

# **SZAKDOLGOZAT**

**Baló Zsolt**

**2023**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem  
Budai Campus  
Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet  
Élelmiszermérnök alapképzési szak**

**Rovartartalmú zabszelet komplex analitikai és érzékszervi  
vizsgálta**

**Belső konzulens:** Dr. Benes Eszter Luca <sup>a</sup>,  
egyetemi tanársegéd  
Dr. Gera Attila <sup>b</sup>,  
egyetemi docens

**Belső konzulens  
intézete/tanszéke:** **Élelmiszertudományi és  
Technológiai Intézet**  
**Élelmiszerkémia és  
Analitika Tanszék <sup>a</sup>**  
**Árukezelés, Kereskedelem,  
Ellátási Lánc és  
Érzékszervi Minősítés  
Tanszék <sup>b</sup>**

**Készítette:** **Baló Zsolt**

**Budapest  
2023.**

## Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	1
2.	Munka célja.....	3
3.	Irodalmi áttekintés.....	4
3.1.	Entomofágia .....	4
3.2.	Ehető rovarok tápanyagtartalma.....	6
3.3.	Entomofágia környezeti hatásai .....	8
3.4.	Élelmiszerbiztonsági megfontolások.....	10
3.5.	Snack termékek .....	11
3.6.	Funkcionális snack termékek .....	14
3.7.	Rovarak, mint funkcionális alapanyagok.....	16
4.	Anyagok és módszerek.....	20
4.1.	Felhasznált anyagok.....	20
4.2.	Termékfejlesztés.....	20
4.3.	Módszerek.....	21
4.3.1	Tápanyagtartalom.....	21
4.3.2	Hamutartalom.....	21
4.3.3	Nedvességtartalom .....	22
4.3.4	Színmérés .....	22
4.3.5	Érzékszervi vizsgálat.....	22
4.3.6	Adatok elemzése .....	23
5.	Eredmények és értékelésük .....	25
5.1.	Tápanyagtartalom.....	25
5.1.1	Fehérjetartalom.....	25
5.1.2	Zsírtartalom .....	26
5.1.3	Szénhidrátartalom .....	27
5.2.	Hamutartalom.....	28
5.3.	Nedvességtartalom .....	29
5.4.	Színmérés .....	31
5.5.	Érzékszervi vizsgálat.....	34
5.5.1	Lisztukac ( <i>Tenebrio molitor</i> ).....	34
5.5.2	Vándorsáska ( <i>Locusta migratoria</i> ).....	38
5.6.	Általános kedveltség .....	43
5.7.	Analitikai és érzékszervi eredmények összehasonlítása.....	45
6.	Összefoglalás.....	46
7.	Irodalmi hivatkozás .....	48

## 1. Bevezetés

A 21. században a globális élelmezési helyzet számos kihívással néz szembe, például a népességnövekedéssel, az erőforrások szűkösségével, az előnytelen környezeti hatásokkal vagy a fenntartható élelmiszertermeléssel. Egy ilyen helyzetben elengedhetlenné válik, hogy átgondoljuk a táplálkozáshoz és az élelmiszerforrások felhasználásához való hozzáállásunkat. A fenntarthatóság, a táplálkozás és az innováció közötti kapcsolat arra ösztönözheti a kutatókat, szakembereket, hogy ezen kihívásokra innovatív megoldásokkal álljanak elő. Egy ilyen gondolatmenet során merül fel a rovarok emberi fogyasztásra való felhasználásának ötlete.

A jelen szakdolgozat célja a rovarokkal dúsított zabszeletek létrehozása, azok tápértékének és fogyasztói kedveltségének felmérése. A kutatás motivációja több forrásból fakad, egyrészt egy olyan fehérjében gazdag élelmiszer kifejlesztéséből, amely nemcsak táplálkozási szempontból lehet előnyös, hanem ökológiailag is kedvező előállítási folyamattal rendelkezik. Ezen felül célja, hogy a kifejlesztett, fehérjében gazdag termék a fogyasztók számára, egyszerűen elérhető legyen, kedvező érzékszervi tulajdonságokkal bírjon.

A kutatás jelentősége több okban rejlik, többek közt célja egy új fehérjeforrás széleskörű megismertetése, az ellene jelentkező előítéletek legyőzése, egy attraktív tápanyag-profillal rendelkező termék fejlesztése, amely könnyen elérhető, ezáltal szélesebb körben hozzájárulhat a fogyasztók általános egészségügyi állapotához, táplálkozási tudatosságához.

A szakirodalom megismerése során betekintést kapunk a rovarfogyasztás (entomofágia) eredetéről, történetéről, trendjeiről, fogyasztói megítéléséről, a rovarok tápanyag összetételéről, például azok magas fehérjetartalmáról, vagy a vonzó aminosav profiljukról. Ezek mellett megemlítsre kerül a kényelmi élelmiszerek piaca, sajátosságai, a zab és zabszelet szerepe, valamint több, korábban végzett kutatómunka, amelyek szintén ezt az alternatív fehérjeforrás felhasználását vizsgálták. Ezen fejezet célja, hogy egy átfogó képet nyújtson a termék lehetséges előnyeiről, kedveltségéről, veszélyeiről, és esetleges hiányosságokról.

A kutatás során mátrixnak a zabszeletet választottam, hiszen elkészítése relatív egyszerű. A felhasznált zab gluténmentes, ezáltal szélesebb körben fogyasztható, emellett

pozitív élettani hatásokkal rendelkezik. A kiválasztott rovarokat (*Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor*) különböző mennyiségben használtam fel a termékek elkészítése során, ezek már korábbi tanulmányokban felhasznált, illetve az Európai Unió által emberi fogyasztásra alkalmas rovarok voltak. Az analitikai mérések során az általános összetétel meghatározására került sor, standard módszerekkel. Az érzékszervi vizsgálat során egy fajta terméket 60 laikus bíráló vizsgált a “check-all-that-apply” módszerrel. Az érzékszervi vizsgálatot megelőzően megtörtént a bírálói lap összeállítása, amit a bírálók később elektronikus formában töltöttek ki.

## 2. Munka célja

Szakedolgozatom a fenntartható fehérjeforrások és azok mindennapi étrendbe való integrálásának lehetőségeit vizsgálja. A rovarokkal dúsított zabszelet fejlesztése egy újszerű megközelítése a kényelmi élelmiszereknek, amely összhangban van az ökológiai és táplálkozási igényekkel. Ez a kutatás nemcsak arra törekszik, hogy egy innovatív fehérjeforrással rendelkező, fehérjében gazdag zabszeletet állítson elő, hanem arra is, hogy átfogó élelmiszeranalitikai elemzéssel validálja annak táplálkozási előnyeit. Emellett a tanulmány célja, hogy érzékszervi vizsgálattal felmérje a fogyasztók hozzáállását, rávilágítva ennek a terméknek a szélesebb élelmiszer-piacon belüli elfogadottságára és lehetőségeire.

A munkám célja egy olyan, fogyasztók számára is attraktív rovarral dúsított zabszelet elkészítése, ami hozzájárul ennek a hazánkban új, alternatív fehérjeforrásnak a széleskörű megismertetéséhez. Ezen szakedolgozat segít ismertetni a rovarok felhasználási lehetőségeit és alkalmazásait, végső soron pedig betekintést nyújt a fenntartható, tápláló és innovatív élelmiszerek fejlesztésébe.

## 3. Irodalmi áttekintés

### 3.1. Entomofágia

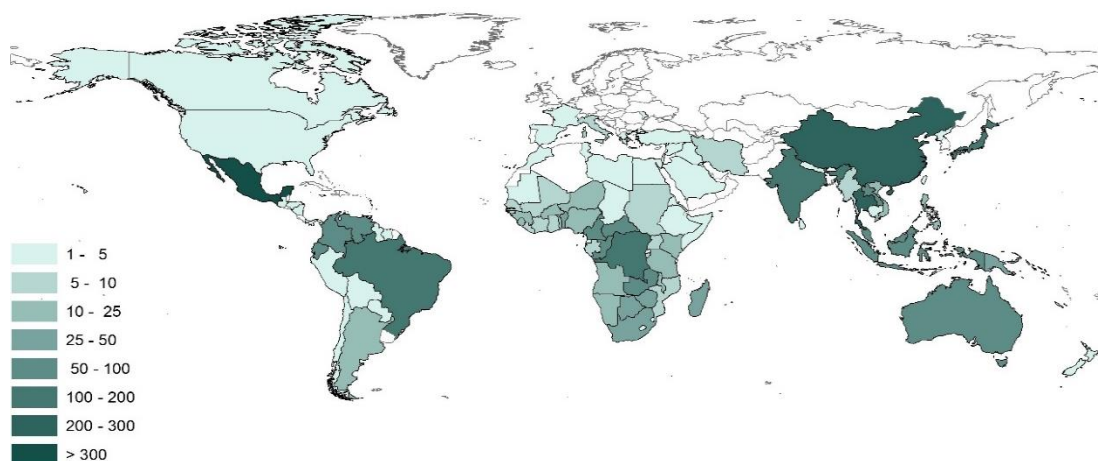
Földünk népessége az elmúlt évtizedek során soha nem látott mértékben növekedett, egyes becslések szerint az évszázad végére akár a 10,9 milliárd főt is elérheti (UN, 2017). A megnövekedett népesség természetes velejárója az élelmiszerkereslet növekedése is, amelyet sükségszerű kielégíteni. Jelenleg a mezőgazdaság (ezen belül nagy részben az élelmiszeripar) világszerte jelentősen hozzájárul az olyan környezeti problémákhoz, mint az éghajlatváltozás, az erdőirtás, a víztestek eutrofizációja, a talajok szikesedése, a vízkészletek kimerülése, illetve felelős az üvegházhatású gázok kibocsátásának 26-50%-áért (Bíró és mtsai. 2020). Mindezek mellett a keletkező hulladékok mennyisége is figyelemre méltó, sokszor az eredeti nyersanyagok tömegének közel felét is elérheti, amelyek többsége biológiailag lebomló és értékes erőforrásokat is tartalmazhat, például fehérjéket, szénhidrátokat és zsírokat (Odegard és van der Voet 2014). A népességnövekedés, és ezzel párhuzamban növekvő jólét globálisan az állati eredetű termékek iránti kereslet növekedését fogja eredményezni, 2050-re több mint 75%-kal nőhet a jelenlegi szintől, amelyet főként a fejlődő országokban figyelhetünk meg (van Huis és Oonincx 2017). Habár a hús általánosságban emberi táplálkozás teljes energiamennyiségének 15%-áért felelős, mégis a mezőgazdasági területek aránytalanul nagy részét, mintegy 80%-át (3400 millió hektár legelőként és 500 millió hektár szántóföldként) haszonállatok legeltetésre és az azoknak szánt takarmány termesztésére használják fel (van Huis és Oonincx 2017). Ugyan az ipar jelenlegi termelése is számottevő teherrel van a környezetre, a jövőben a megnövekedett igény kiszolgálásra emelkedő volumenű ipari termelés csak további terhet fog helyezni az ökoszisztémára, miközben a jelenleg is rendelkezésre álló mezőgazdasági erőforrások száma lényegesen nem fog növekedni (Odegard és van der Voet 2014). A korlátozottan rendelkezésre álló földterületek fenntarthatóbb étrendre, csökkentett húsfogyasztásra vagy alternatív fehérjeforrások felhasználására ösztönöznek. Ezen feltételeknek megfelelő, potenciális nyersanyag lehet a jövőben a rovarok csoportja.

A rovarok jelenléte az emberi táplálkozásban nem forradalmi ötlet, jelenlétük évezredek óta megfigyelhető. A legkorábbi bizonyítékok között megtalálhatóak korpolitok (fossilizálódott ürülék, amely az adott élőlény étrendjéről, táplálkozási szokásairól ad információt), ami arra enged következtetni, hogy mind a Homo sapiens, mind más emberfélék étrendjében jelentős részt képeztek a rovarok, még mielőtt a vadászathoz és gyűjtögető életmódhoz szükséges eszközöket kifejlesztették volna (Govorushko 2019). A

történelem során rengeteg írásos feljegyzés készült az entomofágia jelenségéről, amelyek a világ minden tájáról beszámolnak a rovarok fogyasztásáról, fogyasztási szokásokról, felhasználásukról. Bizonyos források szerint Kínában 3200 évvel ezelőtt kezdtek el rovarokat enni, 500 évvel később pedig az asszírok beszámolnak hasonlóról. Európában elsőként Arisztotelész említi meg a rovarok élelmiszerként való felhasználását *Historia Animalium* című művében, i.e. 77-ben pedig a rómaiak is megjegyzik, hogy birodalmuk lakosai között népszerűségnek örvendenek bizonyos fajták fogyasztása (Govorushko 2019). A három nagy világvallás - kereszténység, judaizmus és az iszlám - szent könyveiben is megjelenik a rovarévés gyakorlata, például a Biblia Újszövetségében Keresztelő János kapcsán, akiről azt mondják, hogy szinte kizárólag sáskákon és mézen élt (Márk, 1:6). Az újkorban a marokkói Leo Africanus (1550) említést tesz, hogy a nomádok Líbiában és a mai Szaúd-Arábiában főtt és szárított sáskákat fogyasztottak, René Antoine Ferchault de Réaumur francia természettudós 1737-ben megjelent hatkötetes művében (*Mémoires pour servir à l'histoire des insects*) írt a rovarok élelmiszerként való felhasználásáról több francia tartományban (van Huis 2013). A modern nyugati társadalomban a rovarok élelmiszerként való felhasználását DeFoliart vitatta.

Napjainkban 130 országban megtalálható több, mint 3000 etnikai csoport étrendjében játszanak jelentős szerepet a rovarok különböző fajtái (1.ábra), becslések szerint az entomofágiát világszerte legalább 2 milliárd ember gyakorolja rendszeresen. A rovarok fogyasztását, illetve felhasználását számtalan tényező befolyásolja, többek közt pszichológiai, társadalmi, vallási, antropológiai, földrajzi (Costa-Neto és Dunkel 2016; Govorushko 2019). Habár a közelmúltban növekvő tendenciát mutatnak a rovarfogyasztás lehetőségeiről szóló cikkek, tanulmányok és könyvek száma, sajnos a nyugati országokban még így is igen rossz megítélése van, sokszor primitív vagy visszamaradott szokásnak tartják, a vonakodás fő okát főként a tájékozatlanság és kulturális ellentmondások adják. Fontos kiemelnünk, hogy ezen élőlények nem csak rossz gazdasági helyzet vagy éhínség esetén állhatnak szolgálatunkra, kiemelkedően magas energia-, és tápanyagtartalmukkal bármikor javíthatunk velük táplálkozásunk minőségén. Bízthatónak tekinthető, hogy mára már megjelent néhány rovartartalmú termék a piacon, például energiaszelet, chips, rovarpor, durva rovar őrlemény formájában (Costa-Neto és Dunkel 2016; Nowakowski és mtsai. 2022).





1. ábra: Térkép a világ különböző országaiban elfogyasztott rovarfajok számáról  
(Costa-Neto és Dunkel 2016)

A fejlett országok fogyasztóinak előítéletét három ok ismertetésén keresztül csökkenthetjük, ezek pedig az egészségre gyakorolt pozitív hatások, a környezeti hatások, illetve a társadalmi-gazdasági előnyök (van Huis 2013). Az ehető rovarok, melyek 77-98%-a, fajtól függően, fogyasztható az ember által, nagy mennyiségben tartalmaznak különböző tápanyagokat, amelyek szükségesek az emberi szervezet egészséges működéséhez.

### 3.2. Ehető rovarok tápanyagtartalma

A rovarokból nyerhető mikro – és makrotápanyagok (vitaminok, ásványi anyagok, fehérjék, szénhidrátok, zsírok) aránya alapján a legtöbb rovar hasonló tápértékkel rendelkezik, mint a leggyakoribb állati és növényi élelmiszerek, egyes esetekben pedig, például a házi tücsök (*Acheta domesticus*), sokkal tápanyagdúsabbnak bizonyultak, mint a marha vagy a csirke (Payne és mtsai. 2016). Az állati fehérjeforrások, köztük a baromfi, a marhahús és a hal helyettesítésére is szolgálhatnak. A rovarok többsége, különösen a tücskök, eléri vagy meghaladják a felnőttek számára szükséges legtöbb esszenciális aminosav, köztük a hisztidin, izoleucin, leucin, lizin, treonin, triptofán és valin szintjét, Raheem és munkatársai által 2019-ben megjelent tanulmánya szerint (Raheem és mtsai. 2019). Emellett megemlítik, hogy a szójababhoz képest - ami egy elterjedt növényi fehérjeforrás - az ehető rovarok magasabb fehérjetartalommal rendelkeznek. Fontos kiemelni, hogy a házitücsök, valamint más ehető rovarok fehérje-, és aminosavtartalmát környezeti tényezők befolyásolják, beleértve a rovarok életszakaszát, táplálkozását és nemét.

Annak ellenére, hogy a házitücsök kiváló minőségű fehérjeforrás lehet, ez nem feltétlenül igaz minden esetben (Govorushko 2019; Nowakowski és mtsai. 2022).

Az ehető rovarok bővelkednek vitaminokban és ásványianyagokban, ez pedig kérdéseket vet fel a lehetséges egészségügyi felhasználásukkal kapcsolatban. A különböző tücsökök magas B12-vitamintartalma segíthet elkerülni a perniciosus vérszegénységet, a kognitív képességek romlását, valamint lehetséges pozitív hatása van a szív-, és érrendszeri betegségekre, ugyanis a homocisztein koncentrációjának csökkenése előnyös a kardiovaszkuláris betegségek kialakulásával szemben (Nowakowski és mtsai. 2022). Emellett a magas kalciumtartalmuk miatt is előnyös lehet a rovarok fogyasztása, növelik a csontok ásványi sűrűségét és csökkentik a csonttörés kockázatát, különösen az időseknél. Ezenkívül a tücsökben és más ehető rovarokban található vas és cink is segíthet elkerülni a vérszegénységet, javíthatja az emberi immunrendszert, a kognitív funkciókat és az emésztőrendszer egészségét, ha kiegyensúlyozott étrend részeként fogyasztják (Govorushko 2019). A kitin, amely jó rostforrás és számos különböző rovar exoskeletonjában megtalálható, szintén erősítheti az immunrendszert (Raheem és mtsai. 2019). Telítetlen-, és többszörösen telítetlen zsírsavak jelenléte is megfigyelhető az ízeltlábúakban (Kinyuru és mtsai. 2015). Ezen zsírok bevitele pozitív egészségügyi hatással bír főként a szívre nézve, jellemzően növényi olajok, diófélék, magvak és halak szolgálnak forrásként.

