

DIPLOMAMUNKA

Bodzán Nikoletta

2024



**Magyar Agrár – és Élettudományi Egyetem,
Budai Campus
Élelmiszertudományi és technológiai intézet
Élelmiszermérnök Mesterképzés**

**INNOVATÍV FEHÉRJEFORRÁSOK AZ
ENERGIASZELETEKBEN: ROVARFEHÉRJE TECHNO-
FUNKCIONALITÁSÁNAK VIZSGÁLATA**

Konzulens:

Név: *Molnárné Jakab Ivett*

Beosztás: *Tanársegéd*

Tanszéke: *Gabona és Iparnövény Technológiai
Tanszék*

Készítette: **Bodzán Nikoletta, JQISRZ**

**Budapest, Budai Campus
2024**

Tartalom

1. Bevezetés és célkitűzés	1
2. Irodalmi áttekintés	3
2.1. A rovartenyésztés technológiai és környezetvédelmi vonatkozásai	3
2.2. Ehető rovarfehérjék felhasználása élelmiszerekben: Funkciós tulajdonságaikkal kapcsolatos kihívások és kérdések	6
2.3. Rovarok feldolgozása élelmiszer- és takarmányiparban történő felhasználásra	8
2.3.1. Rovarliszt és fehérjeporok	8
2.3.2. Rovarolaj kivonás	9
2.3.3. Kereskedelmi feldolgozási technológiák	9
2.4. Rovartenyésztés nehézségei	11
2.4.1. Éghajlat és környezet	11
2.4.2. Etetés	11
2.4.3. Növekedés és fejlődés	12
2.5. Rovartenyésztés jelenlegi szabályozása az élelmiszeriparban	12
2.6. Az ehető rovarok marketingjének kulcsfontosságú szempontjai	16
2.6.1. A termék	16
3. Anyagok és módszerek	21
3.1. Anyagok	21
3.2. Módszerek	24
3.2.1. Állomány mérési módszer	24
3.2.2. Érzékszervi bírálat	25
3.2.3. Vízáktivitás mérés	27
3.2.4. Soxhlet-extrakció	27
3.2.5. Peroxidszám meghatározása	28
3.2.6. Tárolási módszerek	29
4. Kísérleti eredmények és értékelésük	30
4.1. Állomány mérési eredmények	30
4.2. Érzékszervi bírálat eredményei	33
4.3. Vízáktivitás mérés eredménye	37
4.4. Peroxidszám meghatározása	37
5. Következtetések és javaslatok	39
6. Összefoglalás	41
Irodalmi hivatkozás	43
Ábrajegyzék	49
Mellékletek	51

1.Bevezetés és célkitűzés

A társadalmi és demográfiai változások, valamint a megművelhető földterületek elérhetőségének fokozatos csökkenése kihívást jelent az élelmiszergazdaság számára. Ugyanakkor a különféle élelmiszerek iránti növekvő kereslet a fenntartható mezőgazdasági termelésen és az alternatív fehérjeforrások keresésén alapuló élelmiszerbiztonsági stratégiák kidolgozásának elengedhetetlen elemévé válik (Henchion et al., 2017). Ökológiai szempontból a becslések szerint 2050-re világszerte körülbelül 150 millió embert fenyegethet az étrendi fehérjehiány a légköri CO₂ emelkedő szintje miatt (Medek et al., 2017). Számos kutatási tanulmány azonosította a globális élelmiszerlánc stabilitását fenyegető jelentős veszélyeket, beleértve az étrendi fehérje termelésének csökkenését (Corrado et al., 2020). Meyer-Rochow (Meyer-Rochow, 1975) már 1975-ben felvetette, hogy a rovartenyésztés alternatív megoldást kínálhat a globális fehérjehiányra (Ramaswamy, 2015). A rovarokat ősidők óta fogyasztják az emberek és főemlős rokonaik (McGrew, 2014). A rovarfehérjék gazdag tápanyagforrásként való bevezetése a modern táplálékláncokba megszüntetheti a fehérjehiányt. Ugyanakkor az ehető rovarok újjáéledhetnek, mint alternatív táplálékforrás és élelmiszertermékek összetevője, különösen a nyugati civilizációkban (Melgar-Lalanne et al., 2019). A rovarok tápértékét a rovarfaj, a termelési mód és az alkalmazott takarmány határozza meg. Az ehető rovarok minőségét és értékesíthetőségét különböző tényezők befolyásolják (Meyer-Rochow et al., 2021). Ezért a takarmány tápértékével kapcsolatos új ismeretek fontos szerepet játszanak a rovartenyésztési ágazat fejlődésében. Általánosságban elmondható, hogy a rovarok különböző alapanyagok keverékével etethetők, beleértve a nem ehető elsődleges biomasszát és a mezőgazdasági feldolgozási hulladékot, hogy minimalizáljuk a rovertakarmány-ellátás szezonálisát (Weiner et al., 2018). A tenyésztett rovarfajok kiválasztásának azonban meg kell felelnie az élelmiszer- és fogyasztóbiztonságra vonatkozó jogszabályi előírásoknak. Meg kell jegyezni, hogy a rovarfehérjék a feldolgozott állati fehérjéknek (PAP) minősülnek, amelyek három elsődleges tápanyag forrása: fehérje, zsír és ásványi anyagok (Weiner et al., 2018).

Kutatómunkám során célul tűztem ki, egy olyan termék elkészítését, melyben *Tenebrio molitor* (lisztkukac) fehérjepor hozzáadásával készítek fehérjeszeletet. A kísérleti munka során elkészítettem egy normál fehérjetartalmú és egy magas fehérjetartalmú szeletet.

A célkitűzést és a feladat teljesítését az alábbi teendőkkel, és kérdések megválaszolásával céloztam megvalósítani.

- Egy kereskedelembe forgalmazott szintén rovarfehérjét tartalmazó szelet milyen állomány mérési tulajdonságokkal fog rendelkezni?
- Az általam elkészített rovarfehérjeszeletek milyen állomány mérési tulajdonságokkal fognak rendelkezni?
- A különböző fehérjetartalmú termékek összehasonlítása milyen állomány mérési tulajdonságokat fognak megmutatni?
- A különböző tárolás során változni fog-e az állományuk az általam készített rovarfehérjeszeleteknek?

Fontosnak tartom egy termékfejlesztés során, hogy érzékszervi bírálatnak is alá legyen vetve a termék egy kontroll mintával együttesen, mely meg fogja mutatni, hogyan sikerült a fehérjeszelet, milyen változtatásokat igényel, mekkora a különbség az objektív és szubjektív vizsgálatok során. Továbbá a saját általam készített fehérjeszeleteken peroxidszám meghatározást végzek, hogy milyen minőségbeli oxidációs esetlegesavasodás következik be tárolás során.



1. ábra Lisztukac-Tenebrio molitor (Internet 1.)

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A rovartenyésztés technológiai és környezetvédelmi vonatkozásai

A nagyüzemi tenyésztésére szánt rovarfajokat gyors növekedéssel, táplálék plaszticitásával, alacsony kitartással, a takarmány hatékony biokonverziójával, magas entomoremediációs potenciállal, magas szaporodási teljesítménnyel, rövid szaporodási ciklussal és alacsony szükségleti igényekkel kell jellemezni (Gałęcki et al., 2021). Az élelmiszertermeléshez optimális rovarfajtának könnyen tenésztethetőnek kell lennie, nem igényelhet speciális felszerelést, sokféle tápanyaggal kell táplálkoznia, beleértve a mezőgazdasági termelésből és a mezőgazdasági élelmiszeriparból származó hulladékokat (növényi és állati termékek), ellenállónak kell lennie a tenyésztési létesítmények mikroklímájának változásaihoz, és nagy potenciállal kell rendelkeznie az emberi és állati takarmányozásban való felhasználásra (Cadinu et al., 2020).

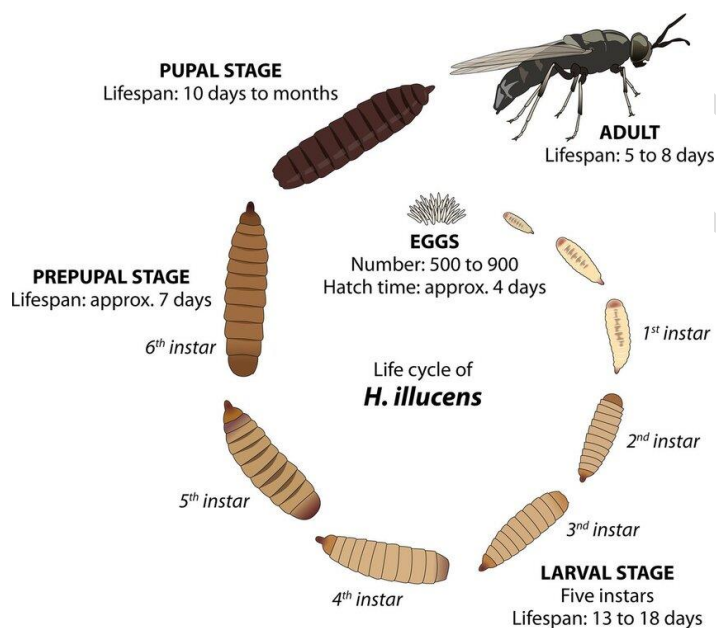
A takarmány rendelkezésre állása (szezonális, egész éves, korlátozott) és formája (folyékony, szárított), a tenyésztési feltételek (elhelyezési kérdések), a gazdálkodási létesítmények szervezeti színvonala, valamint a biztonsági, higiéniai és tisztítási eljárások végrehajtása gyakran a döntő paraméterek a rovartenyésztésben (Kok, 2021).

Bővíteni kell a biológiai és kémiai szermaradványok biztonságosságára vonatkozó ismereteket, ami az ehető rovarok előállítása terén jelenti a legnagyobb kihívást. A rovarok, például a *H. illucens* felhalmozhatják a nehézfémeket. A végtermék azonban szennyeződhet, ha a rovarok közvetlenül a betakarítás előtt fogyasztanak káros anyagokat. Sőt, keveset tudunk a rovarok anyagcsere-útvonalairól, és még ha a toxikus anyagokat nem is azonosítják, metabolitjaik megmaradhatnak (Lievens et al., 2021). Azt is meg kell jegyezni, hogy a rovarok közvetlenül az expozíció után a kiválasztott anyagok és kórokozók tározói lehetnek (Doi et al., 2021). A rovarok biológiai veszélyt jelenthetnek (Grenda et al., 2021), sőt azt is vizsgálták, hogy képesek-e tovább vinni a COVID-19 fertőzéseket. Következésképpen a rovarfarmoknak meg kell felelniük a kötelező érvényű előírásoknak, különösen azoknak, amelyek az élelmiszer- és takarmánytermelés mikrobiológiai kritériumait határozzák meg.

