj szerinti osztályozására használtam a vízhez kapcsolódó abszorpciós sávok eltávolítását követően, így az elemzést a 9000-7313, 6557-5384 és 4968-3857 cm^{-1} hullámszám-tartományok bevonásával, PCA alapján azonosított 20 főkomponens-szám felhasználásával végeztem el.

M8.8 Parciális legkisebb négyzetek regresszió (Partial Least Squares Regression, PLSR)

A lineáris regresszió egy olyan statisztikai módszer, amelynek segítségével meghatározható és leírható a lineáris kapcsolat két változó között. Ha két változó egymással lineáris kapcsolatban van, akkor az egyik segítségével előre jelezhetjük a másik értékét olyan módon, hogy a független változó hatását vizsgáljuk a függő változóra. Az eljárás során az adatpontokra legjobban illeszkedő egyenest keressük, amely a mérési pontoktól a lehető legkisebb távolságra van (HOPE 2020). A PLSR egy többváltozós regressziós módszer, amelynek segítségével egy adatmátrix információtartalmát vethetjük össze több másik adatmátrixszal. A módszer csökkenti a változók számát olyan módon, a meglévő változókat (ez esetben a NIR spektrális adatokat) kevesebb, „látens” változóba, azaz PLS faktorokba rendezi úgy, hogy csökkenti az egymással korreláló független változók számát. Ennek következtében a PLSR kiválóan alkalmazható a NIR spektrális adatokon alapuló becslésre, mivel akkor is kezeli az adathalmazokat, ha a változók száma sokkal nagyobb, mint a minták száma (BENES et al. 2020).

A rovarőrlemények mennyiségét becsülő modellhez a NIR spektrális adatokat és a keverékekben található őrlemények mennyiségét használtam. A modellek teljesítményértékeléséhez különböző statisztikai mutatókat használtam, ezek a determinációs együttható (*coefficient of determination*, R^2), az átlagos négyzetes hibaérték (*Root Mean Square Error of Cross Validation*, RMSECV), a keresztellenőrzésre vonatkozó determinációs együttható (*goodness of validation using cross*

validation, Q^2), valamint az arányos teljesítményeltérés (*Ratio Performance Deviation*, RPD). A mutatók értékeinek meghatározása ismert matematikai összefüggések segítségével történt (TAKAHAMA ÉS DILLNER 2015).

M8.9 Korrelációelemzés – Pearson-féle korrelációelemzés

A korrelációelemzés két folytonos változó közti kapcsolat irányának és szorosságának leírására szolgáló módszer. A korreláció mérőszáma a korrelációs együttható, amely a korreláció irányát és erősségét mutatja meg. Amennyiben az adatok normál eloszlásúak, Pearson-féle korrelációt alkalmazunk, ilyenkor a korrelációs együttható a Pearson-féle r -érték.

Lineáris korreláció esetében az r érték minimum -1 és maximum 1 közötti értéket vehet fel. Abban az esetben, ha az érték 0, a változók között nincs kapcsolat, egymástól függetlennek tekinthetők. Amennyiben az érték 1, a változók tökéletes összhangban vannak, tehát korrelálnak, köztük szoros egyenes arányosság áll fenn. Ha az érték -1, a két változó abban az esetben is korrelál, azonban szoros fordított arányosság áll fenn közöttük. Amennyiben a korrelációs együttható értéke nagyobb vagy egyenlő, mint 0,7, erős pozitív, ha kisebb vagy egyenlő mint -0,7 erős negatív korrelációról beszélünk. A korrelációs együtthatón végzett szignifikancia vizsgálattal megadható, hogy a kiszámított korrelációs koefficiens szignifikánsnak tekinthető-e (SAJTOS ÉS MITEV 2007).

M8.10 Cochran-féle Q teszt (Cochran's Q test)

A Cochran-féle Q-teszt, egy olyan statisztikai eljárás, amely kontingencia-táblázatokba rendezett kategorikus adatok elemzésére használható. Az elemzés dichotóm (bináris) adathalmazokban több csoportra vonatkozó arányok konzisztenciáját értékeli. A Cochran-teszt célja annak meghatározása, hogy egy adott kimenetel arányai konzisztensek-e a különböző csoportok között (ASLAM 2023).

Az AD örleménnyel dúsított kekszek CATA analízise során a Cochran-féle Q-tesztet a vizsgált minták és a terméktulajdonságok függetlenségének vizsgálatára, a vizsgált mintákat szignifikáns mértékben megkülönböztető tulajdonságok kiszűrésére használtam.

M8.11 Korrespondencia analízis (Correspondence Analysis, CA)

A korrespondencia analízis egy többváltozós, exploratív eljárás, amely egy adattábla (keresztábla) sor- és oszlopváltozói közötti kapcsolatot vizsgálja. A módszer tekinthető a PCA általánosításának, amely ordinális adatok közötti asszociációk felderítésére is használható. Segítségével a kvalitatív változók közötti kapcsolat is vizsgálható és vizualizálható olyan módon,

hogy a módszer a kereszttábla sorait és oszlopait úgy skálázza, hogy azok mindegyike ábrázolhatóvá váljon ugyanabban a redukált dimenziószámú térben (MEYNERs et al. 2013, MCEWAN ÉS SCHLICH 1991).

Az AD örleménnyel dúsított kekszek CATA analízise során a korrespondancia analízist a vizsgált minták és a terméktulajdonságok kereszttáblájának vizualizálására és értelmezésére, az egyes minták és terméktulajdonságok közötti összefüggések vizsgálatára használtam.

M8.12 Főkoordináta elemzés (Principal Coordinate Analysis, PCoA)

A főkoordináta-elemzés egy a PCA-hoz hasonló, az adatok összesített elemzéséhez használt, többváltozós, adatredukción alapuló statisztikai módszer. A két módszer közti alapvető különbség, hogy amíg a PCA csak kvantitatív változók esetében használható, a PCoA kvalitatív adatokon is futtatható. A módszer célja egy távolságmátrix kiszámítása és egy alacsony dimenziós (általában két vagy három) euklideszi térben egy grafikus konfiguráció létrehozása, úgy, hogy a konfiguráció pontjai közötti, Pitagorasz-tétel által mért távolságok a lehető legjobban tükrözzék a pontok közti eredeti távolságokat (ZUUR et al. 2007).

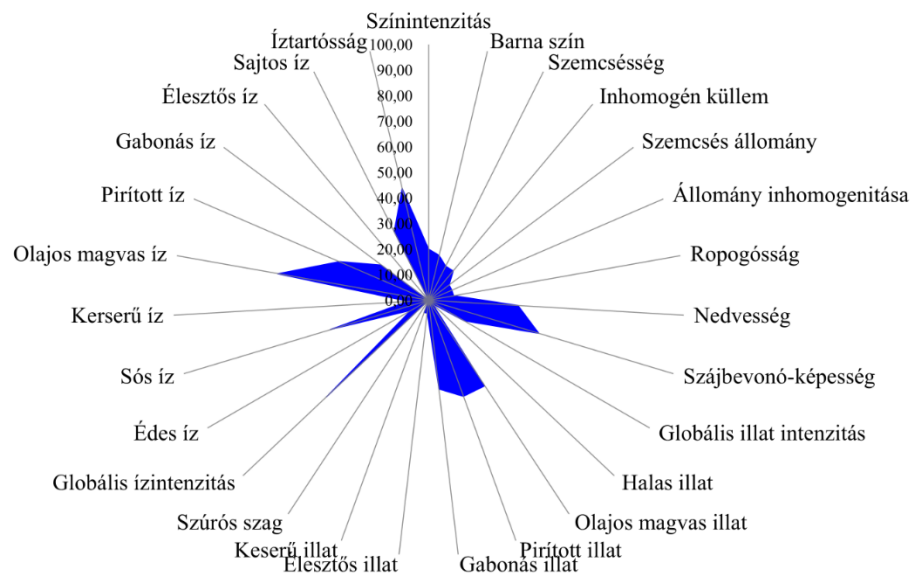
A PCoA-t az AD örleménnyel dúsított kekszek vizsgálata során rögzített különböző adatkészletek, a CATA analízis bináris változóinak és a 9 tagú skálán mért összkedveltség-adatoknak az elemzésére használtam, lehetővé téve a CATA és OAL adatok közös ábrán való megjelenítését, ahol az adatpontok közötti távolságokból következtethetünk a terméktulajdonságok és a kedveltség kapcsolatára.

M8.13 Egymintás *t*-próba

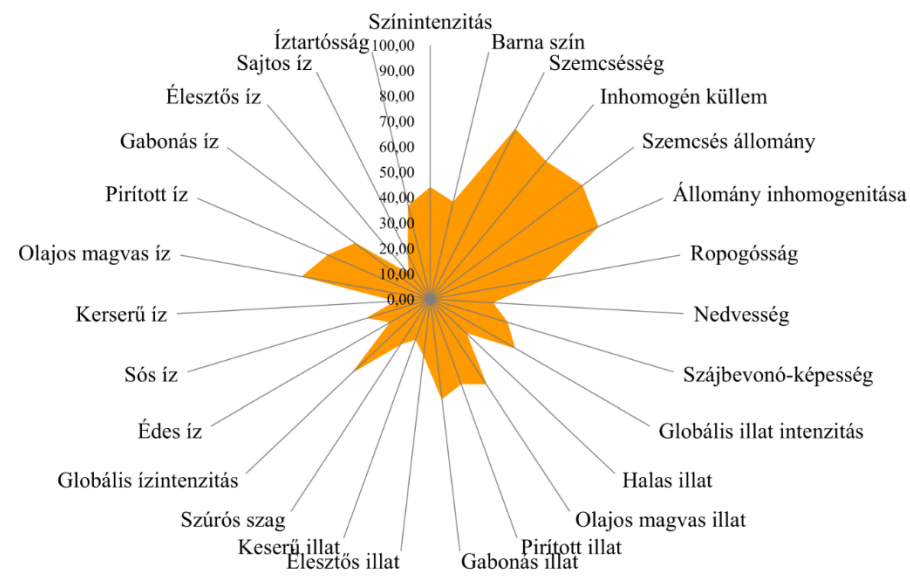
Az egymintás *t*-próba egy minta átlagát hasonlítja össze egy a priori értékkel, vagy a populáció átlagával a szórás felhasználásával (ROSS ÉS WILLSON 2017).