Stull és munkatársai kutatásában a résztvevőknek szárított tücsköt adagoltak por formájában, 14 napon keresztül napi 25 gramm mennyiségben. Ennek hatására a *Bifidobacterium animalis* nevű probiotikus baktérium jelenléte növekedett a szervezetben és csökkentette a plazma tumor nekrosis faktor (TNF)- $\alpha$  szintjét egészséges személyeknél. Ezen probiotikum megnövekedett jelenléte (abundanciája) továbbá összefüggésben állhat a légúti fertőzések, a hasmenés és az antibiotikum mellékhatások megelőzésével. Ez a megállapítás arra enged következtetni, hogy rovar jelenléte a szervezetben olyan mikrobiótát hozott létre, amely képes javítani az emésztőrendszer egészségét (Stull és mtsai. 2018). A TNF- $\alpha$  egy kulcsfontosságú gyulladáskeltő citokin, amely számos betegség kóros folyamatával áll kapcsolatban, beleértve a szklerózis multiplexet, a gyulladós bélbetegségeket, a reumatoid artritist és számos rákos megbetegedést (Nowakowski és mtsai. 2022). Nongonierma és munkatársai örölt tücskökkel folytatott vizsgálataik során értékelték az ehető rovarokból származó fehérjék biológiai hatásait enzimatisz hidrolízist követően (Nongonierma és FitzGerald 2017). Ezek az antimikrobiális peptidek például segítették és javították a sertések és tyúkok emésztőrendszerének egészségét, valamint

erősítették immunrendszerüket és fokozták a takarmányból származó tápanyagok felszívódási képességét (Nowakowski és mtsai. 2022).

A rovarok magas fehérjetartalma miatt azok nyersanyagként való felhasználása hatalmas lehetőséget rejt a táplálékkiegészítőket gyártó cégek számára. Erőnléti edzés követő 48 órában a testben fokozott fehérjeszintézis figyelhető meg, amely mértéke több tényezőtől függően tovább nőhet, például a megfelelő aminosavak jelenlétében, vagy ha fehérjében és szénhidrátban gazdag táplálékot (vagy táplálékkiegészítőt) viszünk be a szervezetben, hiszen az így bekerült szénhidrát az inzulinszint növekedését idézi elő, ami meggátolja az izomfehérjék bomlását. Mivel a házi tücsök és más *Orthoptera* rovarok bizonyítottan az állati fehérjeforrásokban található leucin mennyiségéhez hasonló értékekkel rendelkeznek, illetve a többi esszenciális aminosav is megtalálható bennük megfelelő mennyiségben, a rovar eredetű fehérje más szénhidrátokkal együtt, erőnléti edzés utáni fehérjekiegészítőként történő használata fokozhatja az izomfehérje szintézist és csökkentheti az izomfehérje lebomlását (Nowakowski és mtsai. 2022). Ennek vizsgálatát Vangsoe és munkatársai fiatal férfiakon végezték el egy másik tanulmányban (Vangsoe és mtsai. 2018). Azoknál a résztvevőknél, akik nyolchetes erőnléti edzés mellett rovarfehérje-kiegészítőt kaptak, azt tapasztalták, hogy az izomerő, illetve a zsír-, és csontmentes tömeg egyaránt nőtt; azonban nem találtak észrevehető különbséget a rovarfehérje-kiegészítőt és az izokalóriás szénhidrát-kiegészítőt fogyasztó alanyok között ezen eredmények tekintetében.

### 3.3. Entomofágia környezeti hatásai

Az állati eredetű élelmiszerek nagy mértékben megtalálhatóak a nyugati kultúrában élők étrendjében, meghaladva a szakemberek által előírt táplálkozási irányelveket. Ha ezen termékek fogyasztását a jelenlegi felére mérsékelnénk, az Egyesült Királyságban 65%-kal, az Európai Unióban pedig 25-40%-kal csökkentené az üvegházhatású gázok kibocsátását (van Huis és Oonincx 2017). Ennek egyik lehetséges megoldása lehet az, hogy az állati eredetű fehérjék bevitelét redukáljuk és növényi fehérjével helyettesítjük, a kérődzőkről pedig áttérünk a kisebb termetű állatokra (például sertések és baromfi) (McAlpine és mtsai. 2009). A húsfogyasztás csökkentésével és ezzel párhuzamosan a földterületek megőrzésével csökkenthető az üvegházhatású gázok kibocsátása és növelhető a biodiverzitás. A minimális környezeti hatással járó takarmányok felhasználása a hal-, sertés- vagy baromfityénysztésben további pozitív következményeket hozhat magával (van Huis és Oonincx 2017).

Ooninx és de Boer megvizsgálta a hagyományos szarvasmarha-tenyésztés anyagi és környezeti következményeit rovartenyésztő gazdaságok között. Egy holland rovarfarm működését vizsgálták, amely a baromfi és halak takarmányozására szolgáló zophobák (*Zophobas atratus*) és közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárváinak nevelésére specializálódott, majd összehasonlították a hagyományos háziállatok tenyésztéséből származó adatokkal. A lárvák tenyésztésének környezeti hatásai (az üvegházhatású gázok kibocsátásához való hozzájárulás, amelyet az előállított fehérje kilogrammonként kilogrammnyi kibocsátott szén-dioxidban fejeznek ki) jelentősen alacsonyabbnak bizonyultak, mint a hús-, és tejtermelés során létrejövő környezeti terhelés. Az állati eredetű élelmiszerekhez szükséges földterülethez képest a lárvakeltetéshez felhasznált földterület – amely magában foglalja a takarmányozásra, a tárolásra és a gazdaság területére használt földterületet – nyolc-tizennégyszer kevesebb volt. A lárvák nevelése a döntő fontosságú takarmányhatékonysági mutató szempontjából is vonzónak bizonyult. A rovarok esetében ez az index 2,2 volt, ami valamivel alacsonyabb, mint ami a csirkénél megfigyelhető (2,3), de lényegesen alacsonyabb, mint a sertéshús (4,0) és a marhahús esetében (egészen 8,8-ig). Az Egyesült Államokban széles körben használt referenciaértékek szerint a csirke esetében 2,5 kg, a sertéshús esetében 5 kg, a marhahús esetében pedig 10 kg takarmányra van szükség egy kilogrammnyi plusz élőállat-tömeg előállításához. Ez a rovarok esetében lényegesen alacsonyabb; mindössze 1,7 kg ahhoz, hogy 1 kilogramm közönséges házi tücsköt (*Acheta domesticus*) tudjunk megtermelni (Collavo et al., 2005). Továbbá, tekintettel a korlátozott természeti erőforrásokra és a magas termelési költségekre, a rovarlárvákat tenyésztő gazdaságok a rovarok magas szaporodási arányának köszönhetően több értékes élelmiszerfehérje előállítására lehetnek képesek, mint a hagyományos hús-, és tejtermelő gazdaságok. Ha a csirkéket a lisztbogarakkal hasonlítjuk össze fehérjetartalom alapján, akkor ezen szárnyasok tartása 32-167%-kal magasabb kibocsátással járnak a marhák pedig 6-13-szor több CO<sub>2</sub>-egyenértéket bocsátanak ki (Ooninx és de Boer 2012). Az azonos mennyiségben megtermelt fehérje alapján a thaiföldi baromfitenyésztés 89%-kal több üvegházhatású gázkibocsátáshoz kapcsolódik, mint a tücsöktenyésztés (Halloran és mtsai. 2016).

Az entomofágia hozzájárulhat a növényvédőszer-használat csökkentéséhez, ami egy igen váratlan és érdekes előny lehet. A rovarirtó szerek használata mérsékelhető azáltal, hogy a kártevőnek tekintett ehető rovarokat elpusztításuk helyett begyűjtjük. A termesztett növények mennyiségi növekedése, egy extra táplálékforrás rendelkezésre állása és a rovarölő szerek használatának csökkenése, mind pozitív hatással van az emberi egészségre

és a környezetre. Továbbá fontos figyelembe venni a rovarok „betakarításának” pénzügyi előnyeit, amelyek az agrárágazatokban megjelenhetnek. Latin-Amerikában, Afrikában és Ázsiában fellelhető ennek példája, ahol ezen rovarok gyűjtése a mezőgazdasági termelés során a kemikáliák használatának, valamint a gazdák pénzügyi terheinek csökkenéséhez vezetett. Jelenleg világszerte évente hatalmas összegeket költenek a mezőgazdaságban, főként a gabonafélék kártevők elleni védelmére. A rovarok által okozott termés kiesés az idők során nem csökkent, annak ellenére, hogy a rovarpopulációk csökkentésére különböző kémiai és biológiai módszereket alkalmaztak. A helyzet abszurditása, hogy miközben ezen élőlények fehérje tartalma nem ritka esetben többszöröse a megvédeni kívánt növényekénél, mégis inkább elpusztítják azokat (Govorushko 2019; van Huis és Oonincx 2017).

### 3.4. Élelmiszerbiztonsági megfontolások

Habár a rovarok élelmiszerként való felhasználása megannyi előnnyel jár, szükséges a kellő elővigyázatossággal kezelnünk nyers-, vagy alapanyagként játszott szerepüket. A felmerülő kétségek már megjelenhetnek betakarításnál, termelésénél, de akár elfogyasztásukban is veszély leselkedhet. Az ehető rovarokat sokáig majdhogynem kimeríthetetlen forrásnak tartották, azonban ez az elmélet megdőlni látszik, ugyanis néhány faj kihalási közeli helyzetben van antropogén tényezők miatt. Ezen kívül fontos kiemelni, hogy az emberek által a természetből való összegyűjtés lehetősége közvetlen versenyt jelent a többi ragadozó számára, amelyek ennek következtében ki is szorulhatnak a versenyből, szélsőséges esetben pedig azok populációja is csökkenhet. A csökkenő vagy eltűnő rovarfajok következményeként további rovarok kerülhetnek nehezebb helyzetbe, mindemellett az ökoszisztéma körforgására is negatív hatással lehet, a komposztálás, beporzás vagy más kártevők elleni védelemben betöltött szerepük miatt. Természetesen alapvető probléma lehet, ha ezen élőlények betakarítását hozzá nem értők hajtják végre, vagy nagyobb volumenben valósul meg, mint a rovarok szaporodása, az állomány regenerálódása (Lange és Nakamura 2021). Mivel a kártevőktől származtatható járványok, betegségek megjelenése, illetve terjedése kiszámíthatatlan lehet, elengedhetetlen, hogy a rovargyűjtés gyakorlatát kellőképpen megvitassuk, annak technológiáját fejlesszük akár célfajtól függően, a gazdasági hatékonyságot és megvalósíthatóságot pedig mérlegelni kell a megtermelhető javak függvényében (Govorushko 2019).

Az emberi táplálkozásra szánt rovarok kiválasztásakor figyelembe kell venni a mikrobiológiai, kémiai, fizikai, illetve allergiás megbetegedés, élősködők okozta fertőzés és toxikológiai okokból következő veszélyeket. A rovarfogyasztást aktívan gyakorló

országokban volt rá példa, hogy mérgezéssel és allergiás tünetekkel járó eseteket dokumentáltak. Délnyugat-Nigériában például a selyemhernyó (*Anaphe venata*) fogyasztását követő szezonális ataxiás szindróma esetei figyelhetőek meg. A tiaminhiány az ataxia egyik oka, amely egy olyan neurológiai állapot, amely a fizikai mozgások feletti teljes kontroll hiányát okozza. Az *Anaphe venata* lárváiban található tiamináz, egy viszonylag hőálló enzim, a selyemhernyókat fogyasztva lebonthatja a tiamint az emberi szervezetben, ami akut ataxiához vezet (Elhassan és mtsai. 2019).

Általánosságban elmondható, hogy a rovarok fogyasztása fokozottan kockázatos lehet, ha azokat a nem megfelelő fejlődési szakaszukban, vagy nem megfelelően feldolgozott állapotukban fogyasztjuk. A szöcskék és sáskák elfogyasztása lábaik eltávolítása nélkül bélelzáródást okozhatnak. A *T. molitor*, az *A. domesticus* és a *Brachytrupes* egyedek mikrobiális összetételét vizsgálták egy másik tanulmányban, ahol három különböző állapotban, frissen, feldolgozva és tartósítva elemezték azokat. Az eredmények azt mutatták, hogy az Enterobacteriaceae és a sporuláló baktériumok számos formája felismerhető, majd izolálható volt a nyers rovarokból, amelyekbe ezen szennyeződések valószínűleg talajjal való kontakt útján kerültek belejük. Az ehető rovarok mikrobiológiailag ártalmassá válhatnak, ha nem biztosítottak a megfelelő hőkezelés vagy tárolás feltételei (Kouřimská és Adámková 2016). Ezen élőlények beltartalmi komponenseiből is származtatható ártalmas hatás az emberre nézve. A lisztkecskék (*Tenebrio molitor*) testében lévő Cd és Pb szintje megegyező azon talaj teljes fémkészletével, amelyben a lárvák éltek (Vijver és mtsai. 2003). Ezenkívül egyes rovarok természetesen előforduló toxinokat, például cianogén glikozidokat hordozhatnak (Kouřimská és Adámková 2016). Némely állat külsejét kitin borítja, amely az emberi szervezet számára nehezen emészthető lehet, ugyanis a kitint bontó kitináz enzim nem megfelelő mennyisége vagy működése allergiás reakcióhoz vezethet. Ezen kívül fontos tudni, hogy a rovarok fogyasztása egészségügyi problémákat okozhat azok számára, akikben a különböző kagyló-, és rákfélék fogyasztása allergiát okoz. Ez természetesen megköveteli, hogy a fogyasztók védelme érdekében a rovarokat tartalmazó élelmiszereket különleges, figyelemfelkeltő címkével lássuk el (Elhassan és mtsai. 2019).

### 3.5. Snack termékek

A snack kifejezés definíciója a mai napig nem teljesen tisztázott, az American Heritage Dictionary meghatározása szerint a snack "sietős vagy könnyű étkezés" vagy "étkezések között elfogyasztott étel", de a továbbiakban elfogadhatjuk, hogy snackeknek az étkezések között elfogyasztott kisebb, kevésbé összetettebb kényelmi élelmiszereket

nevezzük. Ezek különböző formában kerülhetnek a fogyasztók elé, például frissen, előre csomagolva vagy feldolgozott élelmiszereként. Utóbbi esetben a termelők céljai közé tartozik, hogy az így előállított termékek magas élvezeti értékkel rendelkezzenek, kevésbé romlandóak, tartósak és könnyen hordozhatóak legyenek. Manapság az emberek gyakrabban fogyasztanak ilyen élelmiszereket, hiszen az egyszemélyes háztartások számának növekedése, a dolgozó házastársak növekvő aránya, az uzsonnát fogyasztó iskoláskorú gyermekek létszáma, a rendkívül mobilis népesség, valamint az automatákban és a kisboltokban kapható snackek mennyisége mind hozzájárulnak a nassolás terjedő népszerűsödéséhez, hiszen ezen esetekben a hagyományos étkezéseket gyorsan helyettesíthetik és könnyebben elérhetőek (Riaz 2016). Ezek a termékek között a legjelentősebbek a burgonya chips, kukorica és tortilla chips, illetve az extrudált snackek. Ezek ma már egyre nagyobb arányban járulnak hozzá a napi energiabevitelhez az étrendben, ezt a fogyasztások gyakorisága, és az ezekből származó bevételek nagysága támasztja alá, ez 2022-ben 506,20 milliárd amerikai dollárt jelentett. A piac várhatóan évente 5,58%-kal fog növekedni a következő 5 évben (Statista 2022).

Fogyasztási gyakoriság tekintetében megfigyelhető, hogy Ausztráliában és az USA-ban a 2-18 éves gyermekek körében a snackek fogyasztása a teljes napi energiabevitel mintegy 30%-át, illetve 24%-át tette ki (Ng és mtsai. 2022). Európában ugyanez az élelmiszercsoport a napi energia 14, 29 és 31%-áért felelt a mediterrán, az északi és a közép-európai országokban. Észak- és Közép-Európában a snackek nagyobb arányban járultak hozzá a napi energiabevitelhez, mint a reggeli vagy az ebéd. Mexikóban az emberek 2012-ben naponta átlagosan 1,6 snacket fogyasztottak, ami 343 kcal-t, vagyis az összes energia közel 17%-át tette ki naponta. Az amerikaiak mintegy 9%-a napi energiájának több mint 50%-át snackeken keresztül viszi be (Mattes 2018). A magyarországi kényelmi élelmiszerek fogyasztási szokásait Plasek és munkatársai mérték fel 2018-ban. Ezek szerint a fogyasztás hajlandóságát befolyásolja a fogyasztó neme, életkora és végzettsége. Megfigyelhető, hogy ezen termékeket a nők kevésbé fogyasztják, mint a férfiak. A leggyakoribb fogyasztók a 18–39 év közöttiek közül kerül ki, míg a 40–49 éves korcsoport fogyaszt a legkisebb mértékben ilyen termékeket. Végzettség szerinti felmérés alapján megfigyelhető, hogy a szakmunkás végzettséggel rendelkezők számítanak a legnagyobb kényelmi élelmiszer-fogyasztóknak, a nyolc általánossal vagy kevesebbel rendelkezők pedig a legritkábban fogyasztanak ilyen termékeket (Plasek, Nagy, és Temesi 2018).

Az előző évtizedek során az étrendben egyre növekvő mennyiségben megtalálhatóak az ilyen fajta termékek, ezért célszerű lehet ezek hatásait röviden megismerni. Általánosságban elmondható, hogy a snackeket egészségesebbnek (pl. gyümölcs) vagy kevésbé egészségesnek (chips) tekinthetjük. Az előbbiekre igaz, hogy alacsonyabb zsír-, cukor-, só-, és kalóriatartalommal rendelkeznek, hosszabb távon fogyasztva sincsenek rossz hatással az általános egészségügyi állapotra. A kevésbé egészséges kényelmi termékek ezzel szemben sokat árthatnak az azokat fogyasztóknak. Ezekre jellemző, hogy kevés vagy semmilyen tápanyagtartalommal nem rendelkeznek, különösen a magas nátrium-, cukor-, és zsírtartalmuk. A fehérjebevitel csökkenésével és a rendszeres feldolgozott élelmiszerfogyasztás növekedésével a telített-, és transzzsírok formájában megjelenő zsírok szervezetben való megnövekedett szintjét eredményezte. Az elhízással összefüggő betegségek, mint a magas vérnyomás, a cukorbetegség, a szív-, és érrendszeri betegségek nagyrészt a szénhidrátok, az egészségtelen zsírok és az édességek megnövekedett fogyasztásának köszönhetőek (Tumuluru 2016).