A feldolgozás növeli a rovarok fogyasztói elfogadottságát, a feldolgozott rovarokat pedig különféle kenyér, tészta, chips, proteinszeletek és egyéb termékek előállításához használják fel a gyorsan növekvő rovariparban (Nongonierma et al., 2019). A tápanyag-kinyerés azért fontos szempont, mert a magas kitinkoncentráció hátrányosan befolyásolhatja a rovaralapú termékek

emészthetőségét (Marono et al., 2015). A rovarok kiváló állati takarmányforrást is jelentenek, mivel a természetben az állatok étrendjének fontos részét képezik.

Jelenleg a rovarokat a jövő baromfitakarmányának tekintik (El-Hack et al., 2020). A kutatások kimutatták, hogy a fekete katonalégy (BSF) értékes összetevője lehet a tojó- és brojler- és sertéstakarmánynak (Schiavone et al., 2017). A *H. illucens*-ből kinyert zsírral etetett brojlercsirkék magas hasított hozam, kedvező bélmorfológia és a gyomor-bél traktus optimális szövettani paraméterei jellemezték (Maurer et al., 2016).



2. ábra *H. illucens* növekedési ábrája (Internet 2.)

A fehérjetermelés a hagyományos állattenyésztési és növénytermesztési rendszerekben szűkös természeti erőforrásokat igényel (mint például föld, víz, fosszilis tüzelőanyagok). Az erőforrások folyamatos kimerülése potenciálisan kedvezőtlen környezeti hatásokhoz vezethet a jövőben. Ebben az összefüggésben a rovartenyésztés környezetbarát alternatívaként jelenik meg. Környezeti hatásuk minimalizálása érdekében a rovarfarmoknak energiahatékony fűtési és világítási rendszerekre kell támaszkodniuk, és el kell látni őket szellőző- és légszűrőberendezésekkel, sterilizáló berendezésekkel és kártevőirtó eszközökkel. A rovartenyésztés környezeti előnyei közé tartozik a takarmány, különösen a hulladéktermékek hatékony biokonverziója, valamint a mezőgazdasági területek iránti alacsonyabb kereslet a hagyományos állattenyésztéshez képest (Van Raamsdonk et al., 2017).

Az ehető rovarok fontos szerepet játszhatnak az agrár-élelmiszeripari hulladékok biokonverziójában, amelyek globális termelését évi 1,3 milliárd tonnára becsülik (Makkar et al., 2014). A rovartakarmány kiválasztásában fontos szerepet játszanak a pénzügyi és logisztikai szempontok. Az EU-ban számos szabályozást vezettek be az állati takarmányok biztonságának garantálására, köztük az 1069/2009/EK bizottsági rendeletet, a 142/2011/EU bizottsági rendeletet, a 999/2001/EK bizottsági rendeletet, a 853/2004/EK rendelet III. mellékletét módosító 1137/2014/EK bizottsági rendelet, a 767/2009/EK rendelet és az (EU) 2018/C 133/02 bizottsági közlemény (*Commission Regulation (EU) No. 142/2011*). Ezek a jogi aktusok takarmánybiztonsági előírásokat vezetnek be az emberi és állati fogyasztásra szánt ehető rovarok előállítása során. A bevezetett szabványok jelentősen korlátozzák számos hagyományos élelmiszer termék rovartakarmányként való alkalmazhatóságát. Makkar szerint (Makkar et al., 2014) az olyan termékek, mint a búzaliszt, szójaliszt és a főlözött tej nem tekinthetők fenntartható takarmánynak a rovartenyésztésben, mert az emberi étrend részét képezik.

A rovarok hatékonyan alakítják át a különböző típusú hulladék biomasszát, és az agrár-élelmiszeripari hulladékokat tápláló termékekké alakíthatják át. Így lezárhatnak a tápanyagciklusokat, jelentősen minimalizálhatnák az élelmiszer-termelés környezeti hatásait és csökkenthetnék a termelési költségeket (Wang et al., 2018).

A fenntartható rovartenyésztés dedikált infrastruktúrát és erőforrásokat igényel, beleértve az épületeket, berendezéseket és személyzetet. A rovartermelő létesítményeknek hozzáférést kell biztosítani az elektromos áramhoz, vízhez, hulladék- és szennyvízkezelő rendszerekhez, valamint takarmánylogisztikai hálózathoz (*Regulation (EC) No. 853/2004*). A rovarfarmokat por, szag- és vegyi szennyeződésektől mentes helyen kell létesíteni. Nem szabad hulladéklerakók vagy hulladékfeldolgozó helyek közvetlen közelében építeni. A rovartelepeket be kell keríteni, és védeni kell a rovarkártevőktől.

A rovartermesztést hatékonyan kell irányítani a hozam és a haszon maximalizálása, valamint az élelmiszerbiztonsági követelményeknek megfelelő termékek beszerzése érdekében. A biztonságos élelmiszertermeléshez dedikált irányítási rendszerek bevezetése szükséges, beleértve a jó tenyésztési gyakorlatokat, a jó higiéniai gyakorlatokat és a HACCP-t (Fraqueza et al., 2017). Az élelmiszerek nyomonkövetési és visszahívási eljárásait kockázatkezelési eszközként kell bevezetni a fel nem fedezett problémák azonosítására és az élelmiszer-biztonsági problémák megfékezésére, miután a termék elérte az élelmiszer-elosztási láncot (Fraqueza et al., 2017).

A mezőgazdasági épületeknek és a termelő létesítményeknek meg kell felelniük a vonatkozó előírások által előírt higiéniai és biológiai biztonsági előírásoknak. Minden helyiségnek szennyeződéstől mentesnek, könnyen tisztíthatónak és fertőtleníthetőnek kell lennie. A rovartenyésztési létesítmények kialakításának és felépítésének meg kell akadályoznia a más állattenyésztési helyekről származó keresztszennyeződést. A rovarfarmokat tiszta (fehér) és szennyezett (fekete) zónákra kell felosztani. Az épületeket légszűrőkkel kell felszerelni, és elegendő munkaterületet kell biztosítaniuk. Minden létesítményt ellenőrizni kell porszennyeződés, szivárgás és kártevők szempontjából (Higgins et al., 2018).

Az élelmiszer- és takarmánygyártásban nagyon fontos szerepet töltenek be a kártevőirtási rendszerek. Az ilyen rendszereknek meg kell védeniük a rovarfarmokat a kártevők külső forrásaitól, és meg kell akadályozniuk a tenyésztett rovarok kiszökését. A rovarfarmokban a leggyakoribb kártevők közé tartoznak más rovarfajok, pókok, madarak, rágcsálók és kisemlősök, amelyek jelentősen befolyásolhatják a végtermék biztonságát. A kockázatok minimalizálása érdekében fertőtlenítési és rágcsálóirtási programokat kell végrehajtani. A gyártólétesítményeket jó állapotban kell tartani, és meg kell felelniük a rájuk vonatkozó szabványoknak. Az élelmiszer-maradványokat haladéktalanul el kell távolítani, a felesleges berendezéseket és anyagokat el kell távolítani a termelő létesítményekből, a szerves hulladék edényeit pedig szorosan le kell zárni (Savary et al., 2019).

2.2. Ehető rovarfehérjék felhasználása élelmiszerekben: Funkciós tulajdonságaikkal kapcsolatos kihívások és kérdések

Kiterjedt kutatások folytak és folynak a hagyományos élelmiszer-fehérjékkel kapcsolatban, hogy kiaknázzák táplálkozási és funkcionális tulajdonságaikat az élelmiszer-összetételben. Ezek a tulajdonságok főként a natív fehérjék szerkezetével és aminosav-összetételével kapcsolatosak. Más tényezők azonban, mint például a feldolgozás és a kémiai kezelések, módosítják a fehérjék funkciót. Az állati eredetű fehérjéket, elsősorban a tej- és tojásfehérjéket évtizedek óta alaposan tanulmányozták. Közismert, hogy a tejfehérjéket két különálló kategóriába sorolják: kazein micellákra, amelyeket gyakran kapcsolnak össze a sajtkészítéssel, és szérumfehérjékre, amelyek számos funkcionális tulajdonságban vesznek részt, például habzásban, gélesedésben és emulgeálásban (Kailasapathy, 2015).

A tojásfehérjék szintén két külön kategóriába sorolhatók: a tojásfehérje fehérjék, amelyek amfifil természetük miatt habzó tulajdonságokkal járnak, és amelyek különösen fontosak a sütőiparban (Abeyrathne, Lee és Ahn, 2013), valamint a tojássárgája fehérjék, amelyek magas

lipoprotein-tartalma jó emulgeátorokká és a majonéz kulcsfontosságú összetevőjévé teszi (Mine, 2007). Mindezek az információk lehetővé teszik az élelmiszer-technológusok számára, hogy az élelmiszer-fehérjéket maximálisan kihasználják, maximalizálva a hatékonyságot és az előnyöket, miközben minimalizálják a fehérjevesztéseket, mint melléktermékeket. Az utóbbi években a növényi eredetű fehérjék, különösen a hüvelyesek népszerűsége tette szert az élelmiszerkutatók körében, részben a fogyasztók gazdaságosabb és környezetbarátabb táplálkozás iránti növekvő érdeklődésére, valamint a nyugati kultúrákban a veganizmus és a vegetarianizmus térnyerésére válaszul. A leggyakoribb példa a szójafehérje, amely a szimulált húsok és tofu előállításához elengedhetetlen jó zselésítő tulajdonságokhoz kapcsolódik (Singh, Kumar, Sabapathy és Bawa, 2008). Mindazonáltal a növényi alapú fehérjéről azt találták, hogy hiányoznak bizonyos esszenciális aminosavak, és kevésbé emészthetők, mint az állati eredetű fehérjék (Sarwar, 1997). Ezért ajánlatos különféle növényi alapú fehérjéket kombinálni vagy keverni a teljes és tápláló étrend érdekében (Gorissen et al., 2018). Ennek eredményeként a rovarfehérjék az utóbbi időben nagyobb figyelmet kapnak az élelmiszeriparban magas fehérjetartalmuk (átlagosan 40%, száraz tömegre számítva akár 70%), ásványianyag- és vitamintartalmuk, valamint többszörösen telítetlen telített zsírsavarányuk (Rumpold és Schluter, 2013; van Huis et al., 2013; Zielińska, Baraniak, Karaś, Rybczyńska és Jakubczyk, 2015). Az ehető rovarfehérjék általában megfelelnek a WHO esszenciális aminosav-tartalmi követelményeinek is (Rumpold & Schluter, 2013).