A *t*-próbát az AD örleménnyel dúsított kekszek CATA analízise, azon belül a *Mean Drop Analysis* során, az egyes tulajdonságok összkedveltségre való hatásának vizsgálatára, valamint a BM örleménnyel dúsított száraztészták Penalty analízise során, a nem optimális tulajdonságok összkedveltséget csökkentő hatásának vizsgálata során alkalmaztam annak megállapítására, hogy az egyes hatások statisztikailag szignifikáns mértékűek-e.

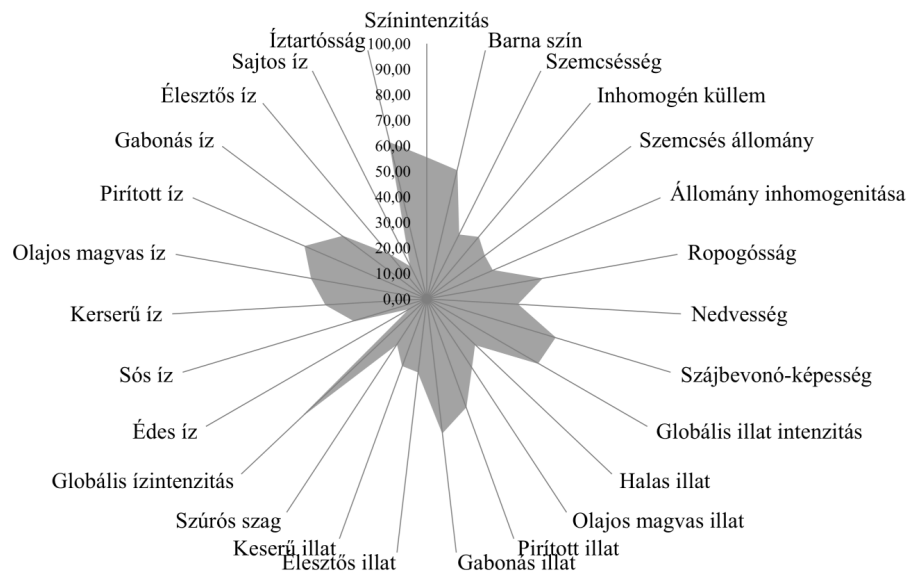
M9. MELLÉKLET: A vizsgált rovarőrlemények mintánkénti érzékszervi profil-diagramjai



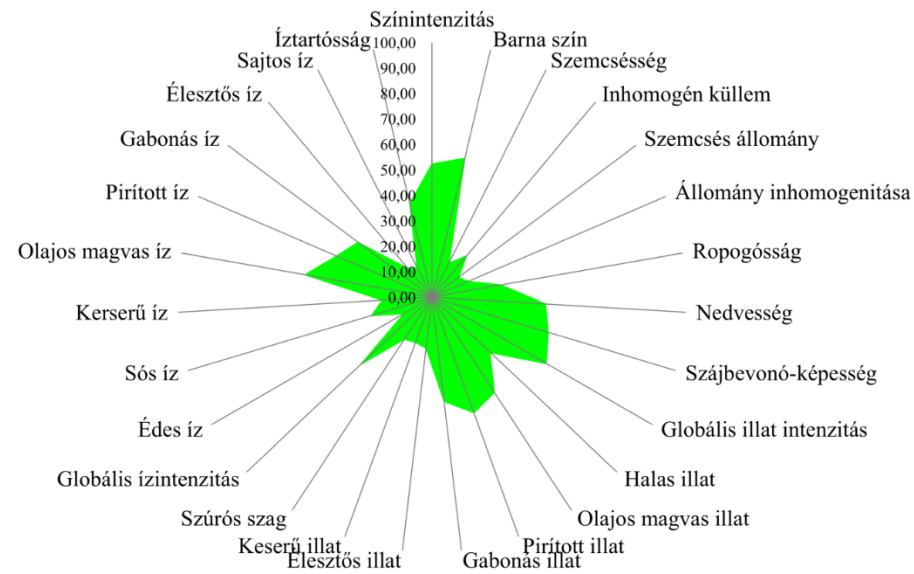
M11. ábra: Az *Acheta domesticus* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



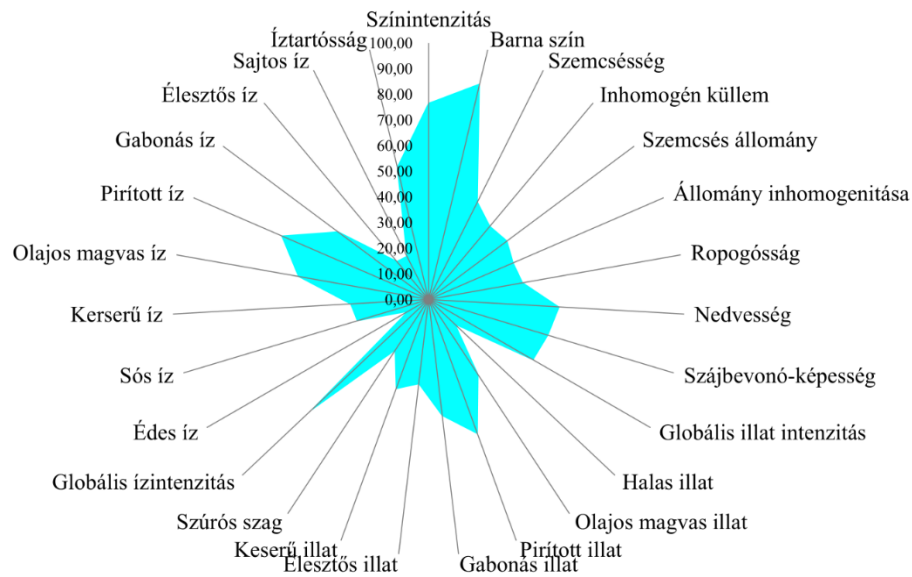
M12. ábra: A *Tenebrio molitor* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



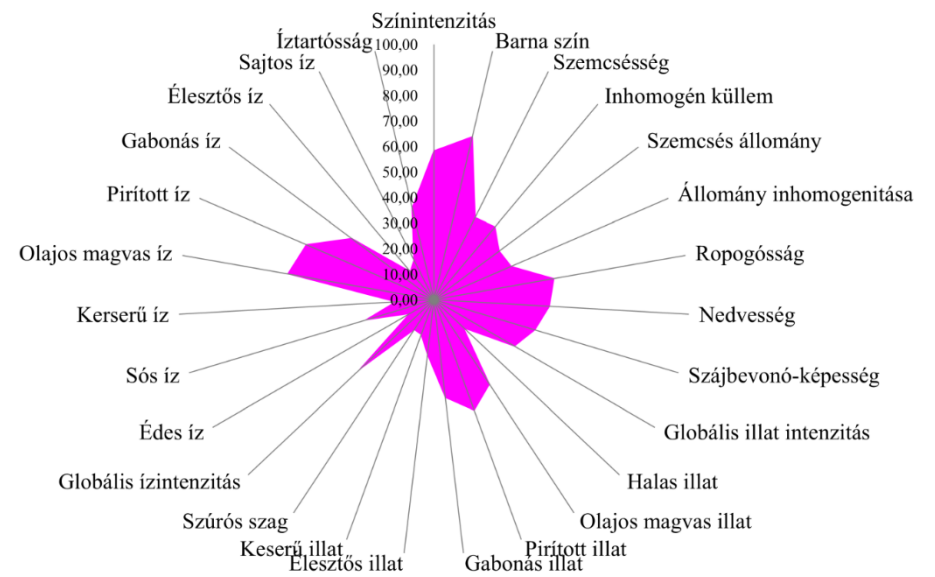
M13. ábra: A *Locusta migratoria* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



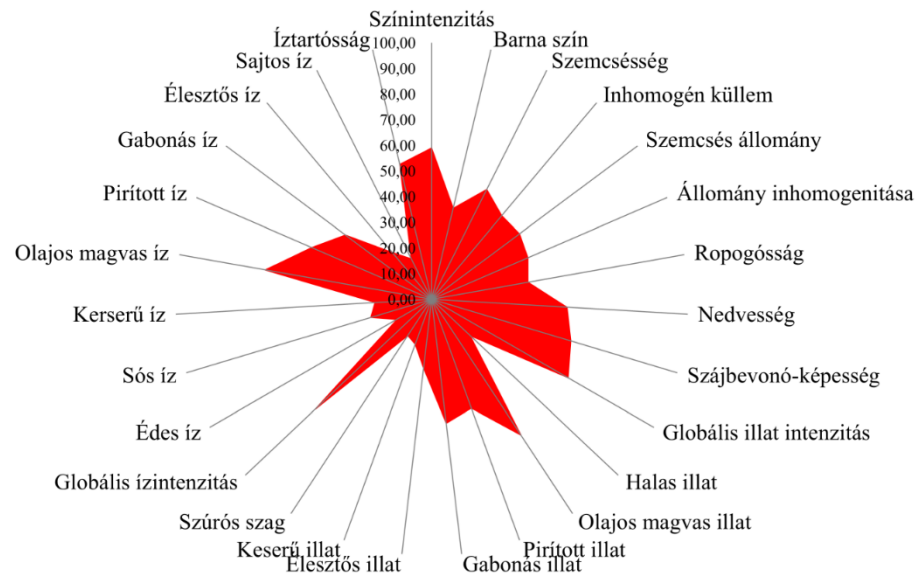
M14. ábra: A *Gryllus assimilis* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



M15. ábra: A *Gryllus bimaculatus* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



M16. ábra: A *Brachytrupes portentosa* örlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15).