Mivel a fogyasztók egyre nagyobb figyelmet szentelnek az egészségükre, az ártalmasabbnak számító termékek helyett fokozottan növekszik az igény az olyan kényelmi élelmiszerek után, amelyek jótékony hatással vannak a szervezetre és hozzájárulnak az egészséges életmódhoz, ugyanakkor tárolásuk, kezelésük és fogyasztásuk is kényelmes. Az Egészségügyi Világszervezet (2004) is támogatja az olyan innovatív élelmiszerek fejlesztését és gyártását, amelyek a tudatos és egészséges táplálkozást jelképezik a fogyasztók számára. Ennek a megvalósítása többféle módon történhet, például a megfelelő minőségű és tápértékű nyersanyag felhasználásával, vagy dúsítással, amely során a már rendelkezésre álló valamennyi alapanyagon felül különböző mikro-, és makrotápanyagokat adunk hozzá. Az egyszerűbb, fogyasztásra kész termékek, mint például a müzliszeletek, a legmegfelelőbb választást jelentik, amely hozzájárul a fogyasztók egészséges életmódjához. A növekvő egészségtudatosság, az egészséges magatartás kiépítése és a kisebb étkezések előnyeinek tudatosítása hozzájárul a snackfogyasztás növekedéséhez, ami várhatóan táplálja az irántuk jelentkező keresletet. A városi lakosság számának és az egy főre jutó jövedelem növekedésével, az aktívabb életmóddal, a magasabb rendelkezésre álló jövedelemmel és a gyors életmódból adódó kényelmi igényekkel együtt azonban megnőtt a fogyasztásra kész snackek iránti kereslet (Riaz 2016).



### 3.6. Funkcionális snack termékek

A piac elkezdett jelentős érdeklődést mutatni a funkcionális összetevőket tartalmazó élelmiszerek fejlesztése iránt, emiatt például a sütőipar ezeknek az igényeknek megfelelő élelmiszerek fejlesztésébe fekteti az erőfeszítéseit. A gabonafélék vonzó alternatívát kínálnak különböző funkcionális élelmiszerek, például pékáruk, sütemények vagy snack-szeletek előállításához. A müzliszelet olyan termék, amely gabonafélék és más további összetevők prezelésével készül, amelyeket a legtöbb esetben glükózszirup tart össze. A müzliszeletek népszerű alternatívája a kevésbé egészséges snackeknek, megfelelő gyors energiaforrásnak edzés előtt, illetve étkezés helyettesítésére. Már az 1990-es években az amerikai sportolók a müzliszeleteket gyors energiaforrásként használták, főként olyan sportágakban, mint a kerékpározás, a hegymászás és futás, de a fogyasztói szegmens azóta jóval nagyobb lett és a müzliszeleteket az alkalmi fogyasztók is széles körben használják. A müzliszeletek a gyors reggelik és az iskola utáni uzsonnák egyik fő szereplőivé váltak. Ezek a termékek azonban nem csak hordozhatóságuk miatt népszerűek, hanem a velük kapcsolatos egészségügyi vonatkozások miatt is. Szinte minden jelentősebb, hasonló kategóriájú terméket, mint a gabonapehely vagy müzliszelet, az egészség és a jólét hozzávalójaként reklámoznak. A müzliszeletek globális fogyasztása 2007-ben 11%-kal nőtt, így a piaca akkorra mintegy 4 milliárd dollárra volt tehető. A müzliszeletek piaca ennek következtében tovább gyarapodott és a szélesebb közönség megszólítása, valamint a fogyasztók nagyobb számban történő megnyerése érdekében az összetevők széles választékát kínálta. Jelenleg nincs egységes nemzetközi osztályozási rendszer a müzliszeletekre, nem tartoznak az élelmiszerek egyetlen meghatározott csoportjába sem. Egyes országok müzliszeletek ugyanabba a kategóriába tartoznak, mint a snackek, édességek, gabonapelyhek stb. (Riaz 2016; Tumuluru 2016).

Az utóbbi években a fogyasztók egyre nagyobb figyelmet szentelnek a jótékony összetevőket tartalmazó élelmiszerek iránt, ezáltal a zab iránti érdeklődés is megnőtt. A zab (*Avena sativa*) a Poaceae családba tartozó gabonaféle, ami a vásárlók körében világszerte nagy népszerűsége tesz szert magas tápértéke miatt, napi szintű fogyasztása számos egészségügyi előnnyel jár. Alapvetően gluténmentes élelmiszernek minősül, de a termelés és/vagy feldolgozás kellő elővigyázatosságot igényel, hogy elkerüljék a más, gluténtartalmú termékkel való szennyeződést (Martínez-Villaluenga és Peñas 2017). A sokak által fogyasztott gabonafélékhez, például a kukoricához és a rizshez képest magasabb fehérjetartalommal rendelkezik, az esszenciális aminosavak meglehetősen jó arányával. Az élelmiszerek bő választékában, többek között alacsony energiatartalmú italokban

gyógyászati célú élelmiszerekben, pékárukban és müzlikben is megtalálható. A globális élelmiszerbiztonsági problémák, az egyre nagyobb gondot jelentő túlsúly és alultápláltság növekedésének idején a zab önmagában is megfelelő megoldást kínál ezekre, továbbá olcsó, tápláló termékek összetevője is lehet (Karmally és mtsai. 2005; Păucean, Man, és Pop 2015). Az FDA (Egyesült Államok Élelmiszer- és Gyógyszerügyi Hivatala) és az EFSA (Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság) iránymutatásai alapján a zab jó fehérje-, vas-, magnézium-, foszfor-, cink-, réz-, mangán-, és szelénforrás lehet (Chen és mtsai. 2021). Sok polifenolt tartalmaz, többek közt fenolsavakat, szterolokat, tokoferolokat és tokotrienolokat, illetve avenantramidokat. Gazdag forrása élelmi rostnak, illetve a  $\beta$ -glükán nevű vegyületnek. A  $\beta$ -glükán egy lineáris, nem elágazó poliszacharid, amely egészségügyi hatásait számtalan tanulmány vizsgálta. Ezek alapján magabiztosan állítható, hogy fogyasztása jótékony befolyással van a vércukor-, és koleszterinszintre, hatásos a szív-, és érrendszeri betegségekre, cukorbetegségekre és a rák egyes típusai ellen. Hatásai összefüggenek a saját fizikai, kémiai és reológiai jellemzőivel, például a molekulatömeggel, a konformációval, a vízdoldhatósággal és a viszkozitással (Butt és mtsai. 2008; Martínez-Villaluenga és Peñas 2017).

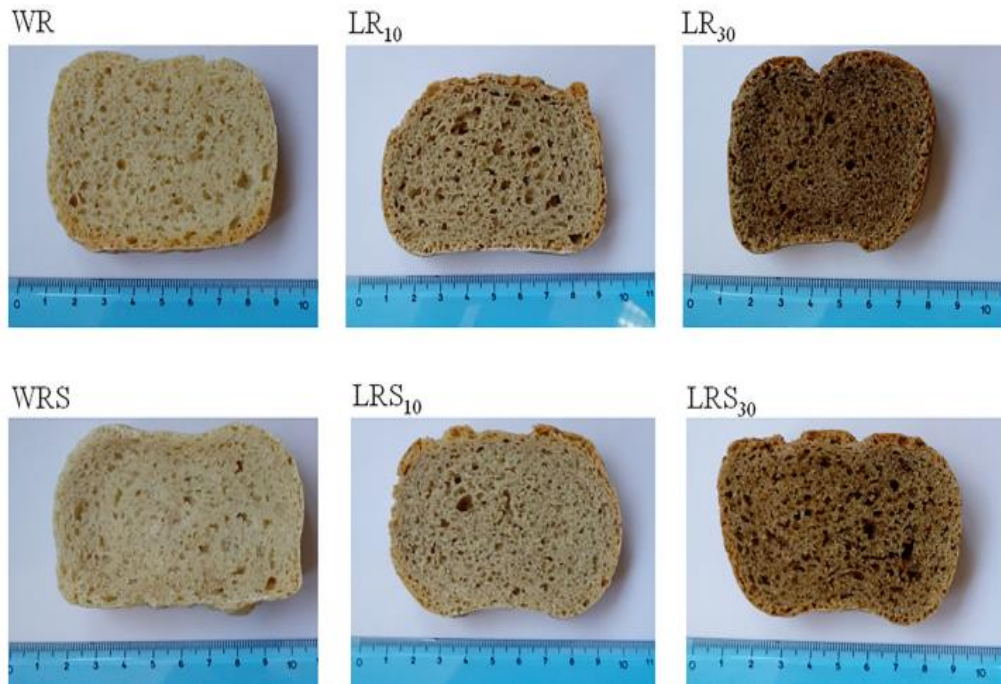
A zabbal kapcsolatban felmerülő problémák a viszonylag magas zsírtartalom (7-9%) és a lipáz enzim jelenléte. Mielőtt a zabot snack készítésében felhasználnák, kívánatos a lipáz inaktíválni. Ellenkező esetben a lipáz katalizálná az olaj hidrolízisét, ami keserű ízű szabad zsírsav keletkezéséhez vezetne (Riaz 2016). A zab keményítőszemcséi más keményítőkhöz képest viszonylag kis méretűek (2-12 mm). A zabkeményítő számos élelmiszeripari termékben felhasználható, pl. levesek, szószok, pékáruk, tejtermékek, snackek és tészták készítése során, hiszen a felhasználásával olyan egészséges élelmiszereket fejleszthetők ki, melyik alacsony kalória-, és zsírtartalom mellett és magas rosttartalommal rendelkeznek. Az élelmiszeriparon túlmutatóan felhasználható papír és karton gyártásánál, kozmetikai termékek bevonatképzésénél vagy a talkum (zsírkő) helyettesítésére. A zabkeményítő olyan oldható makromolekulákat biztosít, amelyek nagy viszkozitást, tapadást és felületi bevonó tulajdonságokat kölcsönöznek, ezek egyes esetekben rendkívül kívánatosak az élelmiszeriparban. A zabkeményítő nem nyújt többet más, kereskedelemben is fellelhető keményítővel szemben, azonban rendelkezik néhány egyedi tulajdonsággal, például egyedülálló csírizesedési folyamattal rendelkezik, mivel a maximális viszkozitás eléréséhez kevesebb időre és alacsonyabb hőmérsékletre van szükség (Punia és mtsai. 2020). A zabkeményítőnek nagyon erős íze van, világosbarna színt ad a terméknek. Viszonylag alacsony zselésítési hőmérsékletet igényel, de a főzésnél nagyobb az

energiaigénye a magasabb olajtartalom miatt. A zabkeményítővel extrudált snackek kevésbé hatékonyan duzzadnak, emiatt csak kis mennyiségben került be a termékekbe, azonban előkondicionálóval ellátott hosszabb hordós extruderek használatával nagyobb mennyiségű zabot lehet felhasználni a snackekben (Riaz 2016).

A világ zabtermelése 2014-ben meghaladta a 22 millió tonnát, a legnagyobb termelők Oroszország, Kanada, Lengyelország, Ausztrália, Finnország és az USA (A. Omran 2018). Népszerűségének és fogyasztásának óriási növekedése ellenére az elmúlt években folyamatosan csökkent a termelése, különösen Európában, más gabonafélék, például a búza és az árpa dominanciája miatt (Martínez-Villaluenga és Peñas 2017). Általánosságban elmondható, hogy a zabot zabpehelyként vagy a reggeli gabonapelyhek összetevőjeként forgalmazzák, a hagyományosan zabot tartalmazó élelmiszerek közé tartoznak a pékáruk és a müzlik. Az új technológiáknak és az egészségre gyakorolt hatásai miatt a zab iránti nagyobb érdeklődésnek köszönhetően a zabalapú snacktermékek a jövőben nagyobb népszerűségnek örvendhetnek.

### 3.7. Rovarok, mint funkcionális alapanyagok

A közelmúltban megnövekedett az olyan kísérletek száma, ahol különböző rovarokkal dúsított élelmiszereket állítottak elő. 2020-ban Roncolini és munkatársai alombogár (*Alphitobius diaperinus*) porrá őrölt lárváit felhasználva készítettek kétszersültet (Roncolini és mtsai. 2019). Munkájuk célja az volt, hogy a hagyományos kétszersültet fehérjével és más ásványi anyagokkal dúsítsanak, amely során kizárólag őrölt rovar, búzalisztet (*Triticum aestivum L.*) vizet, továbbá kovászt és/vagy élesztőt használtak fel. A kovással és élesztővel készült termékek WRS, LRS<sub>10</sub>, LRS<sub>30</sub> kóddal vannak jelölve, csak élesztőt tartalmazó kétszersületek a WR, LR<sub>10</sub>, LR<sub>30</sub> kódjelölést viselik (2. ábra). A mintákat két szinten, 10 m/m%-ban (LR<sub>10</sub>, LRS<sub>10</sub>) és 30 m/m%-ban (LR<sub>30</sub>, LRS<sub>30</sub>) dúsították rovarőrleménnyel a víz hozzáadása előtt. Az előállított terméket fizikai, kémia, mikrobiológiai és érzékszervi vizsgálatoknak vették alá, amelyek közt mértek vízakivitást, mikroba számot, általános összetételt, aminosav összetételt és szint.



2.ábra: Roncolini és munkatársai által alkotott kétszersültek (Roncolini és mtsai. 2019)

A végzett mérések alátámasztották az elvárásokat, a porként felhasznált rovar alkalmas volt a fehérje-, esszenciális aminosav-, és ásványi anyag tartalom növelésére. A vízakaktivitás alacsony volt, amelyet kiemeltek, ugyanis korábban aggályokkal kezelték néhány *Bacillus* és *Paenibacillus* nemzetségbe tartozó baktérium jelenlétét. Az ásványi anyagok jelenlétének növekedése is megfigyelhető volt, de megjegyezték, hogy ez további kutatást igényel. Az érzékszervi vizsgálatot kilenc laikus végezte el, a visszajelzések alapján a legkedveltebb minták a 10%-os kétszersültek voltak, a 30%-os mintákat kedvelték a legkevésbé.

Biró és munkatársai (Biró és mtsai. 2020) tanulmányuk során házi tücsköt (*Acheta domesticus*) használtak fel zabkekszek elkészítéséhez, por formájában. Keksz összetevői az őrölt rovaron kívül zabliszt, laktózmentes vaj, laktózmentes tejföl, illetve hajdinaliszt voltak. Az utóbbi hozzáadása azt a célt szolgálta, hogy csökkentse a minták közötti színekülönbségeket anélkül, hogy jelentősen befolyásolná az ízüket. A kutatás keretein belül négy különböző mintával dolgoztak, egy kontrollal (CP0), amely nem tartalmazott rovar, illetve 5;10;15 m/m%-ban (rendre CP5; CP10; CP15) rovarot tartalmazó kekszekkel (3. ábra). A kifejlesztett élelmiszereknek megmérték a színét, állományát és az összes titrálható savtartalmát. 67 fővel fogyasztói érzékszervi vizsgálatot is végrehajtottak check-all-that-apply módszerével, amely során a bírálók a kedveltség mellett az adott minták jellemzését is elvégezték, előre meghatározott tulajdonságok megjelölésének segítségével.



3. ábra: Bíró és munkatársai által készített zabkekszek (Bíró és mtsai. 2020)

A zabkekszek beltartalmi értéket nem mérték, csak számolták a felhasznált hozzávalók csomagolásán feltüntetett értékekből, az összetevők jelenlétének arányaival. Az eredmények alapján, az Európai Unió 1924/2006/EK rendeletének megfelelően a 10 és 15 g/100 g tücsökkel dúsított (CP10 és CP15) termékek fehérjeforrásnak tekinthetők. A rosttartalom csökkenése és a zsírtartalom enyhe növekedése volt megfigyelhető, mindkét jelenség a rovar és a zab megváltozott jelenlétéből volt származtatható. A színérés eredményei azt mutatták, hogy a rovarok már kis mennyiségben is befolyásolják a minták színét, mivel minden színmérési érték arányosan változott a rovar mennyiségével. A keménységre vonatkozó eredmények szerint a hozzáadott tücsökpor mennyisége nem befolyásolja szignifikánsan a minták keménységét, azonban megfigyelhető ezen értékek növekvő tendenciája a tücsökpor-tartalom arányában. Az érzékszervi vizsgálatra érkezett visszajelzés szerint a CP10 és CP15 jelentősen alulmaradt a kontroll és a legkevesebb rovar tartalmazó (CP5) mintához képest kedveltség tekintetében. A termékkel kapcsolatos, az összes felsorolt tulajdonság közül a zsíros és sajtos íz jelenléte szignifikánsan pozitív hatással volt az általános kedveltségre, az égett íz és a barna szín pedig szignifikánsan csökkentette azt.

Egy 2021-ben készült kutatómunka keretein belül a fejlesztők keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*) és lisztkukac (*Tenebrio molitor*) felhasználásával készítettek muffinokat (Çabuk 2021). A muffinokhoz azonos mértékben adtak hozzá (15 m/m%) a kétfajta rovarból por formájában. A csak búzalisztet tartalmazó mintát kontrollként (C-M)

kódolták. Két olyan mintát, ahol a búzaliszt 15%-át sáska-, és lisztkekacporral helyettesítették, GR-M és MW-M néven jelölték (4.ábra). A minták hamu-, nedvesség-, zsír- és fehérjetartalmát az AOAC-módszerek szerint mérték, a szénhidrát-, és energia tartalmat számolták. Fizikai mérések során megmérték a termékek méretét és térfogatát, állományát és színét. Érzékszervi vizsgálat során 20 képzett bíráló kértek fel arra, hogy értékelje a minták színét, megjelenését, állományát, édességét, szájérzetét, ízét, szagát és általános kedveltségét. Erre a feladatra egy 1-től 9-ig terjedő minősítő skála állt rendelkezésükre, ahol az 1 = rendkívül nem kedvelem, a 9 = rendkívül kedvelem.