Ráadásul a rovarfehérjék átlagosan jobban emészthetők (76–98%), mint a növényi eredetű fehérjék, például a földimogyoró és a lencse (52%), és csak egy kicsit kevésbé emészthetők, mint az állati eredetű fehérjék, például a marhahús és a tojásfehérje (100%) (United States Dairy Export Council, 2004). A rovarfehérjék azért is érdekesek, mert kevesebb üvegházhatású gázt és ammóniát bocsátanak ki, így potenciálisan környezet barátabbak (Oonincx et al., 2010). Ezenkívül új és elérhető üzleti lehetőséget jelentenek a fejlődő országok számára, mivel viszonylag gyorsan, egyszerűen és olcsón gazdálkodhatnak, ami összességében a legjobb megoldást jelenti az élelmezésbiztonság biztosítására a világszerte folyamatosan növekvő népességgel (van Huis, 2013).

2.3. Rovarok feldolgozása élelmiszer- és takarmányiparban történő felhasználásra

2.3.1. Rovarliszt és fehérjeporok

A rovarfogyasztásból származó táplálkozási és fenntarthatósági előnyök elérésének egyik megközelítése a rovarok por alakú őrlése vagy rovarokból származó összetevők, például fehérje, lipidek és kitin felhasználása. A rovarok nem felismerhető formában (pl. por) történő beépítése enyhítheti a negatív észleléseket azáltal, hogy lehetővé teszi a rovarporokat tartalmazó élelmiszerek ismerősebb, alapvető élelmiszerekhez való társítását. Tanulmányok beszámoltak arról, hogy az ehető rovarok alacsony elfogadhatósága érzelmi tényezőkkel (pl. undorral), valamint ismeretlen ízekkel és állagokkal jár, ami arra utal, hogy a rovarok összetevőként való beépítése potenciális átjáró lehet a nyugati fogyasztók szélesebb körű elfogadásához. Például európai és amerikai fogyasztók érdeklődést mutattak a rovarokkal előállított élelmiszerek iránt, amelyekhez a rovarokat fehérjepor vagy liszt formájában adják hozzá, és így nem látható felismerhető formában (Calzada-Luna et al., 2020).

A rovarlisztet jellemzően egész rovarok dehidratálásával vagy porításával állítják elő, majd finom porrá őrlik, amelyeket lisztnek neveznek. Az ezekben a lisztben jelenlévő fehérje technikai-funkcionális tulajdonságait (pl. emulgeálás, habzás, oldhatóság stb.) azonban a kitin-fehérje kölcsönhatások befolyásolhatják, így korlátozva alkalmazhatóságát élelmiszeripari termékek formulázására. A kitin elválasztását lehetővé tevő rovarfehérje-porok kifejlesztésének módjai közé tartozik a fehérje peptidkötéseinek enzimatis proteolízise, hőkezelések, oldószeres extrakciók vagy lúgos/savas reakciók, amelyek különböző méretű és szabad aminosavakat tartalmazó peptideket állítanak elő. A fehérje módosulása befolyásolja a funkcionalitást azáltal, hogy csökkenti molekulatömegét, növeli a poláris csoportokat, többek között a molekulakonfiguráció változásait. Gravel és a Doyen áttekintést ad a fehérjeporok előállításában részt vevő alapvető folyamatokról, beleértve a zsírtalanítást, a fehérje szolubilizálását és visszanyerését, a tisztítást és a szárítást. Ezek hasonló módszerek azokhoz, amelyeket más fehérjében gazdag összetevők, például szója- és tejsavófehérje-koncentrátumok és izolátumok előállítására használnak. A rovarfehérjék kereskedelmi enzimekkel történő extrakciójában alkalmazott eljárás. Ebben a folyamatban a hosszabb proteolízis és a magasabb enzimkoncentráció kisebb molekulatömegű peptideket eredményez, amelyek különböző fokú techno-funkcionális tulajdonságokkal rendelkeznek. Hasonlóképpen, a proteázspecifitás megválasztása befolyásolja a peptid aminosavszekvenciáját és/vagy aminosavmaradékait,

amelyek egyedi táplálkozási és technológiai tulajdonságokhoz vezetnek a fehérje-hidrolizátumokban (Liceaga, 2019).

2.3.2. Rovarolaj kivonás

A rovarolaj-kivonás kritikus fontosságú a minőségi élelmiszer-/takarmányolaj magas hozamának eléréséhez és a későbbi fehérjeizoláció megkönnyítéséhez. A lipidextrakcióhoz használt környezetbarát, élelmiszer-minőségű oldószerek közé tartozik a metanol és az etanol. További extrakciós módszerek közé tartozik a mechanikus olajprés használata, amelyet sikeresen alkalmaztak olajos anyagok, például chia (*Salvia hispanica*) és kanárimag (*Phalaris canariensis* L.) zsírtalanítására; míg a vizet, terc -butanolt és ammónium-szulfátot használó háromfázisú megosztást (TPP) alkalmazták szójababból, magszemekből és rizskorpából való olaj kivonására (Duatta et al., 2015). A rovarokon alkalmazott nem hagyományos olajkivonási módszerek közé tartozik a CO₂ extrakció. Ez a módszer, bár költségesebb, de megakadályozza az oldott anyagok oxidációját, és lehetővé teszi az alkalmazott alacsony hőmérsékletből adódó hőérzékeny komponensek extrakcióját. Egy nemrégiben készült tanulmány értékelte a hagyományos oldószerek, a TPP és a CO₂ hatását a tücsök- és lisztkukac lisztek lipidextrakciós hozamára és zsírsavprofiljára. A kutatók azt találták, hogy a TPP és az etanol mindkét liszt esetében növelte a lipidhozamot, míg a CO₂ kevésbé volt hatékony a tücsöklisztben. Ettől függetlenül a zsírtalanítási módszert a rovar zsírósszétételének megfelelően kell megválasztani (Laroche et al., 2019).

2.3.3. Kereskedelmi feldolgozási technológiák

A lipid és fehérje extrakciós módszerek mellett Melgar-Lalanne et al. ismertette a rovarok feldolgozására használható főbb technológiákat; ezek általános eljárások, amelyeket az iparban széles körben használnak más élelmiszer-/takarmányárukhoz. Például a blansírozással végzett termikus feldolgozás (forrásban lévő víz/gőz felhasználásával) elsősorban az élelmiszer, vagy jelen esetben a rovarok endogén enzimeinek inaktíválására szolgál, amelyek lebonthatják vagy roncsolhatják a terméket. A blansírozás csökkentheti a kezdeti mikrobiális terhelést is, különösen a mezofil baktériumsejteket. Mások a pasztörözés alkalmazását (100 °C alatti hőmérsékleten) is beépítették az enzimek inaktíválására és a patogén baktériumok eliminálására (Nyanenga et al., 2020).

A mikrobiális növekedés, a kémiai és enzimes reakciók a vízaktivitás (a_w) és az élelmiszer nedvességtartalmának jelenlététől függenek. Következésképpen a nedvesség és a_w csökkentése az élelmiszerben növeli a termék eltarthatóságát, mivel lassítja a mikrobiális növekedést,

valamint a kémiai és enzimatis reakciósebességet. A vízzel való feloldás után azonban a mikrobiális növekedés és a reakciók újra indulnak. Ezért a szárítás előtt más eljárás (pl. blansírozás) alkalmazása javasolt a kórokozó baktériumok és az inaktív enzimek eltávolítására. Például a szárított rovarok 30 perces blansírozásával Graboswki és Klein azt találta, hogy az összes baktériumot, Enterobacteriaceae-t, Staphylococust, Bacillusokat, élesztőket és penészgombákat eliminálta. Az ehető rovarok feldolgozására széles körben alkalmazzák az olyan kereskedelmi dehidratálási módszereket, mint a pörkölés (~150°C-on néhány percre) és a levegőn/kemencében történő szárítás (60-80°C 24-48 óráig). A szárítási módszertől, hőmérséklettől, relatív páratartalomtól és szárítási időtől függően a szárított termék fizikai megjelenése (pl. sötétebb szín, zsugorodás), illat- és ízjellemzők megváltozhatnak. E változások minimalizálásának egyik módja a liofilizálás (azaz fagyasztva szárítás), ahol a rovarokat először lefagyasztják, majd vákuum alatt dehidratálják, ami az élelmiszerben lévő víz szublimációját okozza. Ezt az eljárást, bár drágább, az élelmiszeriparban széles körben alkalmazzák a szárított, formáját, színét, aromáját és ízprofilját megőrző végtermék kiváló minősége miatt (Kröncke et al., 2018).

Az ehető rovarok esetében az alacsony hőmérsékletű folyamatokat, például a hűtést és a fagyasztást is leírták a szakirodalomban. Ezeknek a folyamatoknak az az előnye, hogy nem változtatják meg jelentősen az élelmiszer megjelenését és érzékszervi jellemzőit. Az élelmiszerben lévő víz $\leq -18^\circ\text{C}$ hőmérsékleten történő lefagyasztása alacsonyabb a_w értéket tesz lehetővé, így az élelmiszertől függően hónapokig vagy évekig meghosszabbítja az élelmiszer eltarthatóságát. Ezzel szemben hűtési hőmérsékleten (4-6°C) az eltarthatóság csak néhány nappal vagy néhány héttel növelhető. De Smet et al. kimutatta, hogy a romlást okozó baktériumok tovább szaporodtak a 4°C-on tárolt lisztkekacsztán, és kéthetes tárolás után elérték az élelmiszerromlásnak tekintett szintet; míg a -21°C-on tárolt lisztkekacsaszta legfeljebb három hónapig nem növelte a mikrobaterhelést (De Smet et al., 2019).

Végül a fermentációs technológiát a közelmúltban ígéretes eljárásnént javasolták a rovaralapú élelmiszerek fejlesztésében a vonzó érzékszervi jellemzők és a megnövelt táplálkozási minőség miatt. Castro-Lopez et al. részletes áttekintést ad a fermentált ehető rovarok jelenlegi irodalmáról, beleértve a fermentációs technológia rovarokon történő egyéb alkalmazásait, mint például a bioüzemanyagok, takarmány-adalékanyagok és műtrágyák. A kereskedelmi fermentáció során a szubsztátumban jelenlévő makromolekulákat kívánatos metabolitokká (pl. szabad zsírsavak, aminosavak, alkohol, aroma- és ízvegyületek, vitaminok stb.) erjesztik egy specifikus mikrobakultúra segítségével. Ezzel összefüggésben a fermentált

rovarszószok elfogadható érzékszervi tulajdonságokkal rendelkeznek, és ígéretes alternatívát jelentenek az umami-stílusú szószok, például a szójaszósz kifejlesztésében. Ezzel szemben Veralas és Langton azt jelzi, hogy összetett mikrobiótájuk miatt a rovarok „kezdőként” is használhatók többek között műtrágyák, üzemanyagok és mesterséges étrendek előállításához (Varelas et al.,2017).