M17. ábra: A *Bombyx mori* őrlemény érzékszervi profil-diagramja 27 db, képzett bírálói konszenzus során meghatározott tulajdonság alapján (átlag, n=15)

M10. MELLÉKLET: A vizsgált rovarőrlemények érzékszervi profilanalízisének eredményei

M9.a táblázat: A vizsgált rovarőrlemények küllemet és állományt jellemző tulajdonságokra kapott intenzitás-értékeinek átlaga a Tukey-féle post hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	Színintenzitás	Barna szín	Szemcsésség	Inhomogén küllem	Szemcsés állomány	Állomány inhomogenitása	Ropogósság	Nedvesség	Szájbevonóképesség
AD	20,00 ^a	18,00 ^a	15,00 ^a	15,00 ^a	10,00 ^a	10,00 ^a	10,00 ^a	35,00 ^{ab}	45,00 ^{bc}
TM	43,77 ^b	39,07 ^b	74,69 ^d	70,73 ^d	74,67 ^d	72,03 ^d	45,43 ^c	24,49 ^a	31,50 ^a
LM	55,27 ^c	51,67 ^c	28,10 ^{ab}	31,53 ^{bd}	28,23 ^b	28,03 ^{bc}	45,73 ^c	35,67 ^{ab}	52,63 ^{bc}
GA	52,50 ^{bc}	56,10 ^{cd}	15,00 ^a	21,23 ^{ab}	13,13 ^a	15,60 ^{ab}	27,47 ^b	44,67 ^{bc}	47,67 ^{bc}
GB	76,40 ^d	86,23 ^e	42,50 ^c	37,23 ^c	38,07 ^{bc}	35,97 ^c	37,20 ^{bc}	51,00 ^c	48,60 ^{bc}
BP	58,23 ^c	65,60 ^d	36,00 ^{bc}	37,20 ^c	31,90 ^{bc}	32,97 ^c	47,80 ^c	45,40 ^{bc}	41,30 ^{ab}
BM	58,97 ^c	36,37 ^b	47,83 ^c	42,50 ^c	42,70 ^c	40,94 ^c	38,07 ^{bc}	52,80 ^c	56,63 ^c

M9.b táblázat: A vizsgált rovarőrlemények illatot jellemző tulajdonságokra kapott intenzitás-értékeinek átlaga a Tukey-féle post hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

Minta	Globális illatintenzitás	Halas illat	Olajos magvas illat	Pirított illat	Gabonás illat	Élesztős illat	Keserű illat	Szúrós szag
AD	16,00 ^a	2,00 ^a	40,00 ^a	40,00 ^{ab}	35,00 ^a	5,00 ^a	5,00 ^a	0,00 ^a
TM	38,33 ^b	19,13 ^{ab}	40,07 ^a	35,43 ^a	39,56 ^a	22,20 ^{ab}	16,77 ^{ab}	21,13 ^b
LM	50,30 ^{bc}	25,97 ^b	32,10 ^a	45,03 ^{ab}	52,70 ^a	28,83 ^b	27,87 ^{bc}	21,00 ^b
GA	51,90 ^{bc}	31,47 ^b	44,67 ^a	48,30 ^{ab}	41,10 ^a	20,13 ^{ab}	18,80 ^{ab}	19,70 ^b
GB	47,10 ^{bc}	14,13 ^{ab}	35,17 ^a	55,67 ^b	45,60 ^a	33,17 ^b	37,07 ^c	23,63 ^b
BP	36,40 ^b	16,00 ^{ab}	39,70 ^a	46,17 ^{ab}	38,63 ^a	21,53 ^{ab}	14,53 ^{ab}	14,07 ^{ab}
BM	61,37 ^c	20,53 ^b	63,33 ^b	45,23 ^{ab}	48,70 ^a	27,00 ^b	18,70 ^{ab}	16,90 ^{ab}

M9.c táblázat: A vizsgált rovarörlemények ízt jellemző tulajdonságokra kapott intenzitás-értékei (átlag*, n=15) a Tukey-féle post hoc teszt eredményeivel ($p=0,05$).

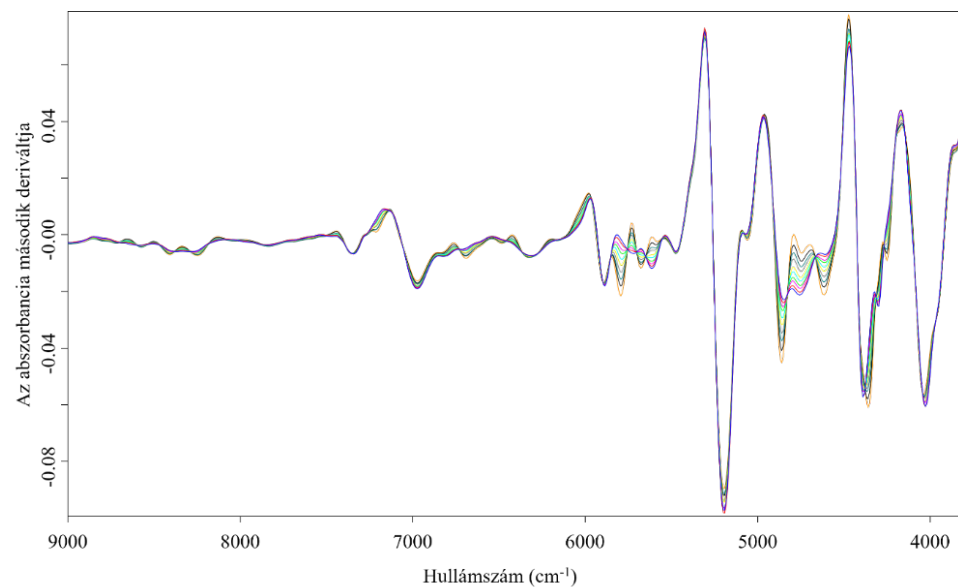
Minta	Globális ízintenzitás	Édes íz	Sós íz	Keserű íz	Olajos magvas íz	Pirított íz	Gabonás íz	Élesztős íz	Sajtos íz	Íztartósság
AD	55,00 ^b	8,00 ^a	40,00 ^b	8,00 ^a	60,00 ^{ab}	38,00 ^a	23,00 ^a	0,00 ^a	30,00 ^b	45,00 ^{abc}
TM	41,80 ^a	17,90 ^a	25,90 ^{ab}	13,27 ^{ab}	51,20 ^{ab}	43,77 ^{a^b}	36,79 ^{ab}	12,70 ^{ab}	19,33 ^{ab}	37,60 ^{ab}
LM	66,13 ^b	7,40 ^a	29,63 ^{ab}	39,67 ^c	45,80 ^a	51,97 ^{abc}	41,00 ^b	22,57 ^b	13,90 ^a	62,90 ^d
GA	38,50 ^a	12,70 ^a	24,87 ^a	19,50 ^{ab}	50,67 ^{ab}	40,93 ^{ab}	36,17 ^{ab}	14,90 ^{ab}	13,10 ^a	37,73 ^{ab}
GB	62,63 ^b	9,20 ^a	29,00 ^{ab}	30,50 ^{bc}	51,63 ^{ab}	62,37 ^c	43,97 ^b	19,23 ^b	18,77 ^{ab}	52,90 ^{bcd}
BP	39,73 ^a	10,90 ^a	27,73 ^{ab}	14,90 ^{ab}	58,03 ^{ab}	54,37 ^{bc}	40,10 ^b	14,27 ^{ab}	17,33 ^{ab}	36,83 ^a
BM	62,47 ^b	15,67 ^a	24,70 ^a	22,07 ^{ac}	66,00 ^b	51,00 ^{abc}	42,03 ^b	23,77 ^b	17,63 ^{ab}	54,07 ^{cd}

AD: Acheta domesticus, TM: Tenebrio molitor, LM: Locusta migratoria, GA: Gryllus assimilis, GB: Gryllus bimaculatus, BP: Brachytrupes portentosus, BM: Bombyx mori. *Az azonos oszlopon belüli különböző betűk az átlagértékek közötti szignifikáns különbségeket jelzik.