4. ábra: Cabuk által készített muffinok (Çabuk 2021)

A mérésekből egyértelműen kiderült, hogy a rovarporokkal való dúsítása jelentős összetételbeli változásokat eredményezett, mint például a fehérje-, és zsírtartalom növekedése és a szénhidráttartalom csökkenése. A rovarok hozzáadása a térfogat csökkenését, lágyabb állományt és sötétebb színt eredményezett. Az érzékszervi jellemzők azt mutatták, hogy a lisztkekacal való dúsítása olyan muffint eredményezett, amely minden vizsgált tulajdonság tekintetében 6,70 és 8,70 közötti kedveltségi pontszámot kapott, ami azt jelzi, hogy a lisztkekac megfelelő összetevő lehet a pékáruk tápértékének növelésében, azonban a sáska hozzáadása jelentősen csökkentette a minták érzékszervi értékelését minden érzékszervi tulajdonság tekintetében.



## 4. Anyagok és módszerek

### 4.1. Felhasznált anyagok

A zabszeletek elkészítéséhez kétféle rovart használtam fel, melyek a keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*, LM) és a lisztkukac (*Tenebrio molitor*, TM) voltak. A zabszeletek további összetevői a zabpehely, zabliszt, cukor, méz, kókuszszír, és sütőpor voltak (1. táblázat). A rovarok a németországi Snack-Insect (Witzeeze, Németország) webshopon keresztül szereztem be 600 grammos kiszerelésben, a többi hozzávalót pedig az Auchan Magyarország Kft. egyik áruházából.

### 4.2. Termékfejlesztés

A kísérlet során összesen tíz zabszelet készült el, két kontroll minta (TM0; LM0), amelyben semmilyen rovar nem található, négy zabszelet lisztkukacot (*Tenebrio molitor*), további négy pedig keleti vándorsáskát (*Locusta migratoria*) tartalmazott. A rovarok négy különböző szinten, 5; 7,5; 10; és 12,5 tömegszázalékban voltak jelen a zabszeletekben. (2.táblázat). A rovarokat felhasználás előtt késes aprító (SENCOR SCB 5100WH-EUE3) segítségével daráltam. A zabpehely, és a zabpehelyliszt mennyisége a hozzáadott rovar mennyiségével fele-fele arányban lett csökkentve. Az összetevőket konyhai robotgép (Bosch MUM4830) segítségével homogenizáltam, majd a nyers masszát állni hagytam öt percig. Ezután a sütést 45 percig végeztem 180°C-on alsó-felső sütési fokozatban, tepsiben sütve, sütőpapírt használva.

1. táblázat: A zabszeletek összetevőinek mennyisége 100 gramm termékben

	LM/TM0	LM/TM5	LM/TM7,5	LM/TM10	LM/TM12,5
	[g/100 g]				
zab	40,6	38,1	36,9	35,6	34,4
zabliszt	10,2	7,7	6,4	5,2	3,9
rovar	0	5	7,5	10	12,5
kókuszszír	13,7	13,7	13,7	13,7	13,7
cukor	12,7	12,7	12,7	12,7	12,7
méz	21,8	21,8	21,8	21,8	21,8
sütőpor	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

2. táblázat: A minták jelölésének magyarázata, ahol az egyes betűk a felhasznált rovarok kezdőbetűiből adódnak, a számjegy pedig a felhasznált mennyiséget százalékban

minta neve	felhasznált rovar	rovar mennyisége [m/m %]
C	-	0
TM5		5
TM7,5	<i>Tenebrio molitor</i>	7,5
TM10		10
TM12,5		12,5
LM5		5
LM7,5	<i>Locusta migratoria</i>	7,5
LM10		10
LM12,5		12,5

### 4.3. Módszerek

#### 4.3.1 Tápanyagtartalom

A zabszeleteket széleskörű vizsgálat alá vettem, amely során meghatároztam a mintákban található makrokomponensek mennyiségét. A nyers fehérjetartalmat Kjeldahl-módszerrel (ISO 20483:2013), a zsírtartalmat pedig Soxhlet extrakció után gravimetriás méréssel (ISO 6492:1999) vizsgáltam. A minták összes szénhidrát tartalmát a fehérje-, zsír-, hamu-, és nedvességtartalom figyelembevételével számoltam ki. Minden mintával három párhuzamos mérést végeztem, a zabszeleteken kívül a rovarokat is külön megvizsgáltam. A minták nyers fehérjetartalmának meghatározásához egyedi szórófaktort számoltam használtam egy 2020-ban végzett tanulmány alapján (Boulos, Tännler, és Nyström 2020).

#### 4.3.2 Hamutartalom

A hamutartalom meghatározása az ISO 2171:2007 szabványos módszer szerint történt. A mérés során minden mintával három párhuzamos mérést végeztünk, a zabszeleteken kívül a rovarok vizsgálatát is elvégeztem. A meghatározáshoz minden esetben 5,0 g mintát mértem be analitikai pontossággal, megfelelően előkészített hamvasztó téglékbe. A hamvasztás előtt a bemért mintákat elégettem Bunsen-égő segítségével, majd 550°C-ra kemencébe helyeztem. A hamvasztás időtartama 4 óra volt, amely után exszikkátorba helyeztem a mintákat 90 percre, majd analitikai pontossággal visszamértem a tömeget. A hamutartalmat a következő képlettel számoltam ki, ahol üres tégely ( $m_1$ ), bemért minta ( $m_2$ ), visszamért tégely ( $m_3$ ):



$$\text{hamutartalom (\%)} = \frac{m_3 - m_1}{m_2} * 100$$

#### 4.3.3 Nedvességtartalom

A minták nedvességtartalmát szárítószekrényben (Memmert UNB 500) történő szárítás után határoztam meg, 19 órán át 60° C – on. Minden zabszelettel három párhuzamos mérést végeztem. A vizsgálat során analitikai mérleget és Petri - csészéket használtam, az utóbbiaknak először üresen mértem le a tömegét ( $m_1$ ), majd ebbe minden esetben belemértem 3,0 g tömegű mintát ( $m_2$ ). Szárítás után megmértem a végtömeget ( $m_3$ ), majd ezek alapján a nedvességtartalmat a következő képlettel számoltam ki:

$$\text{nedvességtartalom (\%)} = \frac{m_2 - (m_3 - m_1)}{m_2} * 100$$

A mérési előkészületek során az üres Petri-csészéket szárítószekrényben szárítottam, majd utána exsikkátorban hagytam lehűlni.

#### 4.3.4 Színmérés

A zabszeletek felületét három ponton mértem Konica Minolta CR-310 színmérő készülékkel. A CIELab színtér szerint a szín az L\*, a\* és b\* paraméterek értékéből határozható meg, amely a világosság, a piros/zöld és a sárga/kék színezet alapján határozható meg. A készüléket mérés előtt, fehér színű etalon alkalmazásával kalibráltam.

#### 4.3.5 Érzékszervi vizsgálat

A zabszeletek érzékszervi vizsgálata a sütést követő napon történt. A kétfajta rovarral dúsított zabszeleteket, illetve a kontroll mintákat 60-60 fogyasztó bírálta, akik a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem hallgatói vagy oktatói voltak. Minden résztvevő szóban és írásban is tájékoztatva volt a zabszeletekben lévő rovarok, illetve az allergének jelenlétéről, ezeknek tudomásul vételéről írásban nyilatkoztak. Az érzékszervi vizsgálat megkezdése előtt minden résztvevő szóban felvilágosítást kapott a bírálat menetéről a gördülékenyebb munka érdekében. A bírálók minden mintából egyenként 10 grammos adagot kaptak, melyeket négy számjegyből véletlenszámokkal kódoltam.

Az érzékszervi vizsgálat során a Check-all-that-apply (CATA) módszert alkalmaztam, amely során a bírálók az általános kedveltségük mellett a termékre jellemző tulajdonságokat is megjelölhetik egy előre meghatározott listából (5.ábra). A tulajdonságok listája a bírálat előtt lett meghatározva a termékek érzékszervi jellemzői alapján. Minden bíráló korlátlan számú tulajdonságot jelölhetett meg. Az általános kedveltségről való visszajelzésre egy 9 pontos hedonikus skála állt rendelkezésre, ahol az 1 = nagyon nem tetszik, a 9 = nagyon tetszik. A bírálók a bírálatot a Magyar Agrár – és Élettudományi

Egyetem Budai Campusán található érzékszervi laboratóriumban végezték el, a bírálati lapot pedig tableteken érhették el, amit a RedJade® szoftverrel állítottam össze (RedJade Sensory Solutions, Martinez, CA, USA) (5. ábra).

Kérjük, jelölje meg azokat az érzékszervi tulajdonságokat, amelyeket érzékel a termék küllemében!

Világos	Matt	Aranybarna	Sötét	Sárgás	Sötétbarna	Fényes
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kérjük, jelölje meg azokat az érzékszervi tulajdonságokat, amelyeket érzékel a termék illatában!

Olajos magvas illat	Dohos illat	Halas illat	Földes illat	Gabonás illat	Zsíros illat	Keserű illat	Pirított illat
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Édes illat	Animális illat	Pirítós illat	Poros illat	Intenzív illat	Gyenge illat	Fás illat	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	

Kérjük, jelölje meg azokat az érzékszervi tulajdonságokat, amelyeket érzékel a termék állományában!

Szivacsos	Puha	Morzsálékos	Tapadós	Száraz	Zsíros	Omlós	Kemény
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Kérjük, jelölje meg azokat az érzékszervi tulajdonságokat, amelyeket érzékel a termék ízében!

Olajos mag íz	Pirított íz	Édes íz	Savanyú íz	Keserű íz	Utóíz	Karamell íz	Intenzív utóíz intenzitás	Mogyorós íz
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Íze hosszan tart	Gabonás íz	Égett íz	Animális íz	Túl gyenge íz	Poros íz	Fahéj íz	Csokoládé íz	Túl erős íz
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Ammennyiben érzékelt utóízt, kérem, adja meg itt:

← Előző
Következő →

5. ábra: A Redjade® szoftverrel összeállított bírálói lap egyik oldala, ahol a bírálók kiválaszthatják az általuk igaznak vélt tulajdonságokat.

#### 4.3.6 Adatok elemzése

A vizsgálatok során mért adatokat különböző módszerekkel értékeltem ki. Először főkomponens-elemzést (PCA) végeztem a műszeres adatok értékelésére, majd varianciaanalízissel vizsgáltam a minták közötti hasonlóságokat és különbségeket. A PCA előtt az adatokat autoskáláztam. A kiértékeléshez az IBM SPSS Statistics 23 (IBM New

York, USA) és a MATLAB 2019b (Mathworks Inc., Massachusetts, USA) szoftvereket használtam.

Az érzékszervi vizsgálat során mért adatok elemzését az XI-Stat-on (ver. 2022. 4.1, Addinsoft, Paris) belül a "CATA adatelemzés" modult használtam fel a CATA-adatok átfogó elemzésére. Ez a sokoldalú vizsgálat magában foglalta a Cochran - Q teszt elvégzését a meghatározott tulajdonságok alapján fennálló különbségek felismerésére. A termékek és attribútumok közötti bonyolult kapcsolat feltárására korrespondencia elemzéssel szolgált a szoftver. A terméktulajdonságok és a kedveltség közötti kapcsolat megértésében a Főkoordináta elemzés állt rendelkezésre. Végül pedig egy úgy nevezett "Penalty analysis" segített, hogy feltárjam azokat az attribútumokat, amelyek pozitív vagy negatív hatást gyakoroltak a termék kedveltségére.

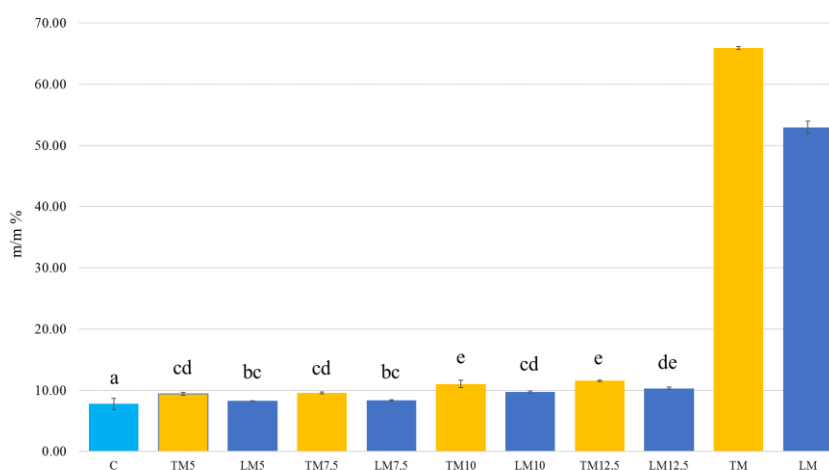
## 5. Eredmények és értékelésük

### 5.1. Tápanyagtartalom

#### 5.1.1 Fehérjetartalom

A vizsgálat során az egyes mintákat egymással, illetve a kontroll mintával hasonlítottam össze. Ennek köszönhetően vonható le következtetés a rovartartalom és a fehérjetartalom változása között. Nem meglepő módon a vizsgálat következtében a fehérjetartalom jelentős és fokozatos növekedését mutatta ki, ahogy a rovarok mennyisége 5% és 12,5% között változott.

Mind a vándorsáska, mind a lisztkukac hozzáadása növelte a zabszeletek fehérjetartalmát. A kontroll minta átlagban 7,57 g/100 g fehérjét tartalmazott. A lisztkukacal készült minták nyers fehérjetartalmára 9,83 g/100 g (TM5), 9,55 g/100 g (TM7,5), 11,04 g/100 g (TM10) és 11,54 g/100 g (TM12,5) értékeket határoztam meg. Hasonló tendencia figyelhető meg a vándorsáskával dúsított zabszeleteknél is. Az 5%-ot (LM5) tartalmazó minta fehérjetartalma 8,25 g/100 g volt, a TM7,5 minta esetében ez a paraméter 8,33 g/100 grammra növekedett. A TM10 minta fehérjetartalma 9,69 g/100 g, a TM12,5 mintáé pedig 10,29 g/100 g volt. A lisztkukac fehérjetartalma 65,92 g/100 g, a vándorsáskáé 52,95 g/100 g volt. Mindkét rovarral dúsított zabszelet esetében egyértelműen növekedett a fehérjetartalom a rovarok hozzáadásával. Az adatokból látszik, hogy a lisztkukacal készült termékek fehérjetartalma magasabb volt, mint a vándorsáskát tartalmazó minták esetében (6.ábra).



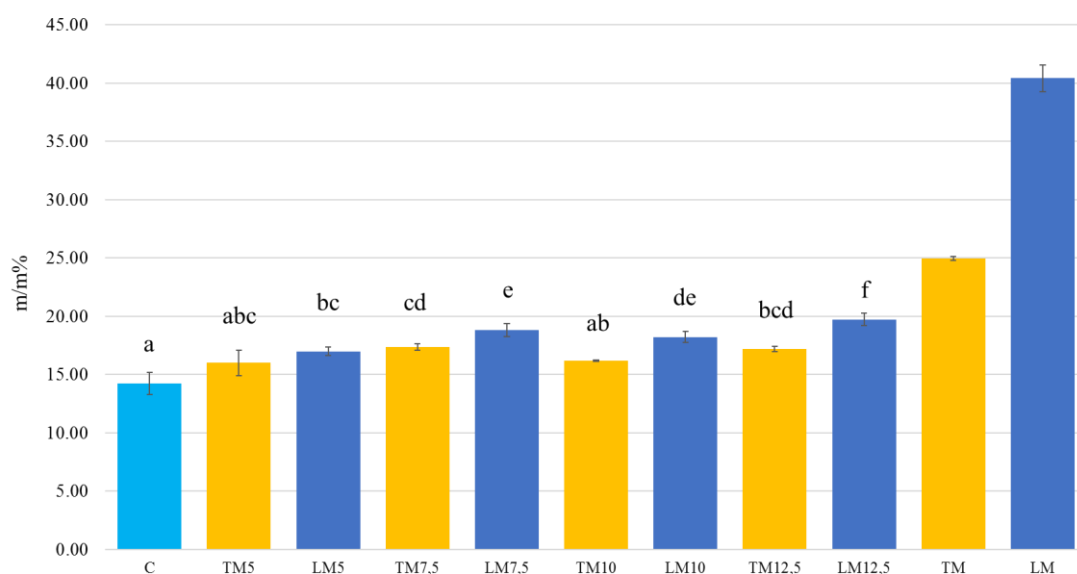
6. ábra: A zabszeletek és rovarok fehérjetartalmának (m/m%) átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

A kontroll minta, a TM10 és TM12,5 minta fehérjetartalma szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) különbözik a többi terméktől, azonban a TM10 és TM12,5 minta fehérjetartalmát illetően szignifikánsan nem megkülönböztethető egymástól. Ez az összefüggés fennáll a TM5, TM7,5 és LM10 minták között, illetve az LM5 és LM7,5 között is.

A fehérjetartalom növekedését a rovar mennyiségének növelése okozta, ezt a tendenciát több korábbi tanulmány is felfedte (Azzollini és mtsai. 2018; Biró és mtsai. 2020; Çabuk 2021).

### 5.1.2 Zsírtartalom

A zsírtartalom mérések eredményei hasonlóan alakultak a fehérjetartaloméhoz, hiszen a rovarok hozzáadása növelte a zabszeletek zsírtartalmát. A kontroll minta átlagban 14,73 g/100 g zsírt tartalmazott volt. A lisztkekacot tartalmazó termékek zsírtartalma 15,39 g/100 g (TM5), a TM7,5 minta esetében 17,34 g/100 g, 16,18 g/100 g volt a TM10, és 17,18 g/100 g (TM12,5) voltak. A lisztkekac esetében megfigyelt egyenes arányosság a rovertartalom és zsírtartalom között megfigyelhető volt azokban a termékekben is, amelyek vándorsáska felhasználásával készültek. Az 5 % (LM5) rovert tartalmazó minta zsírtartalma 16,98 g/100 g volt, az LM7,5 terméknél ez 18,81 g/100 g-ra növekedett. A LM10 minta fehérjetartalma 18,20 g/100 g, a LM12,5 mintáé pedig 19,72 g/100 g volt (7.ábra).