2.4. Rovartenyésztés nehézségei

Az ipari szintű rovartenyésztés olyan tevékenység, amely képes fenntartható és nyereséges minőségi fehérje előállítására. Ugyanakkor számos olyan kihívást is jelent, amelyek a termelési folyamatot befolyásoló különböző változók mérését és ellenőrzését igénylik. Az ipari szintű rovartenyésztés számos kihívást, de lehetőséget is kínál egy fenntarthatóbb, jövedelmezőbb és hatékonyabb termelési modell kialakítására. A rovarok kiváló minőségű fehérjeforrások, amelyek kevesebb erőforrást igényelnek, és kisebb környezetterhelést okoznak, mint más állati források. Ezenkívül számos alkalmazási területük van a különböző ágazatokban, például az állati takarmányozásban, az akvakultúrában, a mezőgazdaságban, a kozmetikában vagy a gyógyszerészetben. A rovartenyésztés termelési folyamatának javítása érdekében fontos a különböző változók mérése és ellenőrzése, amelyek befolyásolják a kapott termékek hozamát és minőségét (Madau et al.,2020). Néhány ilyen változó:

2.4.1. Éghajlat és környezet

Mérhető a hőmérséklet, a páratartalom, a világítás, a szellőzés és egyéb környezeti tényezők, amelyek befolyásolják a rovarok növekedését és fejlődését. Ezeket a tényezőket az egyes fajok és életszakaszok szükségleteihez kell igazítani jóllétük és termelékenységük optimalizálása érdekében. Például a lisztkukac (*Tenebrio molitor*), az egyik leggyakrabban használt rovar az iparban, 25°C és 30 °C közötti hőmérsékletet és 50% és 70% közötti relatív páratartalmat igényel (Madau et al.,2020).

2.4.2. Etetés

Az élelmiszernek meg kell felelnie a rovar fajtájának, táplálkozási összetételének és emészthetőségének, mivel ez befolyásolja a rovarokból származó hozam növekedését, egészségét és minőségét. Ezenkívül hozzáférhetőnek, gazdaságosnak és fenntarthatónak kell lennie. A rovarok táplálékának egyes forrásai a szerves hulladékok, az agráripari melléktermékek vagy az összetett takarmányok (Madau et al.,2020).

2.4.3. Növekedés és fejlődés

Mérhető a rovarok növekedési üteme, fejlődési ideje, súlya és mérete. Ezek a mutatók lehetővé teszik a termelési folyamat hatékonyságának értékelését és a rovarok begyűjtésének vagy feldolgozásának optimális időpontjának meghatározását. Például a lisztukac életciklusa körülbelül három hónapig tart optimális körülmények között, áthaladva a tojás, a lárva, a báb és az imágó (bogár) állapotán (Madau et al.,2020).

2.4.4. Egészség

A rovarok egészségi állapotát figyelemmel kell kísérni, és fel kell tárni az esetleges betegségeket vagy kártevőket, amelyek befolyásolhatják a túlélésüket vagy minőségüket. Erre a célra vizuális megfigyelésen, mikrobiológiai elemzésen vagy szenzorok használatán alapuló diagnosztikai módszerek alkalmazhatók. Megelőző vagy korrekciós intézkedések is alkalmazhatók a biológiai biztonság és az állatjóllét biztosítása érdekében (Madau et al.,2020).

2.4.5. Termelés

Ez a megtermelt rovarok mennyisége, valamint minősége és tápértéke. Ezek a változók az előző tényezőktől függenek, és meghatározzák a termelési folyamat gazdasági és környezeti teljesítményét. Olyan mutatók használhatók, mint az élősúly, száraz tömeg, fehérje- vagy lipidtartalom vagy a rovarok energiaértéke. A származtatott termékek érzékszervi (íz, illat, állag) vagy funkcionális (antioxidáns, antimikrobiális) tulajdonságai is értékelhetők (Madau et al.,2020).

2.4.6. Költségek

Elemeznünk kell a termelési költségeket és a rovarok vagy termékeik értékesítéséből származó bevételt. A költség magában foglalja az infrastruktúrával, felszereléssel, élelmiszerrel, személyzettel, szállítással vagy feldolgozással kapcsolatos költségeket. A bevétel a piaci ártól és a termékkereslettel függ. Az olyan eszközök, mint a költség-haszon elemzés vagy a költséghatékonyság elemzése használhatók az üzleti jövedelmezőség értékelésére (Madau et al.,2020).

2.5. Rovartenyésztés jelenlegi szabályozása az élelmiszeriparban

Az állati takarmányozásra szánt rovarok (azaz tenyésztett állatállomány, akvakultúra vagy kedvtelésből tartott állatok eledele) termelőit „takarmányipari vállalkozóként” kell regisztrálni

az illetékes nemzeti hatóságai előtt. Ezt az előírást a 183/2005/EK rendelet írja elő, amely meghatározza az állati takarmánytermékekre vonatkozó biztonsági és higiéniai előírásokat.

Európa-szerte az ehető rovarok és rovartartalmú élelmiszerek új élelmiszernek minősülnek, és az (EU) 2015/2283 új élelmiszerekről szóló rendelet értelmében előzetes egészségügyi értékelést és jóváhagyást igényelnek. Az (EU) 2015/2283 rendelet 35. cikk (2) bekezdésében foglalt átmeneti rendelkezés segítségével, a cégek korábban engedély nélkül is élelmiszerként forgalmazhatták az adott rovar vagy az azokból készült termékeket, az engedélyezési kérelem benyújtásáig.

Az emberi fogyasztásra szánt rovarok importáló országait szintén az (EU) 2019/626 rendelet 20. cikke szabályozza. Ezt 2021. február 15-én egy másik harmadik ország módosította az (EU) 2021/17 végrehajtási rendelettel, így Kanadán, Dél-Koreán, Thaiföldön és Svájcban kívül Vietnam is szerepel.

A sárga lisztukac lárvái kezdték 2021. május 3-án az EU Bizottságon keresztül bejelentették, hogy a végrehajtási rendelet tervezetét a Növények, Állatok, Élelmiszerek és Takarmányok Állandó Bizottsága (SCOPAFF) elfogadta, így a sárga lisztféreg (lat. *Tenebrio molitor*) lárvái is a feketebogár-családot új élelmiszerként engedélyezték.

az EFSA kockázatértékelése

A döntés az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) által végzett kockázatértékelésen alapul. 2021. január 13-án az EFSA kockázatértékelést tett közzé egy élelmiszerként forgalomba hozandó rovarra vonatkozóan, figyelembe véve a sárga lisztférget. Az EFSA szerint a lisztukac fogyasztásának biztonságossága általában pozitívnak tekinthető, mivel a lisztukac lárvái biztonságosak emberi fogyasztásra "egyszerre, szárított rovarként és por formájában egyaránt".

Ezenkívül a lárvák elsősorban fehérjét, zsírt és rostot tartalmaznak; ezért fogyasztásuk "táplálkozási szempontból nem hátrányos". Allergiás reakciók azonban előfordulhatnak olyan személyeknél, akik már allergiások a rákokra vagy atkára keresztreakciók miatt. Ezenkívül a lárvák étrendjéből származó szennyeződés hozzájárulhat az új élelmiszerek egyéb allergén összetevőihöz. Az EFSA szerint ezért tanácsos további vizsgálatokat végezni a lárvák allergén potenciáljával kapcsolatban. Eddig a meglévő termékek esetleges allergénekre vonatkozó címkézése önkéntes alapon történt.

Egyéb rovarok engedélyezettek

A lisztféreg jóváhagyása óta más rovarokat is hozzáadtak emberi fogyasztásra. 2021. november 12-én például a *Locusta migratoria* vándorsáskát új élelmiszerként hagyta jóvá az Európai Bizottság.

2023. január 5-én felkerült erre a listára az *Alphitobius diaperinus* lárvája, más néven gabonapénészbogár. Ez lehetővé teszi a kérelmező (az Ynsect NL BV társaság) számára, hogy az *Alphitobius diaperinus* lárváit fagyasztott, paszta, szárított és porított (őrölt) formában élelmiszer-összetevőként használja fel a lakosság számára készült élelmiszertermékek széles skálájában, valamint por formában étrend-kiegészítőkben felnőtteknek. (A Bizottság 2023. január 5-i (EU) 2023/58 végrehajtási rendelete).

2023 januárjában egy másik kérelmező is engedélyt kapott az *Acheta domesticus* részben zsírtalanított porának felhasználására (a Bizottság 2023. január 3-i (EU) 2023/5 végrehajtási rendelete). A hazai tücsköt fagyasztott, szárított és porított formában már 2022 februárjában engedélyezték. A rovar komponensek használatát az összetevők listájában fel kell tüntetni. A rovarok forgalomba hozatala az Unión belül öt évre korlátozódik a kérelmezőkre.

A szabályozási keretnek a teljes termelési láncra ki kell terjednie, az elsődleges termelés két különböző forrásából kiindulva: a vadon termő betakarításból és a tenyésztett rovarokból (Grabowski et al., 2020). Érdeemes megjegyezni, hogy a hagyományos állattenyésztéshez hasonlóan az ehető rovarok élelmiszer- és takarmánybiztonságát is figyelemmel kell kísérni. Az ehető rovarok tenyésztésével és a rovar alapú termékek használatával kapcsolatos jogi szabályozást az ehető rovaripar rohamos fejlődésére válaszul vezették be. Sok európai ország nem vezette be az ehető rovarokra vonatkozó jogi szabályozást, és be kell tartaniuk az EU törvényeit. Az országok közötti szabályozási különbségek fontos meghatározóak a különböző minták földrajzi elhelyezkedésében és az ebből eredő, globálisan elérhető rovartermékek választékában (Lähteenmäki-Uutela et al., 2018). A legtöbb jogszabály a takarmány- és élelmiszer-előállítás higiéniai szabványaira vonatkozik (1069/2009/EK rendelet; 142/2011/EU bizottsági rendelet. Ennek eredményeként az élelmiszer-feldolgozó iparban bevezethetők a biztonsági előírások, és bővíthet a rovaralapú termékek köre. A bevezetett termékek biztonságosságát az illetékes hatóságok (például az Állategészségügyi Felügyelőség vagy az Egészségügyi Felügyelőség) értékelik. A betakarított rovarok minősége, különösen a maradványok és szennyeződések jelenléte kritikus az élelmiszerbiztonság szempontjából, ezért

a rovarokat rendszeresen tesztelni kell, például a Codex Alimentarius ajánlásai alapján (Grabowski et al., 2020).