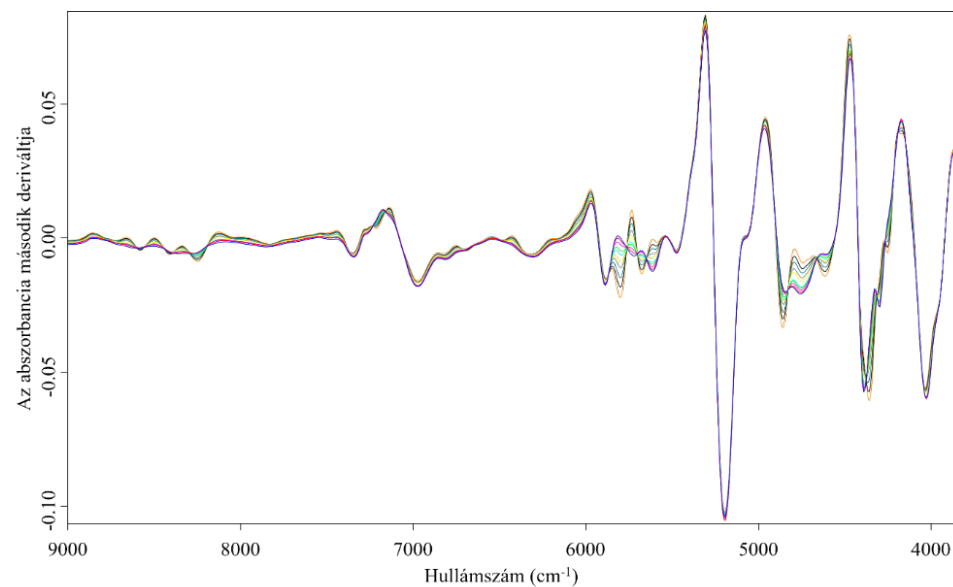
M10. táblázat: A vizsgált rovarörlemények érzékszervi profilanalízis eredményein futtatott varianciaanalízis eredményei tulajdonságokként ($p=0,05$).

Tulajdonság	Az ANOVA elemzés eredménye
Színintenzitás	[F(6,203)=43,062, $p<0,001$]
Barna szín	[F(6,203)=73,294, $p<0,001$]
Szemcséesség	[F(6,203)=43,629, $p<0,001$]
Inhomogén küllem	[F(6,203)=32,586, $p<0,001$]
Szemcsés állomány	[F(6,203)=45,183, $p<0,001$]
Állomány inhomogenitása	[F(6,203)=36,216, $p<0,001$]
Ropogósság	[F(6,203)=11,131, $p<0,001$]
Nedvesség	[F(6,203)=8,072, $p<0,001$]
Szájbevonó-képesség	[F(6,203)=7,774, $p<0,001$]
Globális illat intenzitás	[F(6,203)=15,615, $p<0,001$]
Halas illat	[F(6,203)=4,946, $p<0,001$]
Olajos magvas illat	[F(6,203)=6,124, $p<0,001$]
Pirított illat	[F(6,203)=2,548, $p=0,021$]
Gabonás illat	[F(6,203)=2,092, $p=0,056$]
Élesztős illat	[F(6,203)=4,165, $p=0,001$]
Keserű illat	[F(6,203)=5,967, $p<0,0001$]
Szúrós szag	[F(6,203)=3,183, $p=0,005$]
Globális ízintenzitás	[F(6,203)=15,463, $p<0,0001$]
Édes íz	[F(6,203)=1,739, $p=0,114$]
Sós íz	[F(6,203)=2,193, $p=0,045$]
Keserű íz	[F(6,203)=6,908, $p<0,0001$]
Olajos magvas íz	[F(6,203)=3,524, $p=0,002$]
Pirított íz	[F(6,203)=5,632, $p<0,0001$]
Gabonás íz	[F(6,203)=3,516, $p=0,002$]
Élesztős íz	[F(6,203)=3,832, $p=0,001$]
Sajtos íz	[F(6,203)=2,760, $p=0,013$]
Íztartósság	[F(6,203)=7,340, $p<0,0001$]

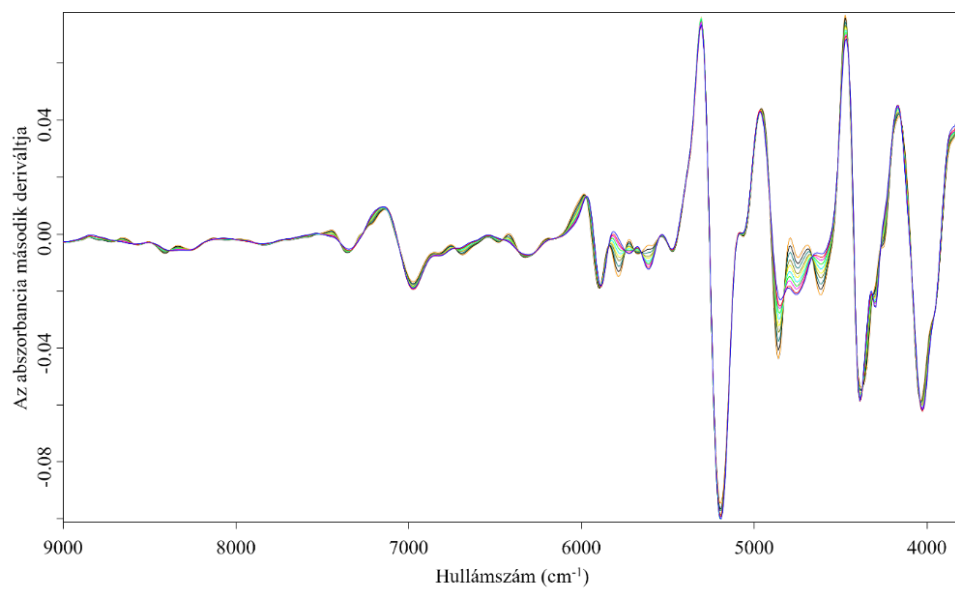
M11. MELLÉKLET: A rovarőrlemény-búzaliszt keverékminták második derivált spektrumai rovarőrlemények szerinti mintacsoportonként



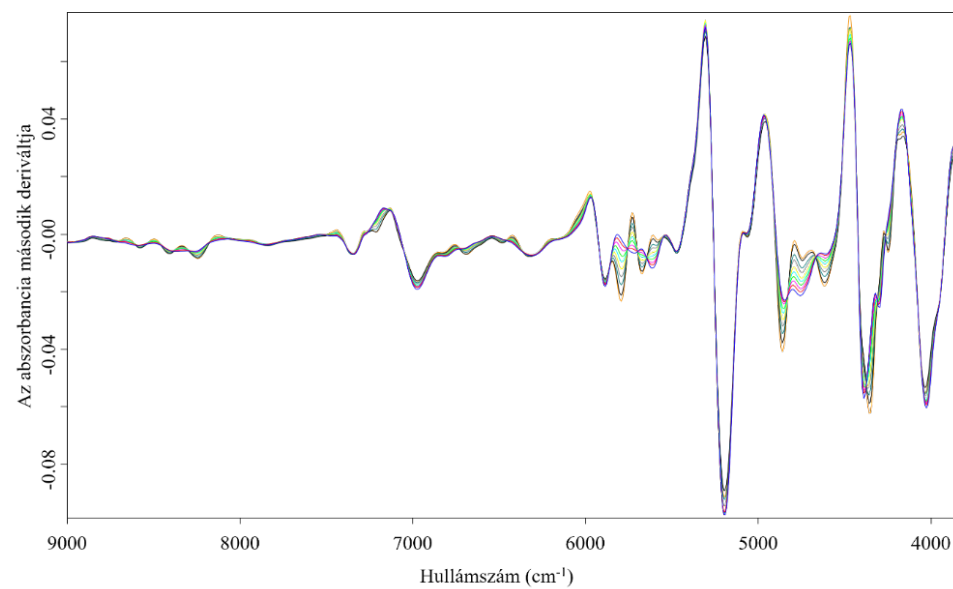
M18. ábra: Az *Acheta domesticus* őrlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=10).



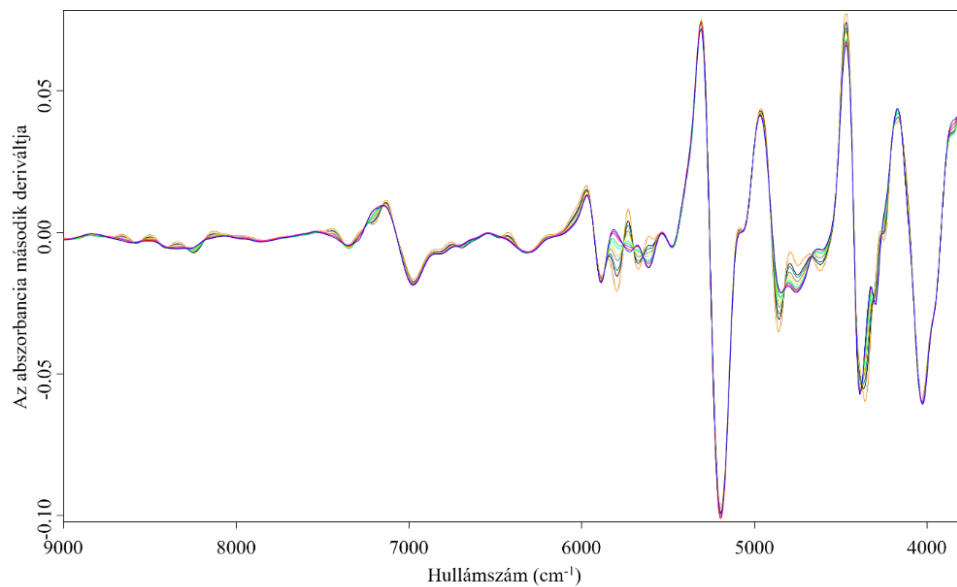
M19. ábra: A *Tenebrio molitor* őrlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=10).