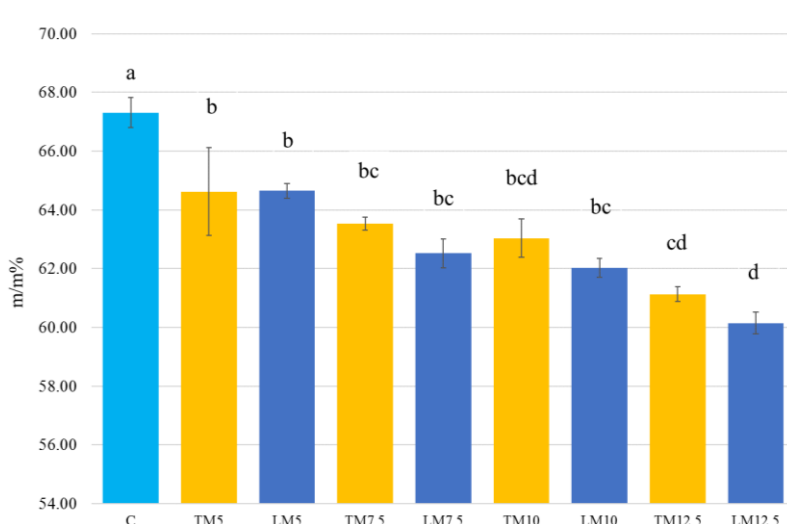


7. ábra: A zabszeletek és rovarok zsírtartalmának (m/m%) átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

A dúsított minták megnövekedett zsírtartalma a rovarok magasabb zsírtartalmából származik. A vándorsáskát tartalmazó minták zsírtartalma nagyobb arányba növekedett, ami nem meglepő, hiszen a vándorsáska zsírtartalma méréseim szerint 40,43 g/100g volt, amíg a lisztkecske esetében ez az érték 24,94 g/100 g-nak adódott. A kontroll minta, a LM7,5 és LM12,5 minta zsírtartalma szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) különbözik a többi terméktől. A zsírtartalom változása termékfüggő, 2022-ben készült tanulmányban több élelmiszert készítettek házi tücsök felhasználásával (Ho és mtsai. 2022). A tanulmányban készített hústermékek (kolbász) zsírtartalma csökkent, tészta és sütemény (brownie) esetében nőtt a kontroll mintához képest.

### 5.1.3 Szénhidrátartalom

A rovarok hozzáadása csökkentette a minták szénhidrátartalmát, amelynek okai a rovarok magasabb fehérje és zsírtartalma, továbbá a rostban gazdag zab arányának csökkenése. A kontroll mintának átlagban 67,31 g/100 g szénhidrátartalma volt. A lisztkecskét tartalmazó termékek szénhidrátartalma 64,62 g/100 g (TM5), a 63,53 g/100 g (TM7,5), 63,04 g/100 g (TM10) és 61,13 g/100 g (TM12,5) voltak. A lisztkecske esetében fennálló fordított arányosság a rovarartalom és szénhidrátartalom között, megfigyelhető volt azokban a termékekben is, amelyek vándorsáska felhasználásával készültek. Az 5%-ban (LM5) rovar tartalmazó minta szénhidrátartalma 64,65 g/100 g volt, míg az LM7,5 terméknel ez 62,52 g/100 g-ra növekedett. A LM10 minta szénhidrátartalma 62,03 g/100 g, a LM12,5 mintáé pedig 60,15 g/100 g volt (8.ábra).

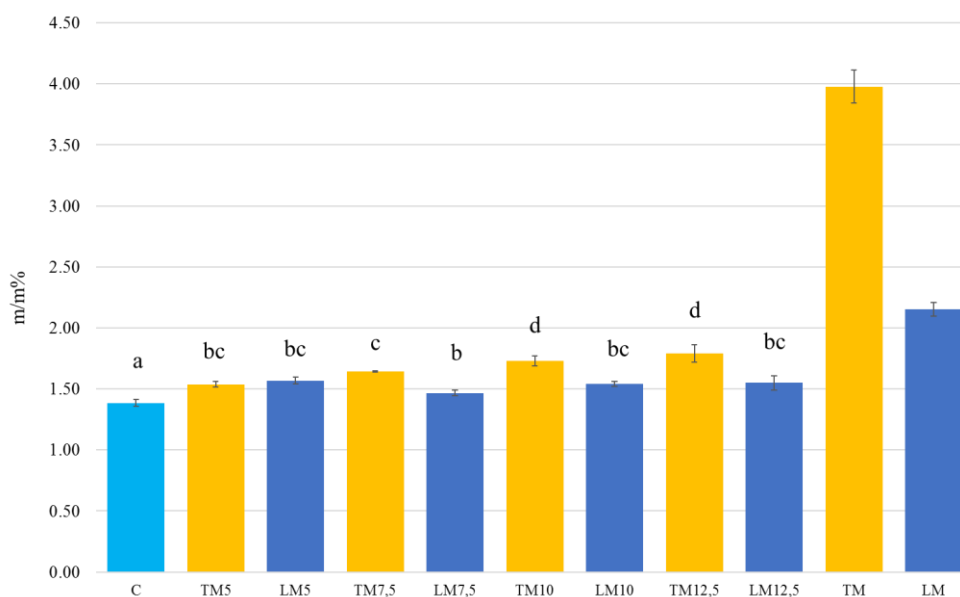


8. ábra: A zabszeletek szénhidrátartalmának (m/m%) átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

Mindkét rovar esetében egyértelmű, lineárisan csökkenő tendenciát mutat a szénhidráttartalom. A kontroll minta (C) szénhidráttartalma szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) eltér a többi mintáétól, ugyanez elmondható az LM12,5 mintára. A különbség már az 5%-os keverési szintnél is egyértelműn látható, ami a rovarok magas fehérje-, és zsírtartalmával van összefüggésben.

## 5.2. Hamutartalom

A különböző arányban rovarokat tartalmazó zabszeletek hamutartalmának elemzését a rovartartalom és a végtermékben lévő ásványi anyag közötti kapcsolat vizsgálata céljából végeztem el. A hamutartalom kulcsfontosságú paraméter az összes ásványianyag-tartalom értékeléséhez, és értékes betekintést nyújthat az élelmiszerek tápanyag-összetételébe.



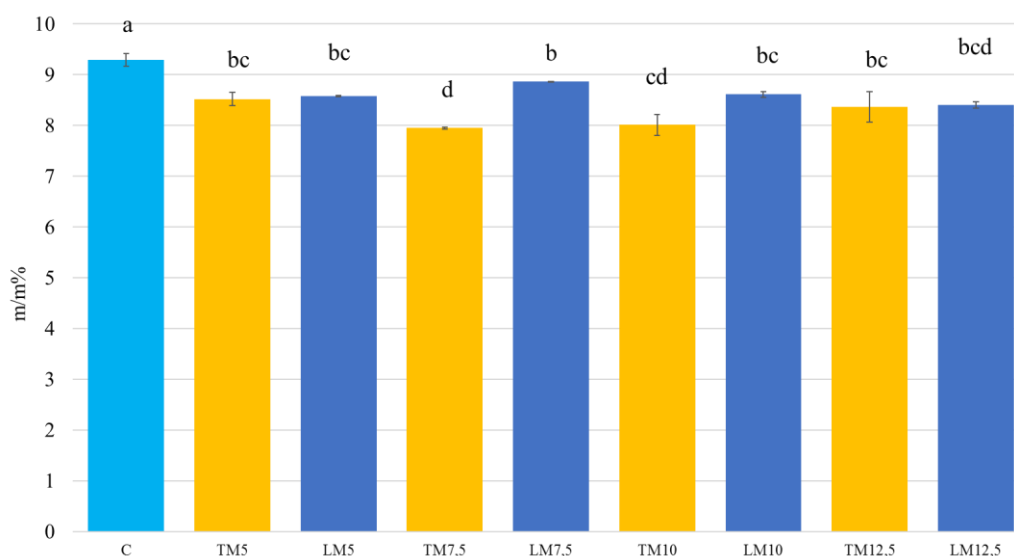
9. ábra: A zabszeletek hamutartalmának (m/m %) átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

A liszt kukac (*Tenebrio molitor*) felhasználásával készült zabszeletek hamutartalmának elemzése során egyértelmű, egyenes arányosság mutatható ki a rovartartalom és a visszamaradt ásványi anyag mennyisége között. A rovartartalom növekedésével a zabszelet hamutartalma is ennek megfelelően emelkedett (9. ábra).

Az eredmények alapján a liszt kukac hamutartalma 3,98 g/100 g volt, amely több mint két és félszerese a kontroll mintára mért érték. A rovarok kiváló forrásai az olyan alapvető ásványi anyagoknak, mint a foszfor, magnézium, kálium és nátrium, jelentősen hozzájárulnak az élelmiszertermék teljes hamutartalmához (Finke 2002).

A vándorsáskát (*Locusta migratoria*) tartalmazó minták hamutartalma esetén nem volt ennyire egyértelmű a kapcsolat a hozzáadott rovar mennyiségével, azonban az alapvetően kijelenthető, hogy a vándorsáska hozzáadása megemeli a termékek hamutartalmát. Ez valószínűleg azzal áll összefüggésben, hogy a vándorsáska egyes testtájai nem azonos mértékben tartalmazzák az ásványi anyagokat. A mért hamutartalom 2,15 g/100 g volt, amely nem jelent akkor eltérést a kontroll mintához képest, mint a lisztkukacnál meghatározott érték. Az eredmények statisztikai összehasonlítását követően kijelenthető, hogy a C; TM7,5; LM7,5 és a TM10 minták szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) eltérnek egymástól. A TM10 és a TM12,5 minták hamutartalma között mérésim szerint nincs szignifikáns különbség. Ugyanez az összefüggés vehető észre a TM5; LM5; LM10; LM12,5 minták közt is.

### 5.3. Nedvességtartalom



10. ábra. A zabszeletek nedvességtartalmának (m/m %) átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

A 10. ábrán látható, hogy valamennyi zabszelet – kontroll és rovarral dúsított – nedvességtartalma 7,95 % és 9,29 % közé esett. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a rovarokat liofilizált formában hozzák forgalomba, ezáltal nem növelik jelentősen a termékek nedvességtartalmát. A fenti adatok alapján kijelenthető, hogy mindkét rovar (*Tenebrio molitor*, *Locusta migratoria*) jelenléte csökkenti az egyes zabszeletek nedvességtartalmát, azonban egyértelmű (lineáris) összefüggés nem fedezhető fel egyik esetben sem. Az International Commission on Microbiological Specifications for Foods



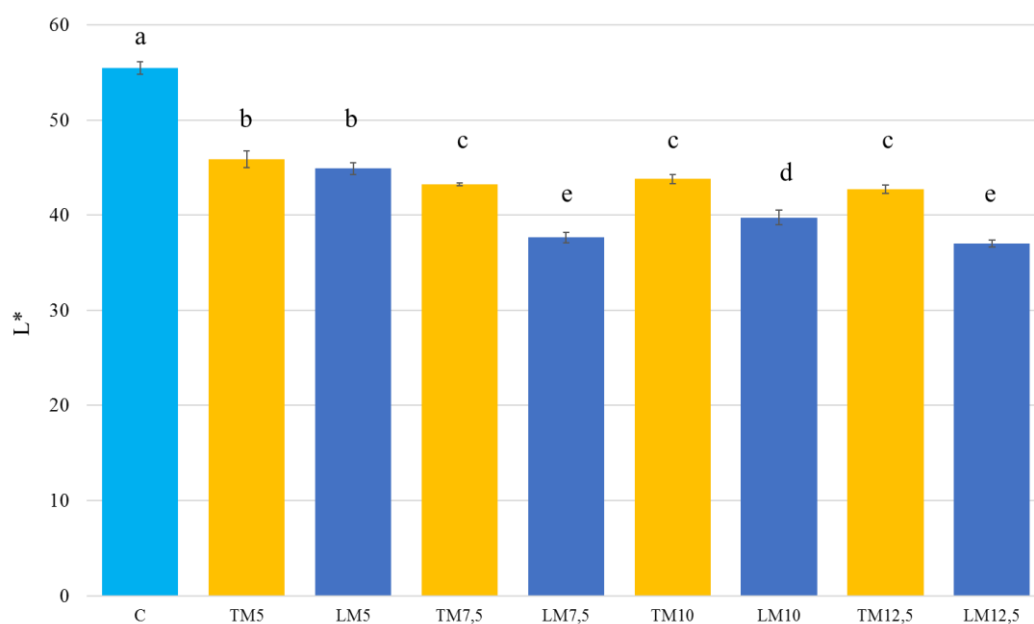
(ICMSF) intézménye szerint a zabszeletek, vagy ahhoz hasonló élelmiszerek az alacsony nedvességtartalmú termékek közé tartoznak, amelyek nedvességtartalma 20 % alatti. A nedvességtartalom az élelmiszerek minőségének és biztonságának fontos szempontja, amely az élelmiszer-mintában lévő víz mennyiségére utal, a minta teljes tömegének százalékában kifejezve. A nedvességtartalom befolyásolhatja az élelmiszer állagát, ízét és eltarthatóságát, és gyakran használják a frissesség és a romlási kockázat indikátoraként. Ezen tanulmányban elkészített rovarokkal valamennyi dúsított zabszelet az ICMSF szerinti határérték alatt van, amely arra enged következtetni, hogy a lisztkecske hozzáadása nem veszélyezteti a zabszelet ezen tulajdonságát.

Korábban számos tanulmány vizsgálta a rovarok felhasználásának hatását különböző élelmiszerekben, például pékárukban, tésztákban vagy húсарukban. Ezen kutatások eredményei változóak voltak, vagyis a rovarok használatának hatása az élelmiszerek nedvességtartalmára több tényezőtől függ, beleértve a hozzáadott rovar mennyiségét, valamint az adott termék alapvető jellemzőit. Míg egyes tanulmányok a nedvességtartalom csökkenéséről számoltak be, mások annak növekedését figyelték meg. A *Journal of Food Measurement and Characterization* című folyóiratban megjelent tanulmányban a kutatók a lisztkecske és vándorsáska felhasználásának hatását vizsgálták muffinokban. Habár a kutatók az adott rovarokat csak egy adott mennyiségben adták hozzá a termékhez, a tanulmány megállapította, hogy a muffinok nedvességtartalma megnőtt a rovarok jelenlétével, amelynek okát abban látták, hogy a rovarok magasabb nyersrost- és fehérjetartalommal rendelkeznek, ami a búzaliszthez képest nagyobb vízfelvevő képességet eredményez (Çabuk 2021). Çabuk eredményeivel ellenmondásba ütköznek (Djouadi és mtsai. 2022) megfigyelései, akik fehérjében gazdag krékeket fejlesztettek *Tenebrio molitor* felhasználásával. A rovarral készült száraz keksz nedvességtartalma (és vízáktivitása is) szignifikánsabb alacsonyabb volt a kontroll mintánál, amelynek magyarázata, hogy a búzalisztet a szárított *T. molitor* őrlémennyel helyettesítették, amelynek alacsonyabb a víztartalma, mint a többi összetevőé. A nedvességtartalom változatosságáról Ho és munkatársai (2022) is beszámolnak. Kutatásukban több fajta élelmiszert dúsítottak rovarral, majd vizsgálták az összetételüket (Ho és mtsai. 2022). Esetükben az általuk vizsgált hústermék nedvességtartalma rovar felhasználása után csökkent, míg tésztánál és brownienél nem tapasztaltak szignifikáns különbséget.

## 5.4. Színmérés

A mérések során, a különböző arányban rovarokat tartalmazó zabszelet színelemzését az  $L^*$ ,  $a^*$  és  $b^*$  szintérben végeztük el. A rovarokat tartalmazó zabszelet színelemzése betekintést nyújtott a rovartartalom és a színintenzitás közötti összefüggésbe. A felhasznált rovarőrlemények színe a lisztkukac esetén világos barna, a vándorsáskánál pedig sötétbarna volt. Ezáltal a vártak megfelelően, a rovartartalom növekedésével a zabszeletek színe is sötétebb lett. A rovartartalom és a színintenzitás közötti arányos kapcsolat azonban eltéréseket mutatott az elvárttól.

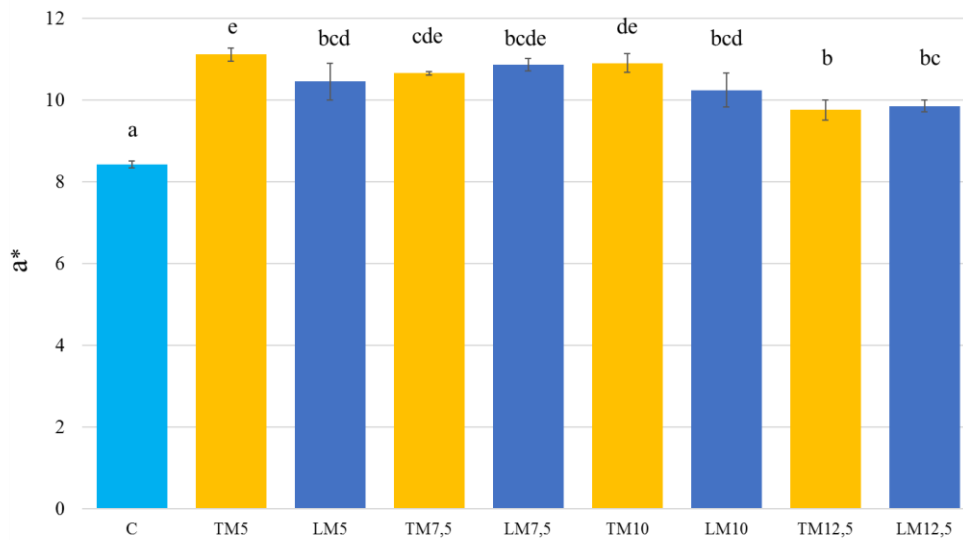
A minták világosságát jellemző  $L^*$  érték a mintákban található rovarmennyiség növekedésével csökkent, amely a kontroll minta esetében szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) eltért a többi mintától. Ez a megfigyelhető volt minden rovarral dúsított mintánál. A kontroll mintán kívül a TM5, TM7,5, LM7,5 LM10 és az LM12,5 minták szignifikáns különbségeket mutattak (11.ábra). Korábbi tanulmányokban mért  $L^*$  értékek és rovartartalom közti arány megegyezett az általam megfigyelttel (Biró és mtsai. 2020; Ho és mtsai. 2022).