A fogyasztók szempontjából az élelmiszerbiztonság a legfontosabb szempont. Ezért a rovaralapú termékeket megfelelő tanúsítvánnyal kell ellátni, mielőtt forgalomba kerülnek. Míg a magánfogyasztásra szánt rovarokat nem regisztrálják, a forgalomba hozott rovaroknak meg kell felelniük a takarmány- és élelmiszer-higiéniai szabványoknak, a jó tenyésztési gyakorlatnak, a jó higiéniai gyakorlatnak és a jó termelési gyakorlatnak. Élelmiszer- és takarmány-előállításra szánt rovarok nem etethetők az élelmiszerláncon kívül szerzett anyagokkal. Az ehető rovarok állatállománynak minősülnek; ezért élelmiszer- és takarmánygyártásra szánt ehető rovarokkal csak állati takarmányozásra engedélyezett növényi és állati eredetű anyagokkal lehet etetni. A rovarok számára szánt kereskedelmi takarmányokat tanúsított gyártóktól kell vásárolni, akik alkalmazzák a HACCP elveket és az európai takarmánytörvényeket, amelyeket több mint 30 éve vezettek be (Kwiatek et al., 2021). Hagyományos állattenyésztőkhöz hasonlóan a rovartermelőknek is meg kell őrizniük a takarmány szállítási dátumát, a takarmány gyártóját és a kezdeti takarmányparamétereket igazoló dokumentumokat. A biztonsági előírásoknak nem megfelelő termékek (visszahívott takarmányok, penészes takarmányok) rovartakarmányozásban nem használhatók. Minden élelmiszer- vagy takarmánypiacon forgalomba hozott rovarételnek meg kell felelnie a mikrobiológiai biztonsági előírásoknak és a vonatkozó előírásokban meghatározott maximális maradékanyag-határértékeknek (MRL). A tenyésztett rovarokat időszakonként ellenőrizni kell a nem kívánatos vegyi anyagok, köztük nehézfémek, peszticidek és mikotoxinok jelenlétére. Minden terméktételnek nyomon követhetőnek kell lennie (Bosona et al., 2013).

A rovartenyésztőknek be kell tartaniuk a biológiai biztonsági elveket, hogy garantálják, hogy a rovarok megfelelnek az élelmiszer-biztonsági követelményeknek. A rovarok kártevők elleni védelme érdekében a termelő létesítményeket tiszta és szennyezett zónákra kell osztani. Különös figyelmet kell fordítani a kórokozók telepre történő átvitelének megelőzésére. Ehető rovarok nem hozhatók forgalomba, ha egészségügyi kockázatot jelentenek az emberekre vagy az állatokra. A tenyésztőknek biológiai biztonsági intézkedéseket kell bevezetniük a gazdaságnak a rovarspecifikus kórokozók elleni védelme érdekében. Hatékony megoldásokat kell bevezetni arra is, hogy a rovarok ne szökjenek ki a gazdaságból.

A rovarok és rovaralapú termékek a 3. kategóriába tartozó anyagok közé tartoznak, azaz olyan állatokból származó melléktermékek, amelyek semmilyen betegségtünetet nem mutatnak. A fentiekből következik, hogy ehető rovarok takarmányként használhatók.

A rovarfehérjét a PAP kategóriába sorolják, ami a legnagyobb akadályt jelenti széles körű elterjedése előtt. A PAP takarmánygyártásban való felhasználását korlátozó első szabályozást a fertőző szivacsos enteropathiák, köztük a BSE kitörése idején vezették be. Minden PAP-ot tartalmazó takarmányt kivontak a forgalomból. Jelenleg a gazdálkodók a PAP-ot halak, háziállatok és prémes állatok takarmányának előállításához használhatják. A rovarzsír és a hidrolizált fehérje minden állatnak adható. Az EU a közelmúltban feloldotta az egyik állatfajból származó PAP más állatfajoknak szánt takarmányokban való felhasználásának tilalmát (*Commission Regulation (EU), 2021*). Ennek a döntésnek közvetlen kihatásai vannak az állattenyésztőkre nézve, mert a PAP ma már keresztezésében is alkalmazható, ahol a nevelt fajok más fajokból (kivéve a kérődzőket és prémes állatokat) nyert PAP-pal etethetők. Ez a szabályozás úttörő a jövőbeli tanulmányok és a jövőbeli piaci kilátások szempontjából is. Ennek eredményeként a rovarfehérjék sertés- és baromfitáplálékban való felhasználását engedélyezhetik.

2.6. Az ehető rovarok marketingjének kulcsfontosságú szempontjai

2.6.1. A termék

A rovarok globális fogyasztását szinte lehetetlen megállapítani. Jelenleg több mint 2000 rovarfajt fogyasztanak több mint 80 országban (Jongema, 2021). A legszélesebb körben fogyasztott rovarok a *Coleoptera* (a teljes fogyasztás 31%-a), *Lepidoptera* (18%), *Hymenoptera* (14%), *Orthoptera* (13%), *Hemiptera* (10%), *Isoptera* (3%), *Odonata* (3%), *Diptera* (2%) és más rovarrendek, amelyek a globális rovarfogyasztás mintegy 6%-át teszik ki (FAO, 2021). Afrikában 1500 ehető rovarfaj él. Takeda és Sato azt találta, hogy a kiválasztott rovarfajok szezonális elérhetősége közvetlenül korrelált az entomofágia gyakorlatával. Egyes afrikai étrendek olyan rovarokat tartalmaznak, amelyeket a természetes környezetből gyűjtenek be, valamint tenyésztett rovarokat. Kinshasa, a Kongói Demokratikus Köztársaság fővárosa a fentiek kiváló példája, ahol egy átlagos háztartás körülbelül 300 g hernyót fogyaszt hetente. Csak Kinshasa régióban körülbelül 96 tonna rovar fogyasztanak el (Kitsa, 1989). A dél-koreai ehető rovarpiac értékét 457 millió USD-ra becsülik. A koreai rovarpiac rendkívül innovatív, és az ehető rovarokat nemcsak élelmiszerekben és takarmányokban használják, hanem a gyógyászatban is (Han et al., 2017). Dél-Amerikában, a világ második legnagyobb ehető rovarpiacán, Brazíliában, Kolumbiában, Venezuelában, Ecuadorban, Peruban és Mexikóban gyakorolják az entomofágiát. Számos kísérlet történt a

rovartenyésztési ipar modernizálására, de a tömegtermelési technológiák hiánya és a piac jelentős széttagoltsága jelenti a rovarágazat növekedésének legnagyobb akadályát. A modern latin-amerikai társadalmak az entomofágiát „primitív népek” által gyakorolt dolognak tekintik. Ezekben az országokban a rovarokat széles körben takarítják be a környezetből, de a rovarartenyésztési ágazat is jelentősen fejlődött az elmúlt években. Az entomofágiát a legtöbb trópusi éghajlatú országban alkalmazzák, míg a nyugati kultúrában a rovarokat kulináris érdekességnek vagy egzotikus ételnek tekintik. Az EU-ban 2019-ben 500 tonna rovaralapú élelmiszert gyártottak. Becslések szerint 2030-ra körülbelül 1 millió tonna ehető rovar állítanak elő és dolgoznak fel 260 000 tonna rovaralapú élelmiszerré. Ezek a termékek 390 millió fogyasztóhoz fognak eljutni. Az ehető rovarok piacának értéke 2030-ra várhatóan eléri a 2 milliárd eurót (IPIFF, 2020). Hollandiában vándorló sáskát (*Locusta migratoria*), lisztkukac és kisebb lisztféreg lárváit tenyésztene kereskedelmi forgalomba. A jelenlegi rovarárak jól szemléltetik a vidéki és városi ehető rovarpiac méretét és volumenét, valamint az online értékesítés értékét. Kenyában 1 kg termék ára 10 euró. Nagy-Britanniában és Észak-Írországból 70 g szövőhangyát (*Oecophylla smaragdina*) lehet megvásárolni az interneten 7,50 euróért. Hollandiában 50 g *T. molitor* és *A. diaperinus* ára 4,85 euró, a *Locusta migratoria* 35 g ára pedig körülbelül 9,99 euró. A Laoszi Demokratikus Köztársaságban a sáska már kilogrammonként 8-10 euróért kapható (Van et al., 2013). Hollandiában és Belgiumban a Tenebrionidae családba tartozó bogarak értékesítése 2014-ben (a piacra kerüléskor) elérte a 4 703 400 eurót, 2015-ben pedig a 12 121 200 eurót (4,5 euró/kg lárvát). Csak az *Alphitobius laevigatus* értékesítése 2014-ben 993 720 eurót, 2015-ben pedig 889 200 eurót (6 euró/kg lárvát) ért el. A bogárlárvák vezető termelői Hollandia voltak, majd Csehország és Magyarország következett, amelyek Hollandiába exportálták termékeiket (Marberg et al., 2017). Északkelet-Indiában is széles körben fogyasztanak ehető rovarokat. Bár nincs megbízható információ az indiai rovarok áráiról, más ázsiai országokról, így Laoszról is rendelkezésre állnak ilyen információk. A világ ezen részén egyre gyakrabban vezetnek be korlátozásokat a vadon élő állatok vadászatára. Ezért a rovarok, mint „vad táplálék” iránti kereslet folyamatosan növekszik, ami új üzleti lehetőségeket és új bevételi forrásokat teremt. A helyiek ehető rovarokat árulnak a nagyvárosok boltjainak, büféinek, éttermeinek és egyéb üzleteinek. Meglepő módon a tücskök drágábbak, mint a hús – 10 tücsök ára 2500 LAK (LAK, kip, a laoszi pénznem: 10 000 LAK = 1,06 USD), míg 1 kg húst 25 000 LAK-ért lehet megvásárolni (Meyer-Rochow et al., 2008).