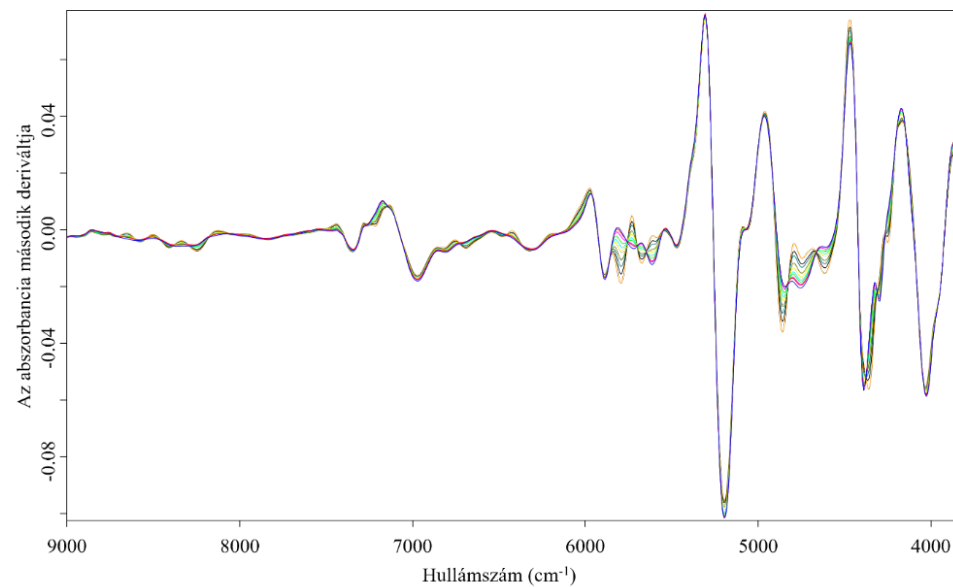
M20. ábra: A *Locusta migratoria* örlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=10).



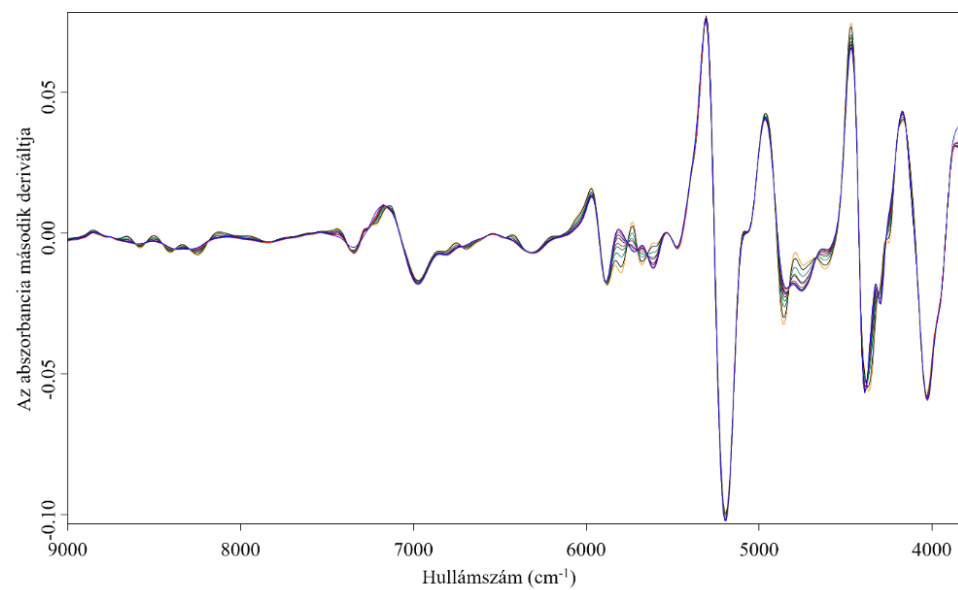
M21. ábra: A *Gryllus assimilis* örlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=10).



M22. ábra: A *Gryllus bimaculatus* örlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adatelőkezelést követően (n=10).



M23. ábra: A *Brachytrupes portentosa* örlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adatelőkezelést követően (n=10).



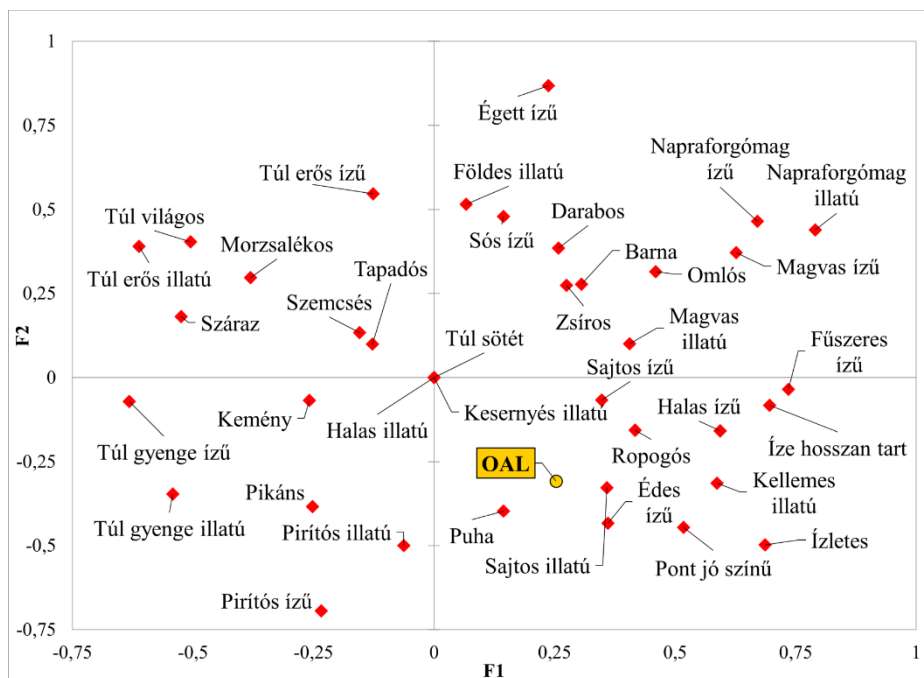
M24. ábra: A *Bombyx mori* őrlemény BL 55 búzaliszttel alkotott keverékeinek második derivált NIR spektrumai az SNV adat-előkezelést követően (n=10).

M12. MELLÉKLET: Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított keksz termékek vizsgálati eredményeinek korrelációs mátrixa

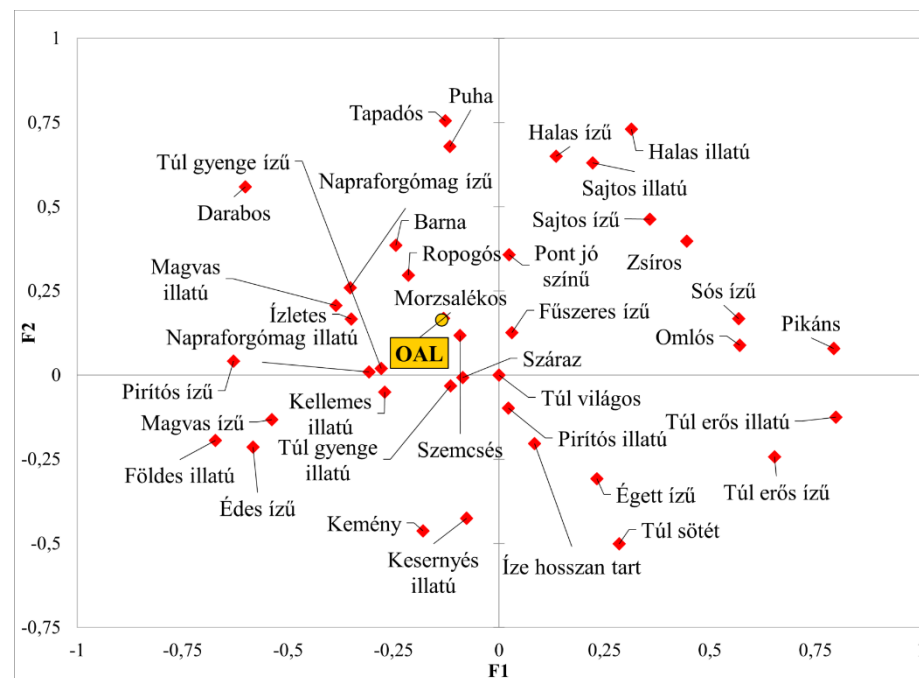
M11. táblázat: Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított keksz termékek műszeres vizsgálatának eredményein, valamint kedveltségi vizsgálati adatain futtatott Pearson-féle korrelációelemzéssel kapott korrelációs mátrix ($p=0,05$).