11.ábra: Minták felszínén mért  $L^*$  -értékek átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

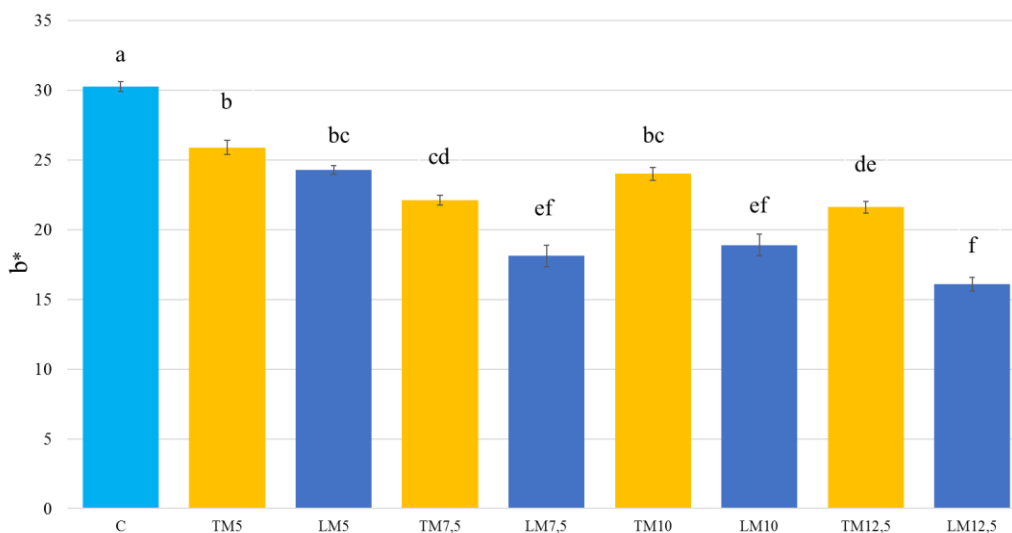
A minták felületén mért  $a^*$  értékek, amelyek azok vörös árnyalatáról adnak jellemzést, érdekesen alakultak, hiszen a kontroll minta után a TM12,5/LM12,5 minták rendelkeznek a legalacsonyabb  $a^*$  értékkel, ez a jellegzetesség az általam ismert tanulmányok egyikében sem volt megfigyelhető (12. ábra). Valószínűleg ez azzal állhat

összefüggésben, hogy a magasabb zsírtartalom miatt a zabszeletek felülete fényesebb volt, ami spekuláris reflexiót eredményezhetett. A rovarok hozzáadása egyértelmű hatással volt a minták vöröses árnyalatára, amely a rovarot tartalmazó termékek esetében szignifikánsan ( $\alpha = 5\%$ ) magasabb volt, mint a kontroll minta esetében.



12.ábra: Minták felszínén mért a\* -értékek átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

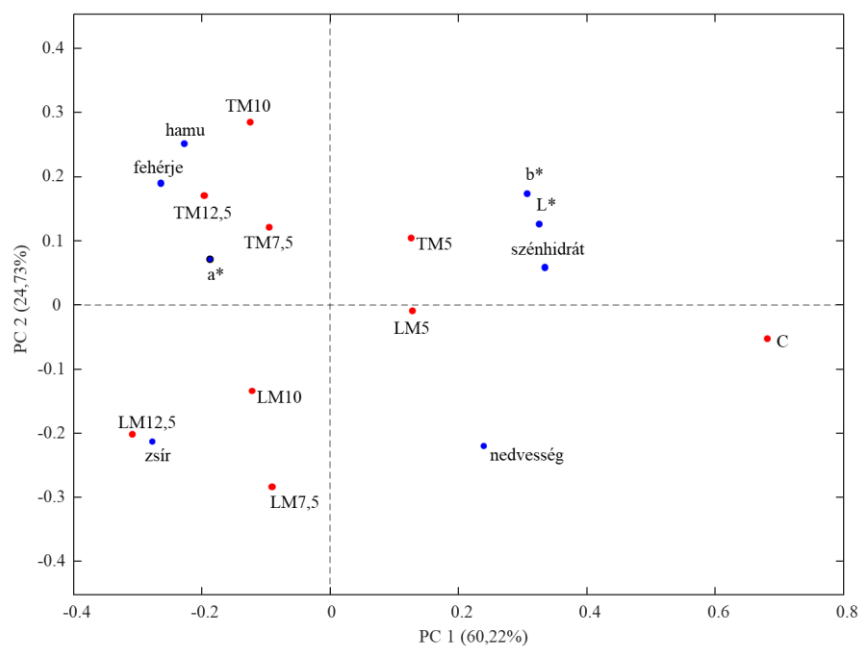
Minden mintánál egyértelműen megfigyelhető volt a b\* érték csökkenése. Megemlítendő azonban, hogy a minták felületén mért értékek alapján a sárga árnyalatot jellemző érték már a legkisebb arányban megjelenő rovartartalom esetében is jelentősen változott. A 13. ábrán egyértelműen látható, hogy a lisztkecske növekvő mennyisége kevésbé befolyásolta a b\* értékek csökkenését, mint a vándorsáska. Az eredmények alapján a 7,5%, vagy annál magasabb rovartartalmú mintákra mért b\* értékek között szignifikáns ( $\alpha = 5\%$ ) különbség van.



13. ábra: Minták felszínén mért  $b^*$  -értékek átlaga és szórása. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

A rovarokkal dúsított zabszeletekben megfigyelt színváltozásokért számos tényező lehet felelős, melynek a különböző rovarfajokban megjelenő eltérő pigmentek, amelyek befolyásolhatják a késztermék színénének alakulását. A zabszeletek készítése során alkalmazott magas hőmérséklet is befolyásolhatja a színt, amely a sütés során végbemenő Maillard-reakcióval áll összefüggésben. A reakció során kialakuló termékek mennyisége kapcsolatban állhat a megnövekedett fehérjetartalommal is.

A vizsgált paraméterek átfogó vizsgálata érdekében futtatott PCA eredményeit a 14. ábra mutatja be. Az egyes minták a keverési szintek szerint elkülönülést mutatnak az első főkomponens (PC1) mentén. A rovarral dúsított-, és a kontroll minta között egyértelmű különbségek figyelhetők meg. A fiziko-kémiai paraméterek alapján azonban a 7,5%-nál nagyobb arányban rovarot tartalmazó minták nem mutatnak ennyire egyértelmű különbségeket. A PC2 mentén a rovarral dúsított zabszeletek a rovarfaj alapján, teljesen elkülönülnek egymástól, amely az eltérő kémiai összetétellel magyarázható.



14. ábra: A vizsgált paraméterekre futtatott főkomponens elemzés során kapott BiPlot

## 5.5. Érzékszervi vizsgálat

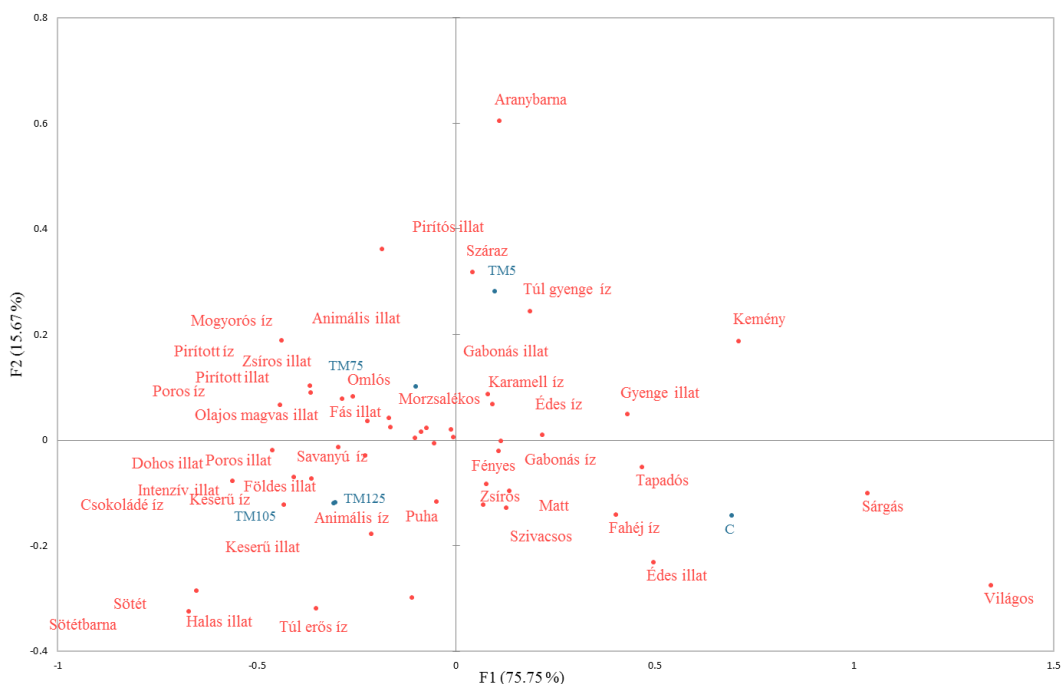
### 5.5.1 Lisztkukac (*Tenebrio molitor*)

A “Check all that apply” módszer során a bírálók egy listát kapnak a minta leírására használható kifejezésekről, és a feladatuk az, hogy kiválasszák a szerintük megfelelőnek hitt tulajdonságokat. Az előzetesen összeállított kérdőív 48 kifejezésből állt, amelyek közül a bírálók által öt leggyakrabban megjelölt tulajdonságok rendre a(z) „Gabonás íz”, „Édes íz”, „Omlós”, „Morzsalékos” és a „Puha” voltak, míg az öt legkevésbé megjelölt tulajdonságok a(z) „Animáliás íz”, „Animáliás illat”, „Túl gyenge íz”, „Savanyú íz” és „Halas illat” voltak (1. táblázat). A 1. táblázat adja meg az egyes tulajdonságok megjelölésének gyakoriságát. A szignifikancia szintet ( $\alpha = 5\%$ ) el nem érő alacsony p-érték azt jelzi, hogy a termékek jelentősen különböznek egymástól, ennek meghatározása a Cochran's Q teszt alapján történik. A szignifikáns eredményeket a táblázatban a vastag betűvel jelöltem (3. táblázat).

3. táblázat: A CATA kifejezések jelölésének gyakorisága a TM minták esetében

Tulajdonságok	Megjelölések száma	%	Tulajdonságok	Megjelölések száma	%
Gabonás íz	222	68%	Zsíros illat	63	19%
<b>Édes íz</b>	215	66%	Fás illat	62	19%
Omlós	204	63%	<b>Sárgás</b>	60	18%
<b>Morzsalékos</b>	198	61%	Száraz	54	17%
Puha	183	56%	Égett íz	53	16%
Gabonás illat	176	54%	Poros íz	49	15%
Olajos mag íz	142	44%	Utóíz	48	15%
<b>Sötétbarna</b>	130	40%	Földes illat	46	14%
<b>Aranybarna</b>	126	39%	<b>Kemény</b>	42	13%
Zsíros	124	38%	Fahéj íz	40	12%
Olajos magvas illat	122	38%	Dohos illat	38	12%
Fényes	119	37%	Intenzív illat	37	11%
Íze hosszan tart	116	36%	Piritós illat	33	10%
<b>Gyenge illat</b>	112	34%	Szivacsos	32	10%
<b>Piritott íz</b>	104	32%	Túl erős íz	31	10%
Karamell íz	102	31%	Keserű íz	29	9%
Mogyorós íz	102	31%	Intenzív utóíz intenzitás	27	8%
Piritott illat	98	30%	Keserű illat	22	7%
<b>Tapadós</b>	92	28%	Csokoládé íz	20	6%
Matt	85	26%	Animális íz	19	6%
Édes illat	83	26%	Animális illat	18	6%
<b>Világos</b>	81	25%	Túl gyenge íz	14	4%
<b>Sötét</b>	77	24%	Savanyú íz	12	4%
Poros illat	72	22%	Halas illat	9	3%

A 15. ábrán a vizsgált mintákat, és a hozzájuk társított tulajdonságokat láthatjuk. Egy-egy mintát leíró tulajdonság a megjelenített minta körül található. Ezek alapján a bírálók a C kontroll mintát olyan tulajdonságokkal jellemezték, mint például „Tapadós”, „Sárgás”, „Világos”, továbbá az „Édes illat” és a „Fahéjas íz”. Érdekesség, hogy az ábrán a „Fényes” és „Matt” tulajdonságok egymáshoz közel helyezkednek el, ami ellentmondást jelöl. A TM5 mintát, amely a legkevesebb hozzáadott rovarot tartalmazza, a bírálók leginkább a „Száras” és „Túl gyenge íz” tulajdonságokkal illették. A „Gabonás illat” mellett megnevezhető negatívumként a „Gyenge illat”, amely szintén jellemezte ezt a mintát a kitöltők szerint. További tulajdonságokat, mint például „Aranybarna” vagy „Kemény” szinten igaznak vélték erre a mintára nézve. A „Mogyorós íz”, „Pirított íz”, „Olajos mag íz” egyaránt igazak voltak a TM7,5 mintára nézve a bírálók szerint. Ezeket az érzékelt ízeket „Animális illat”, illetve „Pirított illat” kísérte. A TM10 és a TM12,5 minták az ábrán egymáshoz közel, párban találhatóak, így az ő esetükben egyszerre jelennek meg az olyan tulajdonságok, mint a „Földes illat”, „Keserű illat” vagy „Poros illat”. A Bbírálók esetükben jellemzőnek találták a „Csokoládé íz”-t, a „Keserű íz”-t és a „Túl erős íz” tulajdonságokat. Az állati jegyek közül egyedül a „Halas íz” jelenik itt meg.

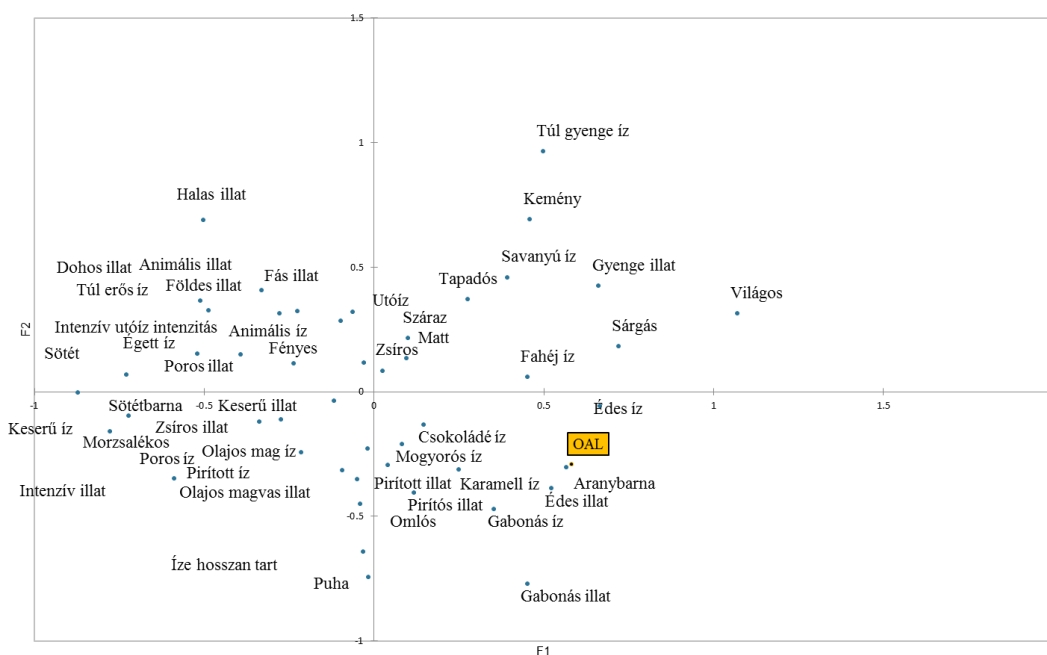


15. ábra: A felhasznált CATA-kifejezések és a négy minta közti korrespondencia elemzése

A 16. ábrán látható koordináta rendszerben a már ismeretes tulajdonságok szintén megtalálhatóak, azonban itt a vizsgált minták helyett egy „kedveltségi pontot” (OAL)

láthatunk, amely egy olyan kölcsönhatást segít vizualizálni, amely a kedveltség, és az arra ható tulajdonságok között áll fenn. Az ábrán látható, hogy melyek azok a pozitív kifejezések, amelyek közel állnak az OAL-hoz, mint például az „Édes illat”, „Édes íz” és az „Omlós” textúra. Ezek alapján kijelenthető, hogy a felsorolt tulajdonságok jelenléte pozitív hatással van a minta általános kedveltségére.

Az olyan tulajdonságok, mint a „Hallas illat”, „Fás illat”, „Poros illat”, „Animális illat”, „Morzsalékos”, „Égetett íz” az OAL ponttól távol állnak, ez arra enged következtetni, hogy ezen tulajdonságok, illetve az ilyen tulajdonságokkal rendelkező minták nem voltak kedveltek a bírálók által. Ha összehasonlítjuk az 1. és 2. ábrákat, akkor láthatjuk, hogy alapvetően a kedveltséget jellemző tulajdonságok főként a C - kontroll minta körül található, például „Édes illat”, míg a kedveltségtől messze eső, már-már elutasítást előrejelző tulajdonságok főként a TM10 és TM12,5 minták köré csoportosulnak. Azonban fontos megjegyezni, hogy az összefüggés nem ennyire egyértelmű, és akadnak ellentmondások a két véglet körül. A OAL pont körül megtalálható „Csokoládé íz” a bírálók a TM10 és TM12,5 mintákkal társították, míg például az „Aranybarna” tulajdonság messze került a C mintától.