2.6.2. A fogyasztók elfogadása és hajlandósága rovarleledel termékek vásárlására

A rovarmentesítés és az entomofág fogyasztói elfogadottságát kutatták, de nem széles körben. A szakirodalomban leírtak szerint számos tényező befolyásolja az entomofágia fogyasztói elfogadását. Először is, a termékkel kapcsolatosak és tükrözik annak árát és minőségét, az észlelt előnyöket és kockázatokat, az észlelt tenyésztességét, a gyártási folyamattal kapcsolatos információkat, a fogyasztó számára kézzelfogható előnyöket, a természetes élelmiszerekbe vetett bizalmat, a helyettesítő termékek minőségét, a többletértéket, a termék értékét a fogyasztói igények kielégítésének képessége, és elérhetősége. Másodszor, a fogyasztók elfogadását befolyásolják a társadalmi normák, valamint az, hogy a fogyasztók mennyire bíznak az intézmények, a gyártók, a kutatók és a termékfelhasználók állításaiban, és képesek felülkerekedni a rovarokkal kapcsolatos korábbi attitűdökön és véleményeken (azaz nem higiénikusak), a társadalmi befolyással és a félelem, ellenszenv és közömbösség. A pszichológiai tényezők is fontos szerepet játszanak, beleértve a természetesség észlelt jelentőségét, az élelmiszer-neofóbia, a környezeti attitűdök, a veszélyekkel kapcsolatos információk elérhetősége, a kulturális tényezők (tabuk) és az újdonságkeresés (Dragevos, 2019).

Az ehető rovarok és más új élelmiszerek különböző kategóriáinak felhasználásával a piacon tesztelt empirikus bizonyítékok szükségesek ahhoz, hogy azonosítsák azokat a tényezőket, amelyek befolyásolják az ehető rovarok fogyasztói elfogadását, és elősegítik az ehető rovarok beépülését a nyugati élelmiszerkultúrákba. A feldolgozott rovarok nem feltűnő élelmiszer-összetevők, és növelhetik az új élelmiszerek fogyasztói elfogadottságát. Zielińska et al. azzal érveltek, hogy az entomofág jövőjét nagymértékben meghatározzák a rovaralapú élelmiszerek érzékszervi tulajdonságai, éppen ezért az élelmiszer-feldolgozó iparnak a rovaralapú termékek széles skáláját kell kifejlesztenie, hogy a fogyasztók lehetőséget kapjanak a kóstolják meg ezeket az ételeket. Megido et al. szerint a fogyasztók a rovarokat harapnivalókban (37%), főételekben (26%) és desszertekben (23%) fogadták el a legszívesebben, a legkevésbé pedig a rovaralapú salátákat (7%), a leveseket (6 %) és feldolgozatlan rovarok (1%). A Dagevos által végzett áttekintés szerint azonban a nyugatiak továbbra is tétováznak, hogy napi étrendjükbe beépítsék a rovarévést, és következésképpen a bizonyítékok arra utalnak, hogy a rovar evés minden, csak nem elterjedt és gyakori, de inkább ismeretlenség és vonakodás övezi. Ezért Mancini et al. azt sugallta, hogy az ehető rovarok iránti kereslet legnagyobb része a takarmányszektorból származik majd.

2.6.3. Ellátási logisztika és termékelosztás

A nyersanyagellátáshoz kapcsolódó logisztikai műveletek fontos szerepet játszanak az ehető rovarok előállításában. A kínálattal kapcsolatos döntéseknek az élelmiszer-biztonsági szabványoknak megfelelő rendszerszintű eszközökre kell támaszkodniuk, és a logisztikai műveleteket integrálni kell a termelő minőségbiztosítási rendszerébe (Janczewska, 2015). Az üzleti stratégiákban a beszállított nyersanyagok minősége, majd az ellátás megbízhatósága és rugalmassága kulcsszerepet kell, hogy kapjon a logisztikai műveletekben a profit maximalizálása és a jó minőségű végtermékek garantálása érdekében. Ez a megközelítés a meglévő szabványoknak és előírásoknak megfelelő nyersanyagok minőségére összpontosít.

2.6.4. Piaci lehetőségek és promóció

A népesség folyamatos növekedése és az élelmiszerek iránti növekvő kereslet világszerte fehérjehiányhoz vezet, ami az ehető rovarok piacának fejlődésének fő hajtóereje. A Henchion és munkatársai becslésén alapuló számítások szerint a következő 30 évben a globális fehérjekínálatnak körülbelül 40%-kal kell növekednie ahhoz, hogy elkerülhető legyen a kereslet-kínálat rés, és ennek következtében a fehérje kínálat növekedése az árak elkerülhetetlenek. Ezért a fehérjepiac összetett éves növekedési ütemének (CAGR) el kell érnie az 1,2%-ot, hogy 2050-ben kielégítse a globális fehérjekeresletet (Henchion et al., 2017).

Az ehető rovarok vonzó táplálékforrást jelentenek a sokféle, magas tápértékű és vonzó ízű rovarfajnak, a tiszta gyártási folyamatnak, az alacsony előállítási költségnek, a magas rendelkezésre állásnak és a környezetbarát termelési technológiának köszönhetően, amely hozzájárul az ÜHG-kibocsátás csökkentéséhez. Ahhoz, hogy a fogyasztók jobban elfogadják az ehető rovarokat a termeléstől a fogyasztásig, alapos ismeretekre van szükség a rovarok takarmányozásáról és az alacsony értékű szerves hulladékok magas fehérjetartalmú élelmiszerekké történő átalakítására vonatkozó lehetőségükről. Ezért a legfontosabb piaci kihívások a következők: (1) a fogyasztók tudatosságának növelése az ehető rovarokban rejlő lehetőségekről az élelmiszer-biztonság összefüggésében; (2) rovarfajok kiválasztása és a rovarok fejlődésbiológiáján alapuló termelési technológiák alkalmazása; (3) a fehérjetermékek stabilitása; (4) hatékony marketingstratégiák, különösen a rovaralapú élelmiszerek népszerűsítése az élelmiszer-biztonság (tárolás) összefüggésében; (5) a rovaralapú élelmiszerek szélesebb választéka; (6) versenyképes árak; (7) az élelmiszer-hulladék hatékony kezelése; és (8) az ehető rovarok nemzetközi kereskedelmét elősegítő jogi szabályozás bevezetése.

A rovartenyésztés sokkal erőforrás-hatékonyabb alternatívát kínál, mint a baromfi-, sertés- és marhahús termelése (Sogari et al., 2019).

Collins et al. azzal érveltek, hogy a rovartápoknak az emberi étrendbe való felvétele nem csak környezetvédelmi, hanem üzleti szempontból is ésszerű. Kiemelték a többféle marketingstratégia fontosságát, mint például a korai expozíció, az oktatás, a rovarrészek láthatóságának csökkentése, a hírességek támogatása vagy a peer-to-peer marketing. Az oktatás és a jól célzott promóció, különösen a fiatal fogyasztók felé, kulcsfontosságú tényezőnek tűnik az entomofágia szélesebb körű társadalmi elfogadottságának kialakításában és a rovaralapú élelmiszerek elfogadásának elősegítésében. A kereskedelmi szektorban a rovarfarmok és rovartermékek a növekvő fogyasztói kereslet miatt pénzügyileg életképesek, a befektetőktől érkező tőke pedig sok új rovarélelmiszer-vállalat megjelenését segítette elő (Payne et al., 2019). Ezek a megfigyelések azt mutatják, hogy fokozni kell az entomofágiával kapcsolatos társadalmi tudatosságot annak érdekében, hogy a fogyasztókat a rovaralapú termékek kipróbálására és a rovarok élelmiszer-feldolgozó iparba való bevezetésére ösztönözzük. Batat és Peter szerint a rovaralapú élelmiszerekkel kapcsolatos fogyasztói tudatosságot főként a hozzáférhetőség és hozzáférhetőség, az élelmiszer-műveltség, az élelmiszer-tabuk, az élelmiszer-neofóbia, az élelmiszer-tapasztalat és az élelmiszerideológia határozza meg. Kampanyokra van szükség, amelyek tájékoztatják a fogyasztókat arról, hogy az ehető rovarok emberi fogyasztásra biztonságosak és egészségügyi előnyökkel járnak, hogy népszerűsítsék az entomofágia gyakorlatát. A rovaralapú termékek marketingstratégiáit is ki kell dolgozni. Törekedni kell a rovarpiacról és az entomofagiáról, mint az új élelmiszerek forrásáról szóló lakossági ismeretek bővítésére. Az oktatási kampányoknak a gazdákat is meg kell célozniuk annak érdekében, hogy felhívják a figyelmet arra, hogy az ehető rovarok alternatívát kínálnak a hagyományos állattenyésztéssel szemben. A fiatal fogyasztókat megcélzó marketingstratégiák különösen kívánatosak, mert a jövőben növelni fogják az entomofágia elfogadottságát (Batat and Peter, 2020).

3. Anyagok és módszerek

3.1. Anyagok

A vizsgálataimhoz a Tenebrio molitor azaz lisztkukac port Belgiumból szereztem be, ami élelmiszeripari tanúsítvánnyal rendelkezik. Az összes többi összetevőt kereskedelembe szereztem be. Két terméket készítettem. Egy normál fehérjetartalmút és egy magas fehérjetartalmút, melyet kalóriatáblázat segítségével számoltam ki 100g termékre vonatkoztatva.

1. táblázat 1 minta:1000g termékre vonatkoztatott receptúra 17% rovarfehérjét tartalmaz

Összetevő	Tömeg (g)
Gluténmentes zab	220
Tenebrio molitor	150
Kesudió vaj	165
Datolya paszta	400
Len mag	25
Kender	25
Cikória szirup	15

2. táblázat Kalóriatábla az 1. minta fehérjetartalom kimutatásához

Tápérték 100 g termékben	
Energia	kJ/ kcal
Zsír (g)	16.0
amelyből telített zsírsav (g)	3.1
Szénhidrát (g)	48.2
amelyből cukor (g)	26.1
Rost (g)	7.5
Fehérje (g)	17.2
Só (g)	0.0

3. táblázat 2 minta:1000g termékre vonatkoztatott receptúra 23% rovarfehérjét tartalmaz

Összetevő	Tömeg (g)
Gluténmentes zab	160
Tenebrio molitor	250
Kesudió vaj	150
Datolya paszta	400
Len mag	15
Kender	15
Cikória szirup	10

4. táblázat Kalóriatábla az 2. minta fehérjetartalom kimutatásához

Tápérték 100 g termékben	
Energia	kJ/ kcal
Zsír (g)	17.4
amelyből telített zsírsav (g)	3.5
Szénhidrát (g)	42.5
amelyből cukor (g)	23.8
Rost (g)	7.1
Fehérje (g)	23.0
Só (g)	0.0



3. ábra A méréseinkhez felhasznált kereskedelmi forgalomól beszerzett tücsökliszttel dúsított fehérjeszelet (Internet 3.)

A kontroll mintám tücsökliszttel dúsított proteinszelet volt, melyet kereskedelemből szereztem be (Internet 3.). Lisztkekaccal dúsított fehérjeszeletet a magyar piacon jelenleg nem találtam.