Változók	Rovarörlemény-tartalom	Keményység (g)	Savfok	L* szinkordináta	a* szinkordináta	b* szinkordináta	Kedveltség - Szín	Kedveltség - Illat	Kedveltség - Állomány	Kedveltség - Íz	Összkedveltség (OAL)
Rovarörlemény-tartalom	1 0	0,025	0,003	0,003	0,010	0,008	0,145	0,489	0,234	0,022	0,031
Keménység (g)	0,975	1 0	0,011	0,022	0,011	0,056	0,250	0,649	0,216	0,094	0,104
Savfok	0,997	0,989	1 0	0,003	0,004	0,020	0,178	0,544	0,228	0,041	0,051
L* szinkordináta	-0,997	-0,978	-0,997	1 0	0,004	0,021	0,185	0,550	0,278	0,031	0,049
a* szinkordináta	0,990	0,989	0,996	-0,996	1 0	0,037	0,228	0,617	0,279	0,055	0,076
b* szinkordináta	-0,992	-0,944	-0,980	0,979	-0,963	1 0	0,085	0,381	0,205	0,010	0,008
Kedveltség - Szín	-0,855	-0,750	-0,822	0,815	-0,772	0,915	1 0	0,118	0,183	0,089	0,048
Kedveltség - Illat	-0,511	-0,351	-0,456	0,450	-0,383	0,619	0,882	1 0	0,377	0,366	0,296
Kedveltség - Állomány	-0,766	-0,784	-0,772	0,722	-0,721	0,795	0,817	0,623	1 0	0,291	0,218
Kedveltség - Íz	-0,978	-0,906	-0,959	0,969	-0,945	0,990	0,911	0,634	0,709	1 0	0,008
Összkedveltség (OAL)	-0,969	-0,896	-0,949	0,951	-0,924	0,992	0,952	0,704	0,782	0,992	1 0

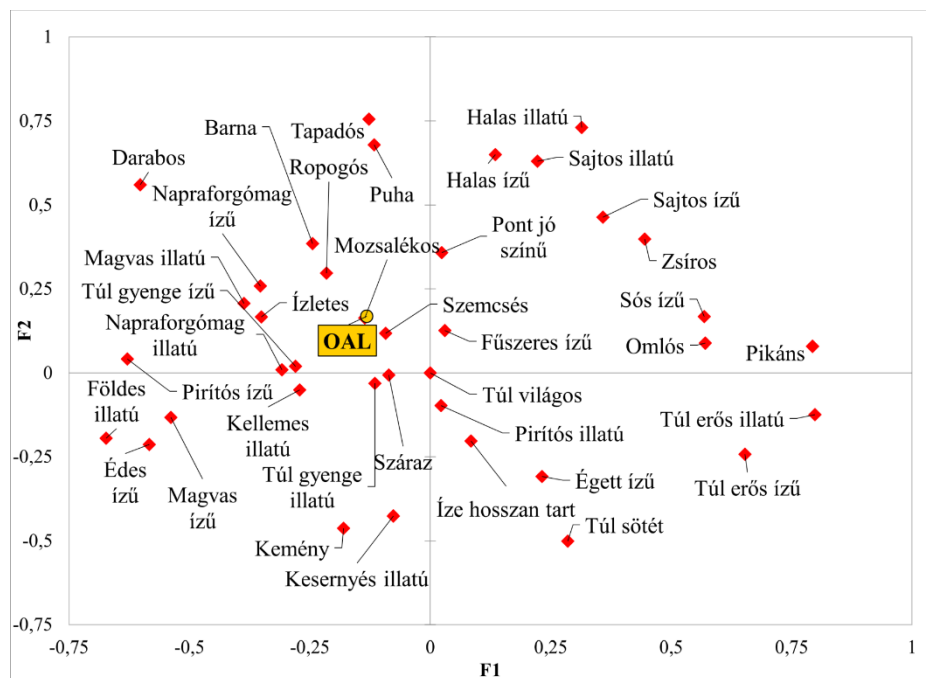
M13. MELLÉKLET: Az *Acheta domesticus* őrlémmel dúsított keksz termékek fogyasztói érzékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőív kifejezéseinek és a kedveltségi vizsgálat összkedveltség-adatainak főkomponens analízise (PCA) mintáknént



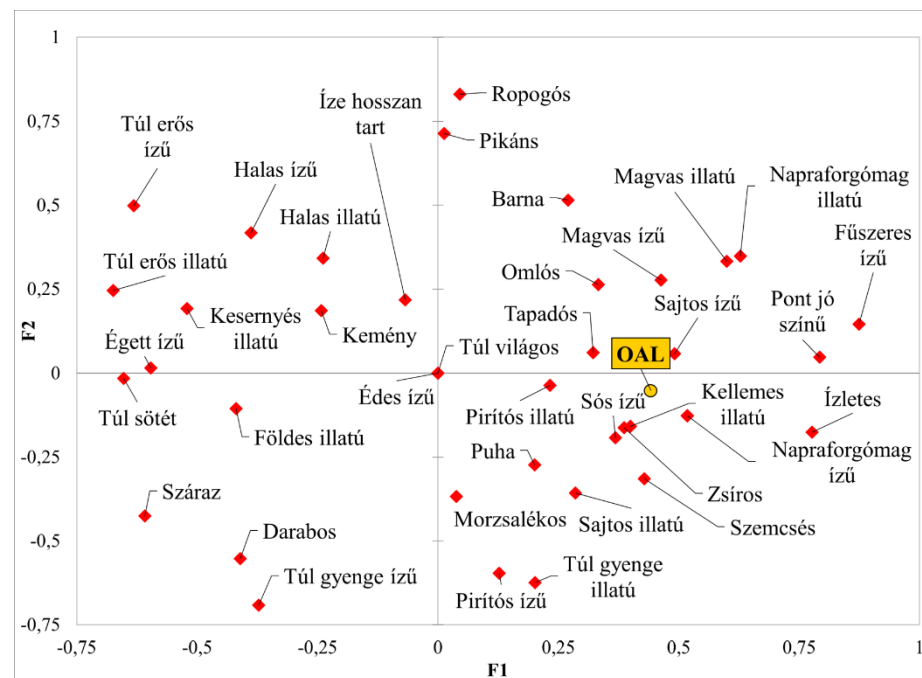
M25. ábra: A CP0 minta biplotja. CP0: 0 g/100 g *Acheta domesticus* őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz



M26. ábra: A CP5 minta biplotja. CP5: 5 g/100 g *Acheta domesticus* őrlémmel tartalmozó lisztkeverék alapú keksz



M27. ábra: A CP10 minta biplotja. CP10: 10 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz



M28. ábra: A CP15 minta biplotja. CP15: 15 g/100 g *Acheta domesticus* őrleményt tartalmazó lisztkeverék alapú keksz

M14. MELLÉKLET: Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított keksz termékek CATA analízise során elvégzett mean impact elemzésének számszerű eredményei

M12. táblázat: Az *Acheta domesticus* örleménnyel dúsított kekszek fogyasztói érzékszervi minősítéséhez használt CATA kérdőívben megadott tulajdonságok és kifejezések hatásának vizsgálata az összkedveltségre (OAL) ($p=0,05$). A táblázatban csak a mintákat egymástól szignifikáns mértékben megkülönböztető tulajdonságok kerültek feltüntetésre ($p=0,05$).

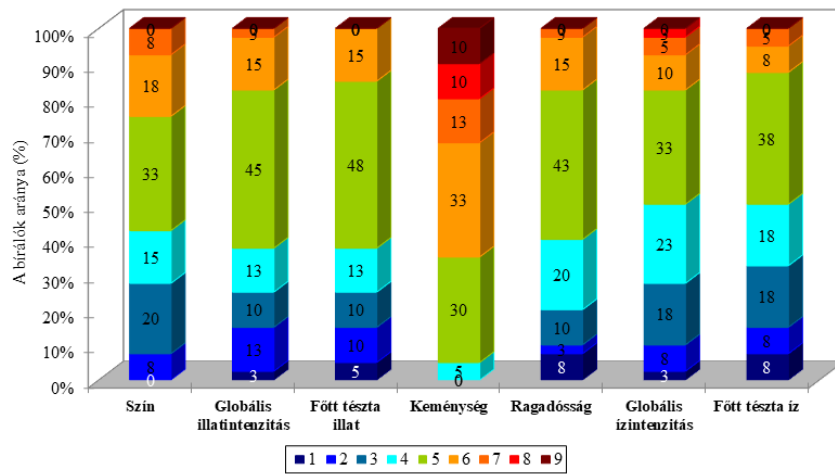
Tulajdonság/ Kifejezés	Jelenlét	A megjelölés gyakorisága	A megjelölés gyakorisága (%)	Az OAL átlagpontszáma	Mean impact érték	p-érték
Túl sötét	Nincs jelen	201	75,00%	6,234		
	Jelen van	67	25,00%	4,552	-1,682	<0,0001
Túl világos	Nincs jelen	242	90,30%	5,764		
	Jelen van	26	9,70%	6,269	0,505	
Pont jó színű	Nincs jelen	136	50,75%	4,978		
	Jelen van	132	49,25%	6,674	1,696	<0,0001
Barna	Nincs jelen	144	53,73%	6,097		
	Jelen van	124	46,27%	5,484	-0,613	0,013
Szemcsés	Nincs jelen	178	66,42%	5,815		
	Jelen van	90	33,58%	5,811	-0,003	0,989
Túl erős illatú	Nincs jelen	250	93,28%	5,948		
	Jelen van	18	6,72%	3,944	-2,004	
Túl gyenge illatú	Nincs jelen	201	75,00%	5,711		
	Jelen van	67	25,00%	6,119	0,408	0,152
Kesenyés illatú	Nincs jelen	241	89,93%	5,975		
	Jelen van	27	10,07%	4,370	-1,605	
Földes illatú	Nincs jelen	235	87,69%	5,957		
	Jelen van	33	12,31%	4,788	-1,170	
Piritós illatú	Nincs jelen	191	71,27%	5,733		
	Jelen van	77	28,73%	6,013	0,280	0,305
Kellemes illatú	Nincs jelen	132	49,25%	5,220		
	Jelen van	136	50,75%	6,390	1,170	<0,0001
Halas illatú	Nincs jelen	255	95,15%	5,843		
	Jelen van	13	4,85%	5,231	-0,612	
Omlós	Nincs jelen	86	32,09%	5,267		
	Jelen van	182	67,91%	6,071	0,804	0,002
Kemény	Nincs jelen	260	97,01%	5,815		
	Jelen van	8	2,99%	5,750	-0,065	
Puha	Nincs jelen	182	67,91%	5,725		
	Jelen van	86	32,09%	6,000	0,275	0,299
Zsíros	Nincs jelen	183	68,28%	5,607		
	Jelen van	85	31,72%	6,259	0,652	0,014
Darabos	Nincs jelen	204	76,12%	5,922		
	Jelen van	64	23,88%	5,469	-0,453	0,118
Túl erős ízű	Nincs jelen	209	77,99%	6,364		
	Jelen van	59	22,01%	3,864	-2,499	<0,0001
Túl gyenge ízű	Nincs jelen	245	91,42%	5,837		
	Jelen van	23	8,58%	5,565	-0,272	
Sajtos ízű	Nincs jelen	192	71,64%	5,630		
	Jelen van	76	28,36%	6,276	0,646	0,018
Ízletes	Nincs jelen	207	77,24%	5,285		
	Jelen van	61	22,76%	7,607	2,322	<0,0001
Édes ízű	Nincs jelen	254	94,78%	5,740		
	Jelen van	14	5,22%	7,143	1,403	
Halas ízű	Nincs jelen	250	93,28%	5,880		
	Jelen van	18	6,72%	4,889	-0,991	
Égett ízű	Nincs jelen	193	72,01%	6,280		
	Jelen van	75	27,99%	4,613	-1,666	<0,0001
Íze hosszan tart	Nincs jelen	135	50,37%	6,030		
	Jelen van	133	49,63%	5,594	-0,436	0,077