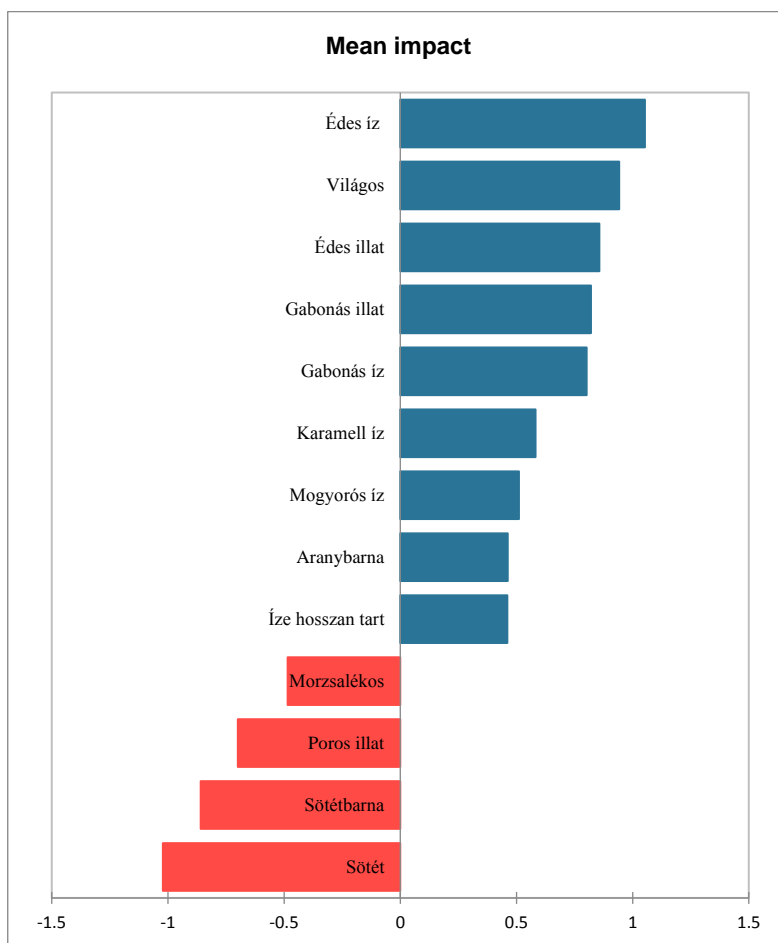


16. ábra: A felhasznált CATA-kifejezések és az általános kedveltségi (OAL) pontszámok főkoordinátaelemzése

A 17. ábra a CATA során ismertetett tulajdonságok hatását mutatja be. Látható, hogy eszerint az „Édes íz”; „Világosság” és az „Édes illat” jelentősen növelte a minták



kedveltségét. Ezzel ellentétben, ha a mintára jellemző volt a „Morzsalékos”, a „Sötét” vagy „Sötétbarna” tulajdonság, akkor az az általános kedveltség csökkenését figyelhettük meg.



17. ábra: A megjelölt tulajdonságok átlagos hatása az általános tetszésre

### 5.5.2 Vándorsáska (*Locusta migratoria*)

A vándorsáskával (*Locusta migratoria*) dúsított mintákkal elvégzett érzékszervi vizsgálat körülményei, kimenetele teljes egészében megegyezett a lisztkekaccal (*Tenebrio molitor*) vizsgálatával. Ebben az esetben a bírálók ugyanazon 48 tulajdonság közül választhatták ki az igaznak vélteket. Ebben az esetben az első 5 leggyakrabban megjelölt tulajdonság nagyban megegyezik a TM minták esetében kiválasztottakkal. A bírálók az LM minták esetében kevésbé gondolták azokat „Morzsalékosnak”, így az 5 legtöbbet kiválasztott kifejezés rendre a „Puha”, „Édes íz”, „Omlós”, „Gabonás íz” és „Gabonás illat” voltak. Az 5 legkevesebbet kiválasztott kifejezés körül nem volt változás. A jelentősen különböző termékek meghatározása a Cochran's Q teszt alapján történik. A szignifikáns eredményeket a táblázatban a vastag betűvel jelöltem (4.táblázat).

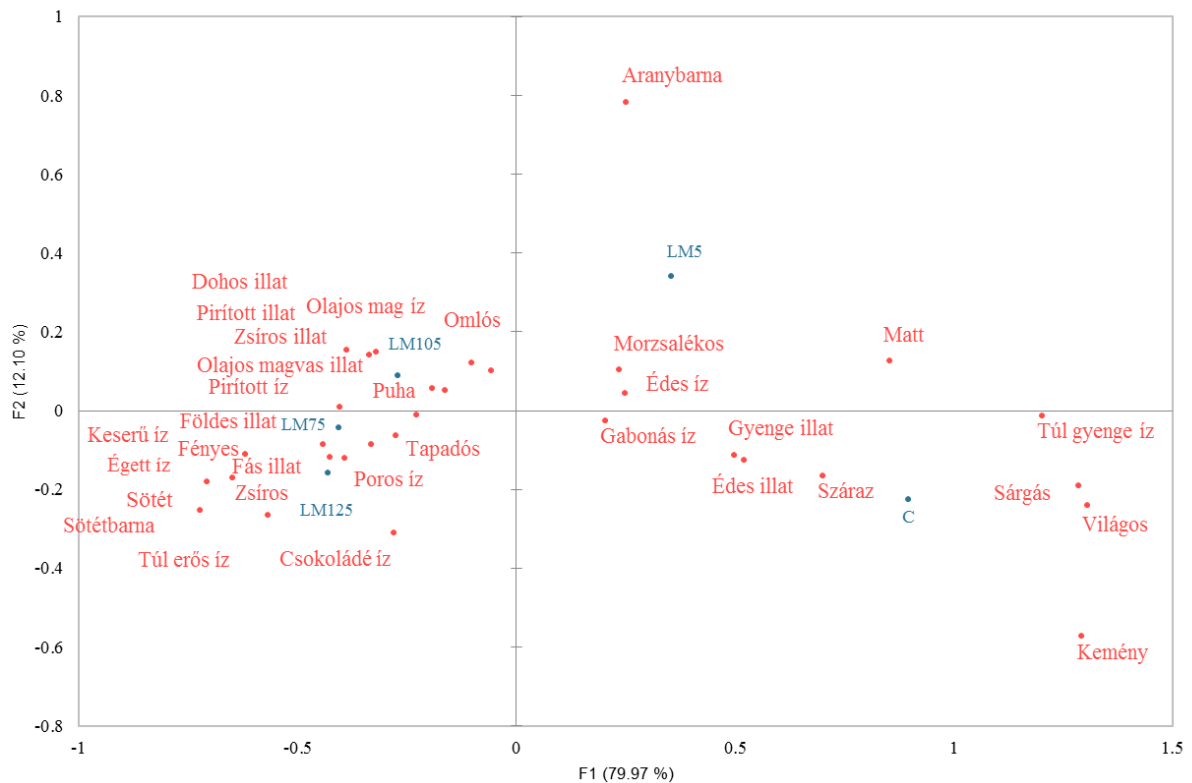
4. táblázat: A CATA kifejezések jelölésének gyakorisága a TM minták esetében

Tulajdonság	Megjelölések száma	%	Tulajdonság	Megjelölések száma	%
<b>Puha</b>	180	60%	Zsíros illat	60	20%
<b>Édes íz</b>	180	60%	Szivacsos	57	19%
Omlós	175	58%	Fahéj íz	54	18%
Gabonás íz	159	53%	Dohos illat	53	18%
Gabonás illat	150	50%	Poros íz	50	17%
<b>Morzsálékos</b>	149	50%	Fás illat	49	16%
<b>Fényes</b>	146	49%	<b>Száraz</b>	48	16%
<b>Sötétbarna</b>	131	44%	Poros illat	46	15%
Olajos mag íz	126	42%	Földes illat	43	14%
Olajos magvas illat	109	36%	<b>Égett íz</b>	39	13%
Karamell íz	104	35%	Utóíz	32	11%
Íze hosszan tart	104	35%	Intenzív illat	28	9%
<b>Pirított illat</b>	102	34%	Keserű íz	27	9%
<b>Gyenge illat</b>	98	33%	Túl erős íz	27	9%
<b>Zsíros</b>	98	33%	Intenzív utóíz intenzitás	26	9%
<b>Tapadós</b>	98	33%	<b>Kemény</b>	25	8%
Mogyorós íz	98	33%	Csokoládé íz	23	8%
<b>Édes illat</b>	95	32%	Keserű illat	21	7%
<b>Aranybarna</b>	93	31%	Pirítós illat	21	7%
<b>Pirított íz</b>	88	29%	<b>Túl gyenge íz</b>	16	5%
<b>Matt</b>	81	27%	Animális illat	14	5%
<b>Világos</b>	77	26%	Savanyú íz	13	4%
<b>Sötét</b>	70	23%	Animális íz	12	4%
<b>Sárgás</b>	60	20%	Halas illat	3	1%

A 18. ábrán ismételtén a mintákat, és a hozzájuk csoportosított tulajdonságokat látjuk. A C kontroll minta, habár teljesen megegyező, mint az előző esetben, itt azonban a bírálók nem teljesen ugyanazokkal a tulajdonságokkal jellemezték. Az olyan kifejezések, mint a „Gyenge illat”, „Édes illat” vagy a „Száras”, sokkal közelebb állnak a kontroll mintához.

A vándorsáskák esetében a minták eloszlása, a rájuk jellemző tulajdonságok is másképp alakultak, mint a lisztkekaccal dúsított mintáknál. Az LM5 minta, amely itt is a legkevesebb rovarot tartalmazza, ebben az esetben jobban elkülönül a többi mintától. A felsorolt tulajdonságok közül, a bírálók itt leginkább a „Morzsalékos” és „Édes íz” kifejezéseket tartották leginkább igaznak, amely teljesen eltérő, mint a TM5-nél tapasztaltak.

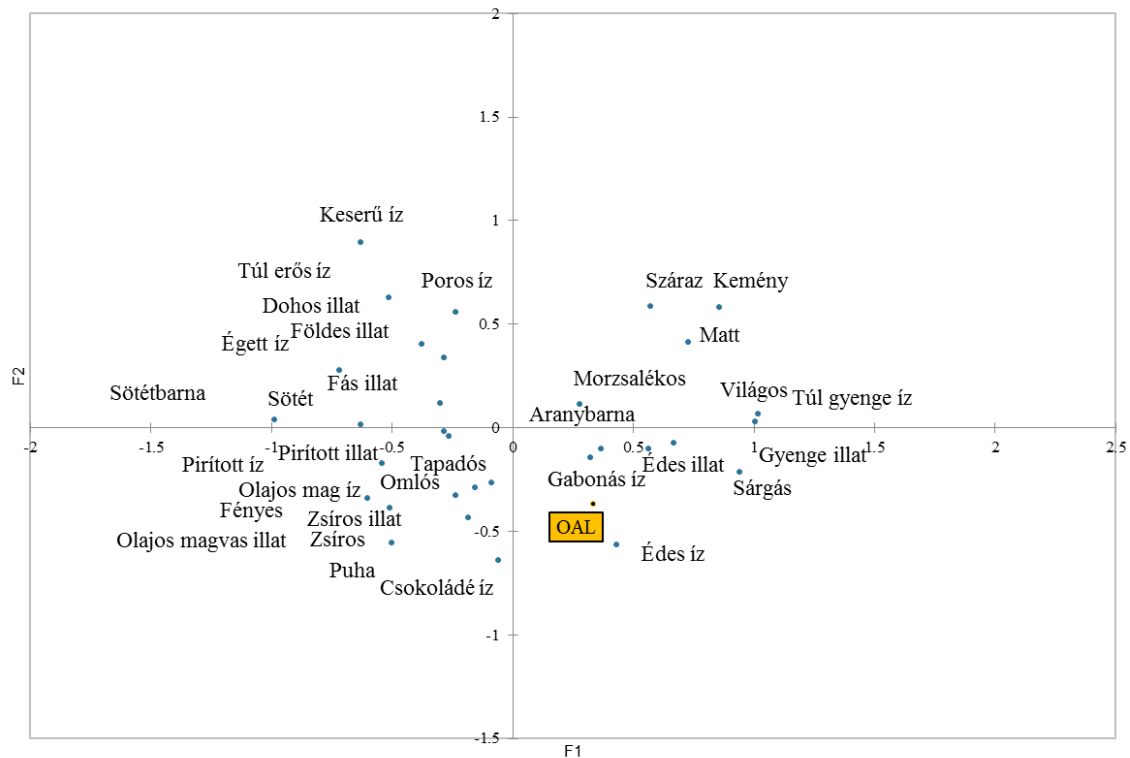
A magasabb rovar tartalommal rendelkező LM minták megítélése szintén eltérő volt, mint a lisztkekaccal készült mintáknál. Az LM7,5, amely 7,5 tömegszázalékban tartalmaz rovarot, a bírálók az LM10 és LM12,5 minták közé sorolták. Az olyan kifejezések, mint „Tapadós”, „Földes illat” „Poros íz” és „Fényes” jellemezték leginkább ezt a mintát a kitöltők szerint. A TM10 és a TM12,5 mintákkal ellentétben az LM10 és LM12,5 minták egymástól távolabb jelennek, eltérő tulajdonsággal körbevéve, így azokat párban vizsgálni nem lehet. Az LM10 esetében a bírálók az „Omlós”, „Olajos mag íz”, „Olajos magvas illat”, „Dohos illat” és „Zsíros illat” tulajdonságokat érezték a minták vizsgálata során. Az LM12,5-nél megjelennek az „Égett íz”, „Keserű íz”, „Fás illat” és „Csokoládé íz” tulajdonságok. Állati jegyek nem jelennek meg.



18. ábra: A felhasznált CATA-kifejezések és a négy minta közti korrespondenciaelemzése

A 19. ábrán láthatjuk, miként hatnak a felsorolt tulajdonságok az általános kedveltségre az LM minták esetében. Látható, hogy ebben az esetben a kedveltséget jelző OAL pont körül a(z) „Édes íz”, „Édes illat”, „Sárgás” tulajdonságok voltak megtalálhatóak, Ezzel szemben, a OAL ponttól távol lévő, kedveltséget elutasító tulajdonságok a „Késérű íz”, „Túl erős íz”, „Dohos illat”, „Poros illat” voltak. Mind a TM, mind az LM minták analízise során hasonló tulajdonságok helyezkedtek az OAL pont körül, és attól távol.

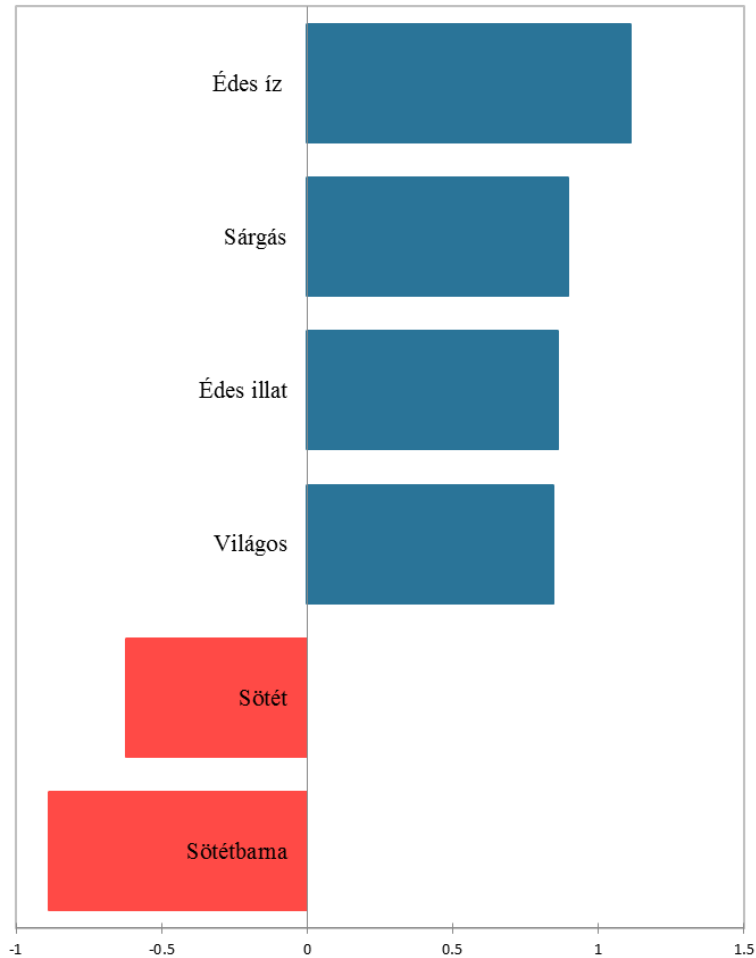
Az LM10 minta esetén igaznak vélt tulajdonságok elhelyezkedése megosztó véleményre utal, ugyanis az OAL ponttól távol eső, elutasítottságra mutató kifejezés, mint például a „Dohos illat” ugyanannyira volt jellemző a mintára, mint az OAL pont közelében lévő „Omlós”, „Olajos mag íz”, „Zsíros illat” kifejezések. Ezek alapján arra lehet következtetni, hogy a vándorsáskát (*Locusta migratoria*) 10 tömegszázalékban tartalmazó mintát a bírálók kevésbé utasították el, mint azt a lisztkekaccal dúsított minták esetén tették. Ahogyan az a TM5 mintáknál is előfordult, itt is akadnak ellentmondások a két véglet körül. A OAL pont körül megtalálható „Csokoládé íz” a bírálók az LM12,5 mintával társították, míg például az „Aranybarna” tulajdonság szintén messze került a C - kontroll mintától.



19. ábra: A felhasznált CATA-kifejezések és az általános kedveltségi (OAL) pontszámok főkoordinátaelemzése

A 18. és 19. ábrát összehasonlítva láthatjuk, hogy alapvetően itt is jelen van az a jelenség, hogy a kedveltséget jellemző tulajdonságok főként a C-kontroll minta körül található, például „Édes illat”, „Gyenge illat”, bár nem annyira közvetlenül, mint a TM minták esetében.

A 20. ábra az LM minták vizsgálata során ismertet tulajdonságok befolyását mutatja be. Ezen tulajdonságok száma az LM minták esetében, jelentősebben kevesebb volt, mint amit a TM mintáknál tapasztalhatunk. A pozitívan befolyásoló tulajdonságok, mint például az „Édes íz”, „Sárga”, „Édes illat” vagy „Világosság” majdnem mind megegyezik a lisztkekaccal készült mintákkal tapasztaltaknál. A „Sötét” és „Sötétbarna” tulajdonságok mindkét esetben negatívan hatottak a minták megítélésére.