Mind a két receptúránál a száraz összetevőket: zab, lenmag, kendermag egy daráló segítségével porrá őröltem majd az összes táblázatban szereplő összetevőt a megfelelő mennyiségben egy tálba tettem és egynemű, formázható masszává alakítottam.



4. ábra A szeleteim előállításához alkalmazott összes összetevő

Majd a kontroll minta tömegét tudomásul véve 40g-os golyókat mértem ki és egy szilikon formába nyomkodtam, hogy egységes egy méretű szeleteket kapjak. A vizsgálatokig hűtőben tároltam.



5. ábra Szilikon mintába helyezett 40g -os általam készített szeletek

3.2. Módszerek

3.2.1. Állomány mérési módszer

Az állomány mérési módszerek során a minták vizsgálatát SMS TA.XT Plus állománymérő berendezéssel végeztem, penetrációs mérési módszer alkalmazásával, hogy rögzítsem a mérőfejre ható erők időbeli változásait.

Ez az egyoszlopos, hordozható megoldás lehetővé teszi a textúraelemzést és az anyagok tulajdonságainak tesztelését, akár 50 kg-os erőhatással. A berendezés 0,01 és 40 mm/másodperc közötti sebességtartományban működik, és rendkívül precíz mérésekre képes, különféle mechanikai tesztek végrehajtására programozható, amelyek valós élethelyzeteket szimulálnak. A készülék különféle szondákkal és rögzítőkkal használható, és kétféle magasságban érhető el: 370 mm-es és 590 mm-es vizsgálónyílással, ami az univerzális textúraelemzések egyik legnépszerűbb választásává teszi (Internet 4.).

3.2.1.1. Penetrációs mérés

A gyors tárolást és hűtve tárolást követően az állomány profil analiziséhez egy 5 mm átmérőjű hengeres mérőfejet használtam. A mérőfejet 2 mm/s sebességgel nyomtam be a szeletekbe, egészen 20 mm mélységig. Ez a mérési módszer lehetővé tette a szeletek belső szerkezetének vizsgálatát, a penetrációs erő időbeli változásainak rögzítésével, ami az állag objektív értékeléséhez szükséges adatok gyűjtését tette lehetővé. 15 kontroll-15 (17%) fehérjetartalmú hűtve tárolt- 15 (23%) fehérjetartalmú hűtve tárolt- 15 (17%) fehérjetartalmú 50 °C -on tárolt- 15 (23%) fehérjetartalmú 50 °C -on tárolt szeleteket mértem meg párhuzamosan.

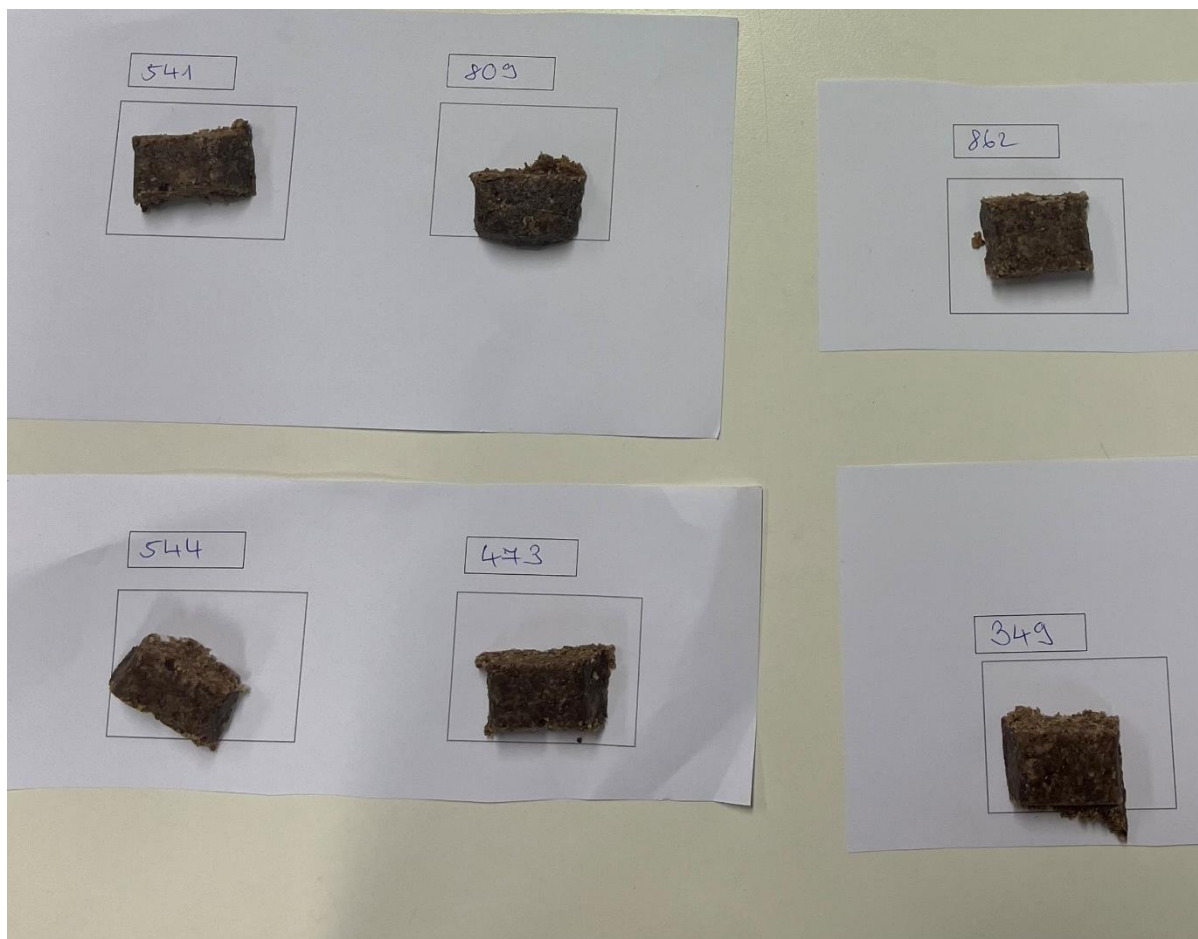


6. ábra Állománymérő műszer penetrációs-feltéttel ellátva

3.2.2. Érzékszervi bírálat

Az érzékszervi vizsgálat során háromféle mintát értékelték a bírálók: az általam készített 17% és 23% rovarfehérjét tartalmazó szeletet, valamint a kereskedelemből beszerzett tücsökliszttel dúsított szeletet. A fehérjeszeletek érzékszervi minősítését a magyar szabvány előírásai szerint, egy 20 pontos összbenyomáson alapuló érzékszervi bírálattal végeztük (1. melléklet). A bíráló bizottság összesen 50 főből állt, akik a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem diákjai,

oktatói és kutatói közül kerültek ki, nemek szerinti megoszlásban egyenlő arányban férfi és nő. A vizsgált minták külső megjelenése alapján mindegyik épségben és szennyeződésmentesen került az értékelésre. A szabvány követelményeinek megfelelően mindhárom mintát külön-külön kódjelekkel láttam el, hogy biztosítsam a bírálat objektivitását.



7. ábra Érzékszervi bírálat során kóstolt minták külön kódjelekkel ellátva

A bírálatokat az alábbi szempontok alapján értékeltük:

- A szeletek színének értékelése: ide tartozott a színhibák, színváltozás és szín egyenletesség vizsgálata.
- Illatvizsgálat: a szeletek illatának megítélése a termék vágása közben történt, ezt mindig az ízvizsgálat előtt végeztük el.
- Ízbírálat: az íz megítélése során a szeleteket az egész szájüregben át kellett forgatni.
- Textúra és állomány értékelése: a szeletek szerkezetének és állagának vizsgálata.

A bíráló lapok kitöltése után a bírálók közösen megvitatták eredményeiket, észrevételeiket, megállapításaikat, valamint a pontszámokat. Az értékeléshez egy 5 fokozatú skálát használtak,

amely alapján pontokat osztottak ki, majd az egyes mintákhoz tartozó pontokat átlagolták. Az érzékszervi bírálati lap az 1. mellékletben található.

3.2.3. Vízáktívítás mérés

Novasina ms1-aw készülékével mértem a vízáktívítást. Két általam elkészített különböző (17%) és (23%) fehérjetartalmú szeleteken, illetve a kereskedelemből beszerzett szeleten mértem. Továbbá tárolás során is mértem a szeletek vízáktívítását.

A Novasina MS1-aw egy precíziós műszer, amely a vízáktívítás (a_w) mérésére szolgál élelmiszerekben. A vízáktívítást azt jelzi, hogy a termékben lévő víz milyen mértékben áll rendelkezésre a mikrobiális növekedéshez és kémiai reakciókhoz. A Novasina MS1-aw az anyag felett lévő páratartalom mérésével határozza meg az adott termék vízáktívítását, amely fontos tényező a minőségmegőrzés és eltarthatóság szempontjából (Internet 5.)



8. ábra Novasina MS1 készülékkel mérem a fehérjeszeletek vízáktívítását

3.2.4. Soxhlet-extrakció

A két általam különböző fehérjetartalmú minta peroxidszám meghatározása végett, el kellett végeznem egy Soxhlet extrakciót, hogy kinyerjem a mintákból a zsírokat és olajokat.

Minta előkészítése: A mintát előszárítottam és őröltem a jobb oldhatóság érdekében. Majd egy analitikai mérleg segítségével körülbelül 10-10 g mintát bemértem egy szűrőpatronba, ami az extrakciós kamrába kerül. A lombikok tömegét is lemértem, hogy a végén megtudjam határozni

a zsírtartalmat. Oldószerként petrolétert alkalmaztam, mert az jól oldja a zsírokat és egy forralólombikba töltöttem.

Az extrakciós kamrát, amely tartalmazza a mintát, egy Soxhlet-apparátusba helyeztem. A Soxhlet-apparátus fölé egy hűtőcsövet helyeztem, amely visszacsepegteti a párolgott oldószert a kamrába. A forralólombikot hevítjük, és az oldószer párologni kezd, majd a hűtőn át lecsapódik, és visszafolyik a minta fölé. A minta telítődik oldószerral, és a zsír kioldódik. Az oldószer a lombikba visszaáramlik, amikor a Soxhlet-készülék megtelik, és ez a folyamat ismétlődik több órán keresztül, amíg a zsír ki nem oldódik. Miután az extrakció befejeződött, az oldószert elpárologtatják, így visszamarad a kivont zsír a lombikban.