M15. MELLÉKLET: A *Bombyx mori* örleménnyel dúsított száraztészta termékek mérési eredményeinek korrelációs mátrixa

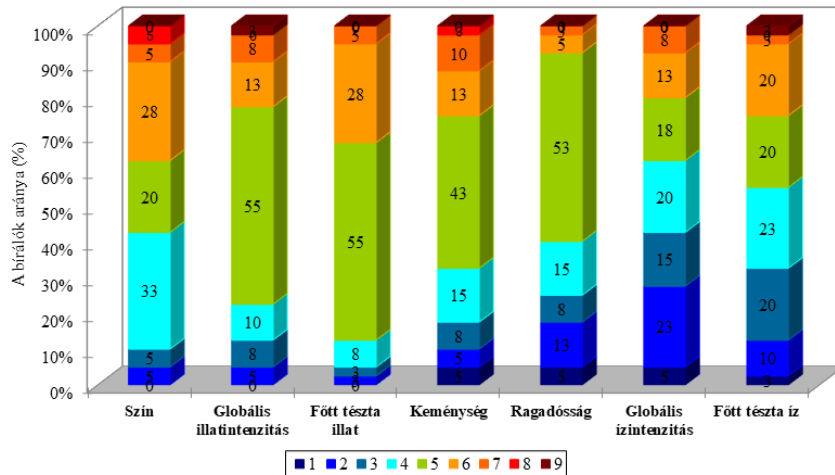
M13. táblázat: A *Bombyx mori* örleménnyel dúsított száraztészta termékek műszeres és minőségre vonatkozó vizsgálatának eredményein, valamint kedveltségi vizsgálati adatain futtatott Pearson-féle korrelációelemzéssel kapott korrelációs mátrix ($p=0,05$).

Változók	Rovarörlemény-tartalom	L* szinkordináta	a* szinkordináta	b* szinkordináta	Nedvességtartalom (%)	Savfok (°SH)	Főzési idő (perc)	Vízfelvétel (%)	Szétfőzés mértéke (%)	Kedveltség - Szín	Kedveltség - Illat	Kedveltség - Állomány	Kedveltség - Szemcsésség	Kedveltség - Íz	Összkedveltség (OAL)
Rovarörlemény-tartalom	1 0	0,273	0,277	0,231	0,121	0,188	<0,001	0,053	<0,001	0,270	0,115	0,192	0,154	0,593	0,451
L* szinkordináta	-0,910	1 0	0,004	0,504	0,394	0,461	0,273	0,326	0,273	0,543	0,158	0,465	0,118	0,866	0,724
a* szinkordináta	-0,907	1,000	1 0	0,508	0,398	0,465	0,277	0,330	0,277	0,547	0,162	0,469	0,122	0,870	0,728
b* szinkordináta	0,935	-0,702	-0,698	1 0	0,110	0,043	0,231	0,178	0,231	0,039	0,346	0,039	0,386	0,362	0,220
Nedvességtartalom (%)	-0,982	0,815	0,811	-0,985	1 0	0,067	0,121	0,068	0,121	0,149	0,236	0,071	0,275	0,472	0,330
Savfok (°SH)	0,957	-0,749	-0,745	0,998	-0,994	1 0	0,188	0,135	0,188	0,082	0,303	0,004	0,342	0,405	0,263
Főzési idő (perc)	-1,000	0,910	0,907	-0,935	0,982	-0,957	1 0	0,053	<0,001	0,270	0,115	0,192	0,154	0,593	0,451
Vízfelvétel (%)	0,996	-0,872	-0,868	0,961	-0,994	0,978	-0,996	1 0	0,053	0,217	0,168	0,139	0,208	0,540	0,398
Szétfőzés mértéke (%)	1,000	-0,910	-0,907	0,935	-0,982	0,957	-1,000	0,996	1 0	0,270	0,115	0,192	0,154	0,593	0,451
Kedveltség - Szín	0,911	-0,658	-0,653	0,998	-0,973	0,992	-0,911	0,943	0,911	1 0	0,385	0,077	0,424	0,324	0,181
Kedveltség - Illat	0,984	-0,969	-0,968	0,856	-0,932	0,889	-0,984	0,965	0,984	0,823	1 0	0,307	0,040	0,708	0,566
Kedveltség - Állomány	0,955	-0,745	-0,740	0,998	-0,994	1,000	-0,955	0,976	0,955	0,993	0,886	1 0	0,347	0,401	0,258
Kedveltség - Szemcsésség	0,971	-0,983	-0,982	0,822	-0,908	0,859	-0,971	0,947	0,971	0,786	0,998	0,855	1 0	0,748	0,605
Kedveltség - Íz	0,596	-0,209	-0,202	0,843	-0,737	0,804	-0,596	0,661	0,596	0,874	0,442	0,808	0,386	1 0	0,143
Összkedveltség (OAL)	0,759	-0,421	-0,415	0,941	-0,869	0,916	-0,759	0,811	0,759	0,960	0,630	0,919	0,581	0,975	1 0

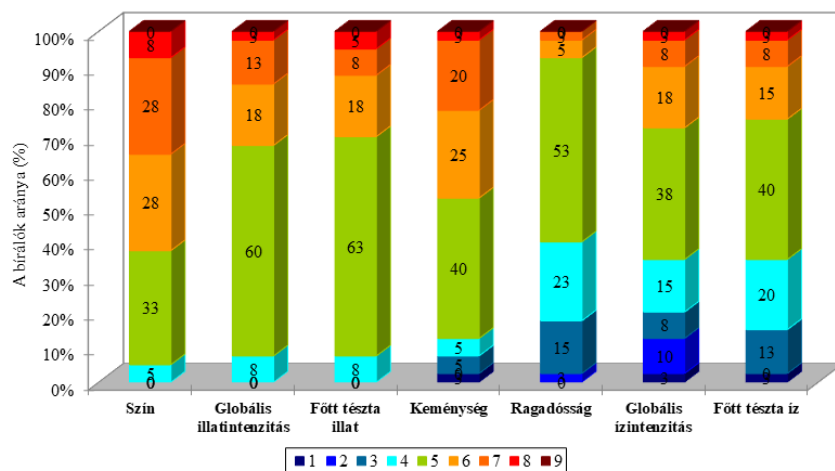
M16. MELLÉKLET: A *Bombyx mori* örleménnyel dúsított száraztészta termékek 9 tagú optimumskálával felvett értékelése a bírálók arányával



M29. ábra: Az SW0 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával felvett értékelése a bírálók arányával.



M30. ábra: Az SW5 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával felvett értékelése a bírálók arányával.



M31. ábra: Az SW10 száraztészta minta 9 tagú optimumskálával felvett értékelése a bírálók arányával.

M17. MELLÉKLET: A *Bombyx mori* őrléménnyel dúsított száraztészta termékek Penalty analízise során elvégzett mean drop analízis számszerű eredményei

M14. táblázat: Az SW0 minta Penaly analízise során vizsgált tulajdonságok hatása az összkedveltségre (OAL) JAR csoportok szerint ($p=0,05$).