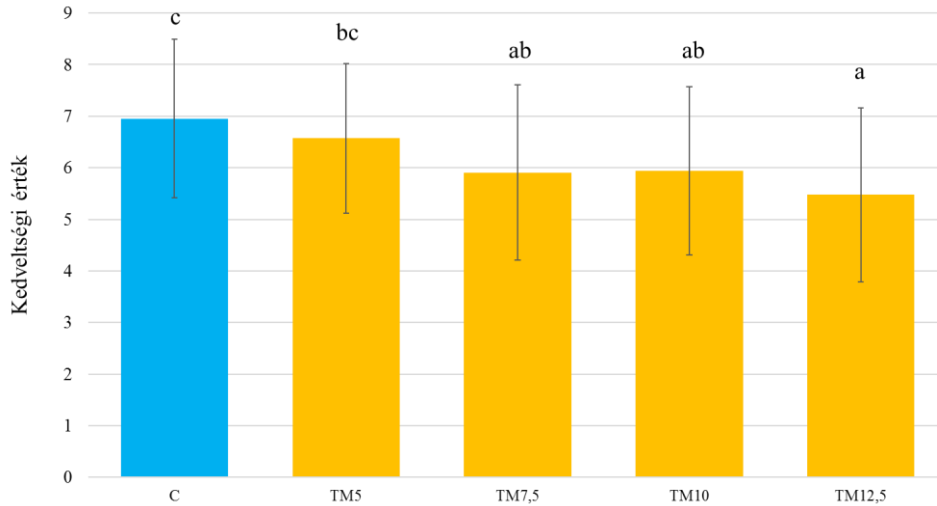
20. ábra: A megjelölt tulajdonságok átlagos hatása az általános tetszésre

## 5.6. Általános kedveltség

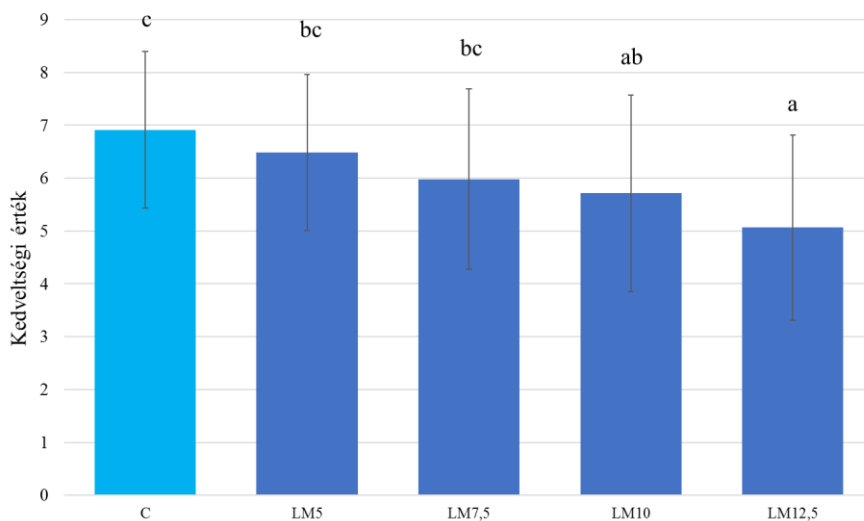
A rovarokkal dúsított termékek érzékszervi vizsgálata során betekintést nyerhettünk a bírálók által felmért tulajdonságok megítélésére és preferenciákra. A bírálók két különböző rovarból készült, öt különböző minta érzékszervi vizsgálatát végezte, többek közt a rovar nem tartalmazó kontroll mintát, valamint az 5%, 7,5%, 10% és 12,5%-ban dúsított mintákat.

Az általános kedveltséget illetően a fogyasztók mind a kontroll mintát (TM0/LM0), mind az 5%-kal dúsított mintát (TM5; LM5) előnyben részesítették. Az elfogadottság azonban jelentősen csökkent a TM15 és LM15 esetében, amely a legmagasabb rovarokkal dúsított szintet tartalmazta, ami a legjelentősebb rovartartalmú zabszelet egyértelmű elutasítását eredményezte. A rovartartalom növekedésével az általános tetszési pontszámok folyamatosan csökkentek. A 7,5%-os minta 6,4 pontot kapott, míg a 10%-os minta 7,2 pontot ért el. A legmagasabb, 8,1-es tetszési pontszámot a 12,5%-kal dúsított minta kapta (21. és 22. ábra) A dúsított termékek közül a fogyasztók az 5%-os rovar tartalmú zabszeletet részesítették előnyben. Ezek az eredmények arra utalnak, hogy míg a mérsékelt

rovarmennyiség felhasználás akár növelheti is a kedveltséget egyes esetekben, a magasabb rovarmentesség, ugyan nem minden esetben, de csökkentette az általános kedveltséget, ami rávilágít a megfelelő felhasználási arány fontosságára



21. ábra: Az általános kedveltség pontok átlagai és szórásai a TM minták esetén. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).



22. ábra: Az általános kedveltség pontok átlagai és szórásai a LM minták esetén. A Tukey post hoc teszt alapján meghatározott homogén alcsoportokat az oszlopokon található betűkkel jelöltem ( $p < 0,05$ ).

## 5.7. Analitikai és érzékszervi eredmények összehasonlítása

Az elvégzett érzékszervi és analitikai vizsgálatok, illetve az általános kedveltség eredményeit összehasonlítva kaphatunk egy képet arról, hogy az egyes vizsgálatok eredményei mennyire vannak összhangban egymással. A színértékek mérései során megállapítottam, illetve a szakirodalmi adatok nagy része is ezt támasztják alá, hogy a rovarok növekvő mennyisége a minták színére sötétítő hatással van. Az érzékszervi vizsgálat alapján látható volt, hogy a minták általános kedveltsége egyre csökken a növekvő rovartartalom mellett. Ezt a jelenséget alátámasztja az a megfigyelés, amely rávilágított arra, hogy a „Világos” vagy „Aranybarna” tulajdonságok, amelyek világos színre utalnak, grafikusán megjelenítve közel vagy közelebb voltak megtalálhatóak az alacsony rovartartamú minták, illetve az általános kedveltség vizuális megjelenítéséhez.

Az analitikai mérések során mért magas zsírtartalom a bírálók számára is felfedezhető volt, főként a magasabb arányban vándorsáskát tartalmazó mintákban. A 40 m/m% zsírtartalmú vándorsáskával készült LM10 és LM12,5 kódú termékeket a bírálók a „Zsíros illat”, illetve „Zsíros” tulajdonságokkal illették. Ebből a szempontból ellentétesnek mondható „Száras” tulajdonság – az analitikai méréseknek megfelelően – a legalacsonyabb zsírtartalommal rendelkező kontroll mintára volt jellemző a bírálók szerint.



## 6. Összefoglalás

Szakdolgozatomban rovarokkal dúsított zabszeletek termékfejlesztését, illetve azok élelmiszeranalitikai és érzékszervi vizsgálatát végeztem el. Céлом volt, hogy egy alternatív fehérjeforrást felhasználva innovatív, könnyen elérhető, tápanyagokban gazdag terméket fejlesszek, amely a fogyasztók számára vonzó érzékszervi tulajdonságokkal rendelkezik.

Az analitikai vizsgálatok kimutatták, hogy a rovarok jótékony hatással vannak a minták fehérjetartalmára, az a hozzáadott rovar mennyiségével lineárisan növekszik. Ez az arányosság a rovertartalom és a minták zsírtartalma között is megfigyelhető volt. A szénhidrátartalom a magasabb rovertartalom mellett csökkent, ennek oka rostban gazdag zab csökkenő jelenléte, és a rovarok fehérje és zsírtartalma. A rovarok jelenléte nem hatott egyértelműen a minták nedvességtartalmára, egyértelmű következtetést levonni nem lehetett.

Az érzékszervi vizsgálat értékes betekintést nyújtott a rovarokkal dúsított zabszelet fogyasztói megítélésébe, köszönhetően a magas bírálói részvételnek. A felhasznált szoftver segítségével előállított ábrák segítettek vizualizálni a tulajdonságok, az általános kedveltség, és a minták közötti kapcsolatot. Az olyan tulajdonságok, mint például a “Világos”, “Édes íz”, “Édes illat” sokszor a minta kedveltségére utaltak, míg a “Dohos illat” “Égetett íz” és “Zsíros illat” jelenlétét a bírálók nem kedvelték. Elmondható, hogy az alacsonyabb rovertartalommal rendelkező minták magasabb kedveltségi pontot kaptak, mint azok, amelyekben a rovarok mennyisége magasabb.

A munka során sikerült olyan zabszeleteket kifejleszteni, amelyek előnyösebb tápérték profillal rendelkeznek, mint a kontroll minta, ám nem sikerült olyan terméket alkotni, amely fehérjeforrásnak mondható és a bírálók által is kedvelt tulajdonságokkal rendelkezik. A jövőben tanácsos lehet olyan technológia, vagy ízek kifejlesztése, ami növelheti a minták általános kedveltségének szintjét, esetleg izmaszkolás alkalmazása.

A kutatási eredmények az egészséges élelmiszerek és a fenntartható táplálkozás ágazatában történő lehetséges alkalmazásokra utalnak. A rovarokkal dúsított zabszeletek tápláló snack - termékek, különösen az alternatív fehérjeforrásokat kereső vagy a környezeti

fenntarthatóság iránt érdeklődő egyének számára. Lényeges azonban elismerni a korlátokat, például a fogyasztók bizonytalanságát és szkepticizmusát.

Összeségében, a tanulmány jelentősége abban rejlik, hogy az elért eredmények hozzájárulhatnak a fenntartható élelmiszertermeléshez, a jobb táplálkozáshoz és a fogyasztói edukációhoz. Segíthet az élelmiszerbiztonsággal és a fenntarthatósággal kapcsolatos globális kihívások kezelésében, miközben elősegíti az innovációt az élelmiszeriparban, és akár befolyásolhatja a politikai döntéshozatalt. Végül a kutatás gyakorlati példát szolgáltat arra, hogyan lehet fenntartható és tápláló termékeket kifejleszteni és beépíteni étrendünkbe, amelyek mind egyéni, mind társadalmi szinten előnyökkel járhatnak.

## 7. Irodalmi hivatkozás

- A. Omran, Azza. 2018. „Enhancing the Nutritional Value of Oat Bars”. *American Journal of Food Science and Technology* 6(4): 151–60.
- Azzollini, D. és mtsai. 2018. „Effects of Formulation and Process Conditions on Microstructure, Texture and Digestibility of Extruded Insect-Riched Snacks”. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 45: 344–53.
- Biró, Barbara és mtsai. 2020. „Cricket-Enriched Oat Biscuit: Technological Analysis and Sensory Evaluation”. *Foods* 9(11): 1561.
- Boulos, Samy, Anina Tännler, és Laura Nyström. 2020. „Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Edible Insects on the Swiss Market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*”. *Frontiers in Nutrition* 7: 89.
- Butt, Masood Sadiq és mtsai. 2008. „Oat: Unique among the Cereals”. *European Journal of Nutrition* 47(2): 68–79.
- Çabuk, Burcu. 2021. „Influence of Grasshopper (*Locusta Migratoria*) and Mealworm (*Tenebrio Molitor*) Powders on the Quality Characteristics of Protein Rich Muffins: Nutritional, Physicochemical, Textural and Sensory Aspects”. *Journal of Food Measurement and Characterization* 15(4): 3862–72.
- Chen, Oliver és mtsai. 2021. „The Role of Oat Nutrients in the Immune System: A Narrative Review”. *Nutrients* 13(4): 1048.
- Costa-Neto, E.M., és F.V. Dunkel. 2016. „Insects as Food: History, Culture, and Modern Use around the World”. In *Insects as Sustainable Food Ingredients*, Elsevier, 29–60. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128028568000028> (2022. augusztus 22.).
- Djouadi, Anna, Joana Rides Sales, Maria Otília Carvalho, és Anabela Raymundo. 2022. „Development of Healthy Protein-Rich Crackers Using *Tenebrio Molitor* Flour”. *Foods* 11(5): 702.
- Elhassan, Mohammed, Karin Wendin, Viktoria Olsson, és Maud Langton. 2019. „Quality Aspects of Insects as Food—Nutritional, Sensory, and Related Concepts”. *Foods* 8(3): 95.
- Finke, Mark D. 2002. „Complete Nutrient Composition of Commercially Raised Invertebrates Used as Food for Insectivores”. *Zoo Biology* 21(3): 269–85.

- Govorushko, Sergey. 2019. „Global Status of Insects as Food and Feed Source: A Review”. *trends in food science and technology*.
- Halloran, Afton és mtsai. 2016. „Life Cycle Assessment of Edible Insects for Food Protein: A Review”. *Agronomy for Sustainable Development* 36(4): 57.
- Ho, Isaac és mtsai. 2022. „Will It Cricket? Product Development and Evaluation of Cricket (*Acheta Domesticus*) Powder Replacement in Sausage, Pasta, and Brownies”. *Foods* 11(19): 3128.
- van Huis, Arnold, és Dennis G. A. B. Oonincx. 2017. „The Environmental Sustainability of Insects as Food and Feed. A Review”. *Agronomy for Sustainable Development* 37(5): 43.
- van Huis, Arnold van, szerk. 2013. *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Karmally, Wahida és mtsai. 2005. „Cholesterol-Lowering Benefits of Oat-Containing Cereal in Hispanic Americans”. *Journal of the American Dietetic Association* 105(6): 967–70.
- Kinyuru, John N., Joseph Birundu Mogendi, Chris A. Riwa, és Nancy W. Ndung’u. 2015. „Edible insects—a novel source of essential nutrients for human diet: Learning from traditional knowledge”. *Animal Frontiers* 5(2): 14–19.
- Kouřimská, Lenka, és Anna Adámková. 2016. „Nutritional and Sensory Quality of Edible Insects”. *NFS Journal* 4: 22–26.
- Lange, Klaus W., és Yukiko Nakamura. 2021. „Edible Insects as Future Food: Chances and Challenges”. *Journal of Future Foods* 1(1): 38–46.
- Martínez-Villaluenga, Cristina, és Elena Peñas. 2017. „Health Benefits of Oat: Current Evidence and Molecular Mechanisms”. *Current Opinion in Food Science* 14: 26–31.
- Mattes, Richard D. 2018. „Snacking: A Cause for Concern”. *Physiology & Behavior* 193: 279–83.
- McAlpine, C.A. és mtsai. 2009. „Increasing World Consumption of Beef as a Driver of Regional and Global Change: A Call for Policy Action Based on Evidence from Queensland (Australia), Colombia and Brazil”. *Global Environmental Change* 19(1): 21–33.
- Ng, Hei Man Emily, Jessica Xu, Qingzhou Liu, és Anna Rangan. 2022. „Changes in Package Sizes of Savoury Snacks through Exploration of Euromonitor and Industry

- Perspectives”. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19(15): 9359.
- Nongonierma, Alice B., és Richard J. FitzGerald. 2017. „Unlocking the Biological Potential of Proteins from Edible Insects through Enzymatic Hydrolysis: A Review”. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 43: 239–52.
  - Nowakowski, Abby C. és mtsai. 2022. „Potential Health Benefits of Edible Insects”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 62(13): 3499–3508.
  - Odegard, I.Y.R., és E. van der Voet. 2014. „The Future of Food — Scenarios and the Effect on Natural Resource Use in Agriculture in 2050”. *Ecological Economics* 97: 51–59.
  - Oonincx, Dennis G. A. B., és Imke J. M. de Boer. 2012. „Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans - a Life Cycle Assessment”. *PloS One* 7(12): e51145.
  - Păucean, Adriana, Simona Man, és Anamaria Pop. 2015. „Development of Oat Based-Food Formulation and Quality Characteristics”. *Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*: 6.
  - Payne, Charlotte L.R., Peter Scarborough, Mike Rayner, és Kenichi Nonaka. 2016. „A Systematic Review of Nutrient Composition Data Available for Twelve Commercially Available Edible Insects, and Comparison with Reference Values”. *Trends in Food Science & Technology* 47: 69–77.
  - Plasek Brigitta, Nagy Evelin, és Temesi Ágoston. 2018. „Kényelmiélelmiszer-fogyasztási szokások és -fogyasztói csoportok”. *Élelmiszer, Táplálkozás és Marketing* 14(2). <http://journal.ke.hu/index.php/etm/article/view/2288> (2022. október 24.).
  - Punia, Sneh és mtsai. 2020. „Oat Starch: Physico-Chemical, Morphological, Rheological Characteristics and Its Applications - A Review”. *International Journal of Biological Macromolecules* 154: 493–98.
  - Raheem, Dele és mtsai. 2019. „Traditional Consumption of and Rearing Edible Insects in Africa, Asia and Europe”. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 59(14): 2169–88.
  - Riaz, M.N. 2016. „Snack Foods: Processing”. In *Encyclopedia of Food Grains*, Elsevier, 414–22. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123944375001601> (2022. november 11.).

- Roncolini, Andrea és mtsai. 2019. „Protein Fortification with Mealworm (*Tenebrio Molitor* L.) Powder: Effect on Textural, Microbiological, Nutritional and Sensory Features of Bread” szerk. Karol Sestak. *PLOS ONE* 14(2): e0211747.
- Stull, Valerie J. és mtsai. 2018. „Impact of Edible Cricket Consumption on Gut Microbiota in Healthy Adults, a Double-Blind, Randomized Crossover Trial”. *Scientific Reports* 8(1): 10762.
- Tumuluru, J.S. 2016. „Snack Foods: Role in Diet”. In *Encyclopedia of Food and Health*, Elsevier, 6–12. <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780123849472006322> (2022. november 11.).
- Vangsoe, Mathias T., Malte S. Joergensen, Lars-Henrik L. Heckmann, és Mette Hansen. 2018. „Effects of Insect Protein Supplementation during Resistance Training on Changes in Muscle Mass and Strength in Young Men”. *Nutrients* 10(3): 335.
- Vijver, Martina, Tjalling Jager, Leo Posthuma, és Willie Peijnenburg. 2003. „Metal Uptake from Soils and Soil–Sediment Mixtures by Larvae of *Tenebrio Molitor* (L.) (Coleoptera)”. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 54(3): 277–89.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Szeretném kifejezni legmélyebb hálámat konzulenseimnek, Dr. Benes Eszter Lucának és Dr. Gere Attilának a szakdolgozat elkészítése során nyújtott töretlen támogatásukért és iránymutatásukért. Rugalmasságuk, fáradhatatlan erőfeszítéseik és jószívű természetük eredményessé és élvezetessé tette számomra ezt a tudományos munkát. Igazán szerencsés vagyok, hogy ilyen kivételes oktatóktól tanulhattam, szívből köszönöm nekik türelmüket és folyamatos támogatásukat.

Köszönöm a családomnak és barátaimnak a hosszas támogatásukat.

## 9. Nyilatkozatok

### NYILATKOZAT

#### a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Baló Zsolt
A Hallgató Neptun kódja:	F5CD9B
A dolgozat címe:	Rovartartalmú zabszeletek komplex analitikai és érzékszervi vizsgálata
A megjelenés éve:	2023.
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Élelmiszerkémia és Analitika tanszék

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

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

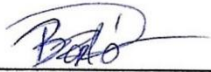
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

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

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

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

Kelt: Budapest, 2023. november 3.

  
Hallgató aláírása



C

## NYILATKOZAT

Baló Zsolt (hallgató Neptun azonosítója: F5CD9B) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: 2023. 11. 02.



---

belső konzulens