Tulajdonság	A skála tagjai	Az értékelés gyakorisága	Az értékelés gyakorisága (%)	Az OAL átlagpontszáma	Mean drop érték	p -érték	Penalty érték ("Büntető-pontszám")	p -érték
Szín	Túl világos	17	42,50%	5,118	1,498	0,035		
	Pont jó	13	32,50%	6,615			1,245	0,024
	Túl sötét	10	25,00%	5,800	0,815	0,438		
Globális illatintenzitás	Nem elég intenzív	15	37,50%	5,400	1,211	0,024		
	Pont jó	18	45,00%	6,611			1,520	0,003
	Túl intenzív	7	17,50%	4,429	2,183			
Főtt tészta illat	Nem elég intenzív	15	37,50%	5,200	1,589	0,002		
	Pont jó	19	47,50%	6,789			1,932	<0,0001
	Túl intenzív	6	15,00%	4,000	2,789			
Keménység	Túl puha	2	5,00%	6,000	0,500			
	Pont jó	12	30,00%	6,500			1,036	0,069
	Túl kemény	26	65,00%	5,423	1,077	0,066		
Ragadósság	Nem elég ragadós	16	40,00%	5,563	0,438	0,456		
	Pont jó	17	42,50%	6,000			0,391	0,467
	Túl ragadós	7	17,50%	5,714	0,286			
Globális ízintenzitás	Nem elég intenzív	20	50,00%	5,700	0,685	0,214		
	Pont jó	13	32,50%	6,385			0,903	0,107
	Túl intenzív	7	17,50%	4,857	1,527			
Főtt tészta íz	Nem elég intenzív	20	50,00%	5,550	0,983	0,064		
	Pont jó	15	37,50%	6,533			1,213	0,023
	Túl intenzív	5	12,50%	4,400	2,133			

SW0: 0 g/100 g *Bombyx mori* őrléményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

M15. táblázat: Az SW5 minta Penaly analízise során vizsgált tulajdonságok hatása az összkedveltségre (OAL) JAR csoportok szerint ($p=0,05$).

Tulajdonság	A skála tagjai	Az értékelés gyakorisága	Az értékelés gyakorisága (%)	Az OAL átlagpontszáma	Mean drop érték	p -érték	Penalty érték ("Büntető-pontszám")	p -érték
Szín	Túl világos	17	42,50%	5,294	1,206	0,113		
	Pont jó	8	20,00%	6,500			1,094	0,048
	Túl sötét	15	37,50%	5,533	0,967	0,253		
Globális illatintenzitás	Nem elég intenzív	9	22,50%	4,778	0,949	0,191		
	Pont jó	22	55,00%	5,727			0,227	0,618
	Túl intenzív	9	22,50%	6,222	-0,495	0,627		
Főtt tészta illat	Nem elég intenzív	5	12,50%	5,400	0,327			
	Pont jó	22	55,00%	5,727			0,227	0,618
	Túl intenzív	13	32,50%	5,538	0,189	0,695		
Keményység	Túl puha	13	32,50%	5,077	0,923	0,181		
	Pont jó	17	42,50%	6,000			0,652	0,150
	Túl kemény	10	25,00%	5,700	0,300	0,850		
Ragadósság	Nem elég ragadós	16	40,00%	5,063	0,985	0,040		
	Pont jó	21	52,50%	6,048			0,890	0,045
	Túl ragadós	3	7,50%	5,667	0,381			
Globális ízintenzitás	Nem elég intenzív	25	62,50%	5,560	0,583	0,608		
	Pont jó	7	17,50%	6,143			0,628	0,290
	Túl intenzív	8	20,00%	5,375	0,768	0,555		
Főtt tészta íz	Nem elég intenzív	22	55,00%	5,364	1,136	0,125		
	Pont jó	8	20,00%	6,500			1,094	0,048
	Túl intenzív	10	25,00%	5,500	1,000	0,286		

SW5: 5 g/100 g Bombyx mori őrleményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

M16. táblázat: Az SW10 minta Penaly analízise során vizsgált tulajdonságok hatása az összkedveltségre (OAL) JAR csoportok szerint ($p=0,05$).

Tulajdonság	A skála tagjai	Az értékelés gyakorisága	Az értékelés gyakorisága (%)	Az OAL átlagpontszáma	Mean drop érték	p -érték	Penalty érték ("Büntető-pontszám")	p -érték
Szín	Túl világos	2	5,00%	5,500	1,346			
	Pont jó	13	32,50%	6,846			0,661	0,190
	Túl sötét	25	62,50%	6,240	0,606	0,206		
Globális illatintenzitás	Nem elég intenzív	3	7,50%	6,000	0,542			
	Pont jó	24	60,00%	6,542			0,354	0,466
	Túl intenzív	13	32,50%	6,231	0,311	0,560		
Főtt tészta illat	Nem elég intenzív	3	7,50%	6,667	-0,187			
	Pont jó	25	62,50%	6,480			0,213	0,665
	Túl intenzív	12	30,00%	6,167	0,313	0,568		
Keményység	Túl puha	5	12,50%	5,600	1,275			
	Pont jó	16	40,00%	6,875			0,792	0,098
	Túl kemény	19	47,50%	6,211	0,664	0,197		
Ragadósság	Nem elég ragadós	16	40,00%	6,125	0,399	0,435		
	Pont jó	21	52,50%	6,524			0,261	0,585
	Túl ragadós	3	7,50%	7,000	-0,476			
Globális ízintenzitás	Nem elég intenzív	14	35,00%	5,429	1,638	0,005		
	Pont jó	15	37,50%	7,067			1,067	0,025
	Túl intenzív	11	27,50%	6,727	0,339	0,795		
Főtt tészta íz	Nem elég intenzív	14	35,00%	5,714	1,286	0,044		
	Pont jó	16	40,00%	7,000			1,000	0,035
	Túl intenzív	10	25,00%	6,400	0,600	0,546		

SW10: 10 g/100 g Bombyx mori őrleményt tartalmazó lisztkeverékből készült száraztészta

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Szeretnék köszönetet mondani a témavezetőimnek, Dr. Gere Attilának és Pásztorné Dr. Huszár Klárának, hogy támogatták a nem mindennapi témaválasztásom, megteremtették a kutatómunkához szükséges feltételeket, a hosszúra nyúlt út során végig mellettem álltak és fáradhatatlanul bíztattak. Szakértelmükkel és hozzáállásukkal nem csak a kutatásomat, hanem a munka világában való helytállásomat is támogatták, olyan ismereteket és életre szóló tapasztalatokat köszönhetek nekik, amelyekért sosem lehetek elég hálás.

Köszönöm az Árukezelés, Kereskedelem, Ellátási Lánc és Érzékszervi Minősítési Tanszék munkatársainak, volt és jelenlegi doktoranduszainak, Dr. Kókai Zoltánnak, Bálint Melindának, Dr. Zsom Tamásnak, Dr. Sipos Lászlónak, Dr. Boros Ildikó Fruzsínának, Szakál Dorinának és Dr. Nyitrai Ákosnak a kutatómunkám során nyújtott szakmai, technikai és személyes támogatást.

Köszönöm az Élelmiszerkémia és Analitika Tanszék, a Gabona és Iparinövény Technológia Tanszék, valamint az Élelmiszeripari Méréstechnika és Automatizálás Tanszék munkatársainak, Dr. Fodor Mariettának, Dr. Geréné Dr. Radványi Dalmának, Badakné Dr. Kerti Katalinnak, Dr. Szedljk Ildikónak, Kovács Anikónak és Dr. Zsomné Dr. Muha Viktóriának a közös munkát és a sikeres publikációkat, valamint a szakmai és személyes támogatást.

Köszönettel tartozom Dr. Benes Eszternek és Dr. Tompa Orsolyának nem csupán a rengeteg szakmai támogatásért, hanem a barátságukért is, és hogy a nehéz időszakokban is mindig mellettem állnak. Köszönet illeti Fekete Katalint és Dr. Kecskeméti Sándort is, hogy mindig lelkes bírálóim voltak és bíztattak a doktori munka során. Végtelenül hálás vagyok, hogy ilyen barátokra tehettem szert a tanulmányaim során.

Köszönöm az Eurofins Food and Feed Testing Budapest Kft. volt és jelenlegi munkatársainak, különösen Vadasi Tamásnak, hogy lehetőséget biztosítottak az analitikai vizsgálatok elvégzésére. Köszönettel tartozom Vörös Attilának, hogy támogattott a disszertációm elkészítése és a dolgozat védeése során.

Köszönöm a szakdolgozó hallgatóimnak, Sipos Mária Annának, Randé Rebekának és Czako Bettinának, valamint az érzékszervi bírálóimnak a közös munkát és hogy részt vettek a vizsgálatokban – érzékszervi minősítésről és termékfejlesztésről szóló munka révén, nélkülük tényleg nem sikerült volna.

Köszönöm a családomnak és a barátaimnak, különösképpen a Falkának, hogy végig mellettem álltak, érdeklődtek, bíztattak és támogattak a hosszú munka során még úgy is, hogy ilyen megosztó témát választottam. Hálával tartozom azért, hogy még akkor is hittek abban, hogy sikerülni fog, amikor én nem tudtam elhinni.

Végül, de nem utolsó sorban, köszönet illeti a férjemet, Lovas Ádámot, aki végig mellettem állt és fogta a kezem a legnehezebb pillanatokban is. Köszönöm a segítségét, az ötleteit, amelyek színvonalasabbá tették a munkámat, és hogy mindig figyelt rám. Köszönöm neki a kitartó támogatást, a biztatást, a lelkesítést és az álmatlan órákat, amiket mellettem töltött a dolgozatírás alatt, és köszönöm, hogy akkor is mindig bízik bennem, amikor én egyáltalán nem bízom magamban. Veled mindenre képes vagyok! 🐻