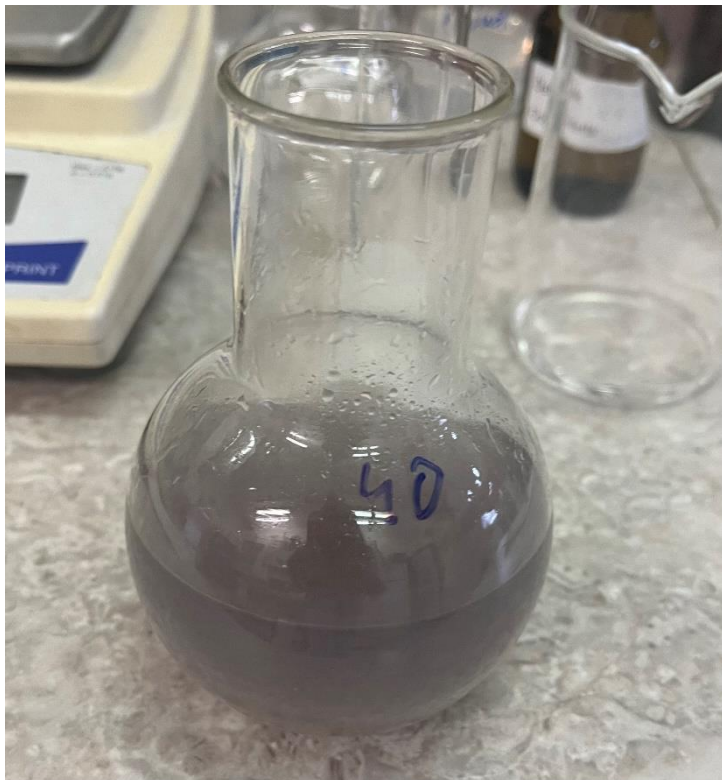
Zsír tömegének meghatározása:

A lombikot, amely most már csak a kivont zsírt tartalmazza, pontosan megmértem analitikai mérleggel, majd kivonom a lombik tömegét, amit az elején lemértem és így meghatározom a zsír tartalmát.

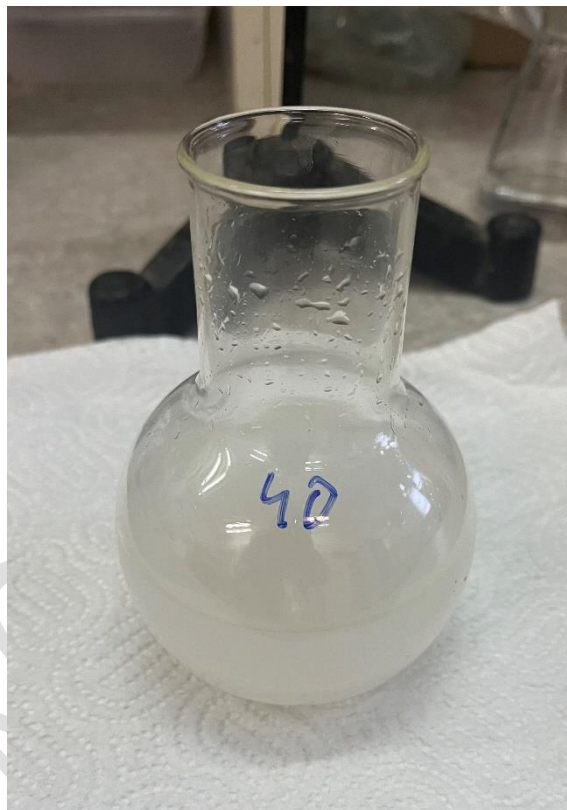
3.2.5. Peroxidszám meghatározása

A peroxidszám a zsiradékban lévő aktív oxigén mennyiségére jellemző mérőszám, amely meghatározott vizsgálati körülmények között a kálium-jodidból felszabadított jódmennyiségével arányos. A peroxidszám segít a zsírok és olajok tárolási és felhasználási feltételeinek meghatározásában, mivel az oxidáció mértéke befolyásolja a termék eltarthatóságát (Nagy et al, 2020).

A mintáimból kinyert zsiradékból egy-egy titráló lombikba bemértem 1-2g-ot, majd ezt 40 ml 1:1 arányú kloroform-jégecet elegyben feloldottam. Hozzáadtam 1 ml 50%-os kálium jódid oldatot, amit jól összeráztam és fél percig állni hagytam. Utána 125 ml desztillált vízzel felhígítottam. Végül 1%-os keményítő indikátor jelenlétében megtitráltam 0,005M-os $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ mérőoldattal. Leolvastam a fogyasokat, majd ezzel számoltam.



9. ábra 1. mintám titrálás előtti állapota keményítő indikátor jelenlétében



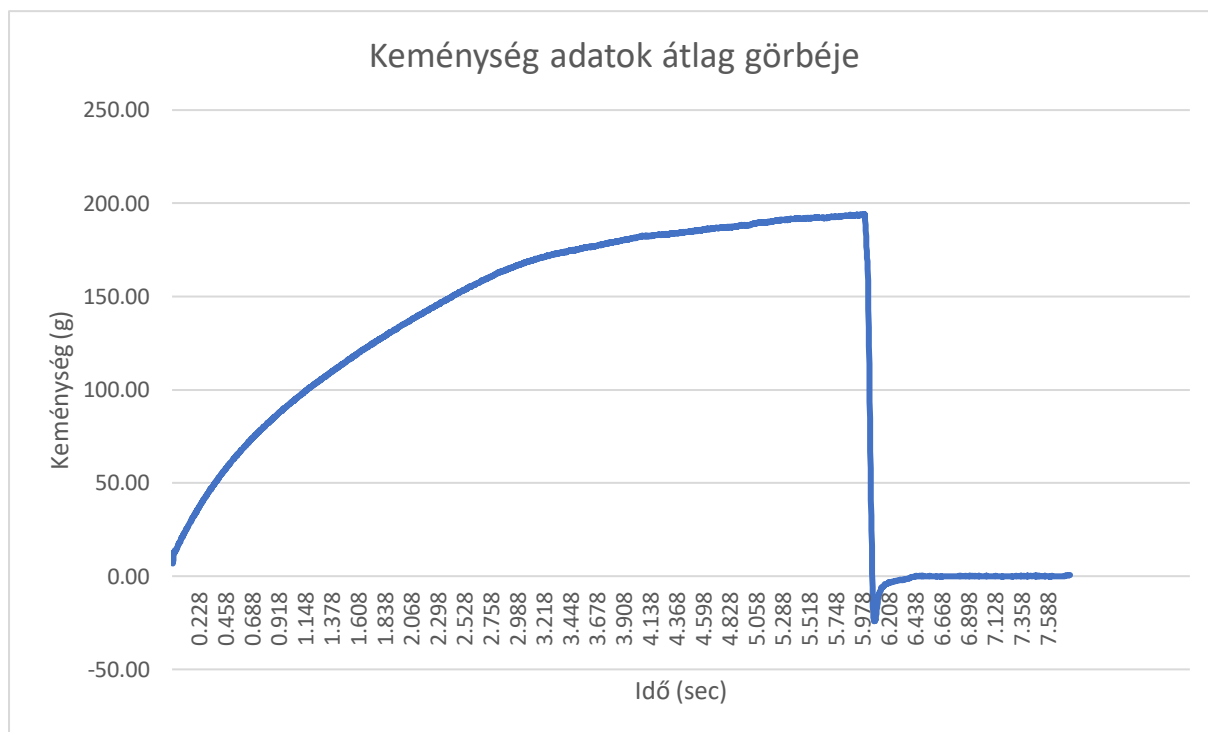
10. ábra 1. mintám már megtitrált szín átcsapás eredménye

3.2.6. Tárolási módszerek

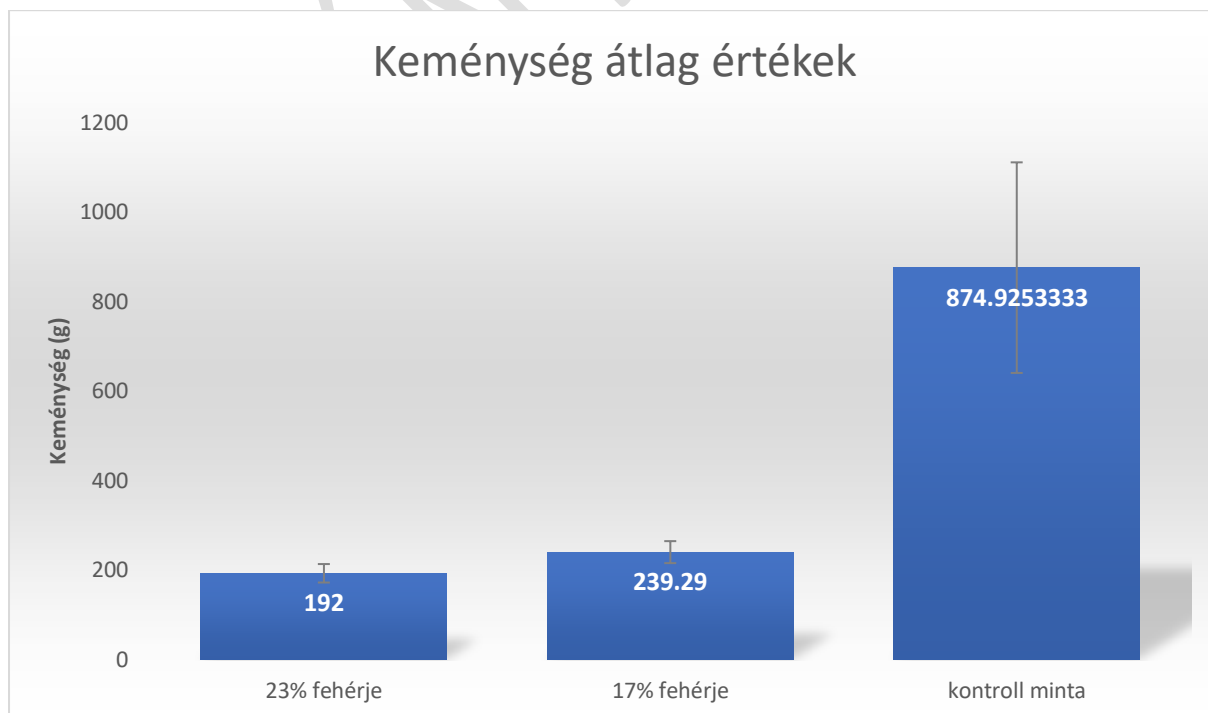
Az általam két különböző (17%) és (23%) fehérjetartalmú szeleteket egy hónapig hűtve tároltam 4 °C -on. Továbbá 50 °C -on tároltam 20 napig a szeleteket gyors tárolás szempontjából, majd ezeken is elvégeztem az állománymérést és összehasonlítottam a többi mintámmal.

4. Kísérleti eredmények és értékelésük

4.1. Állomány mérési eredmények



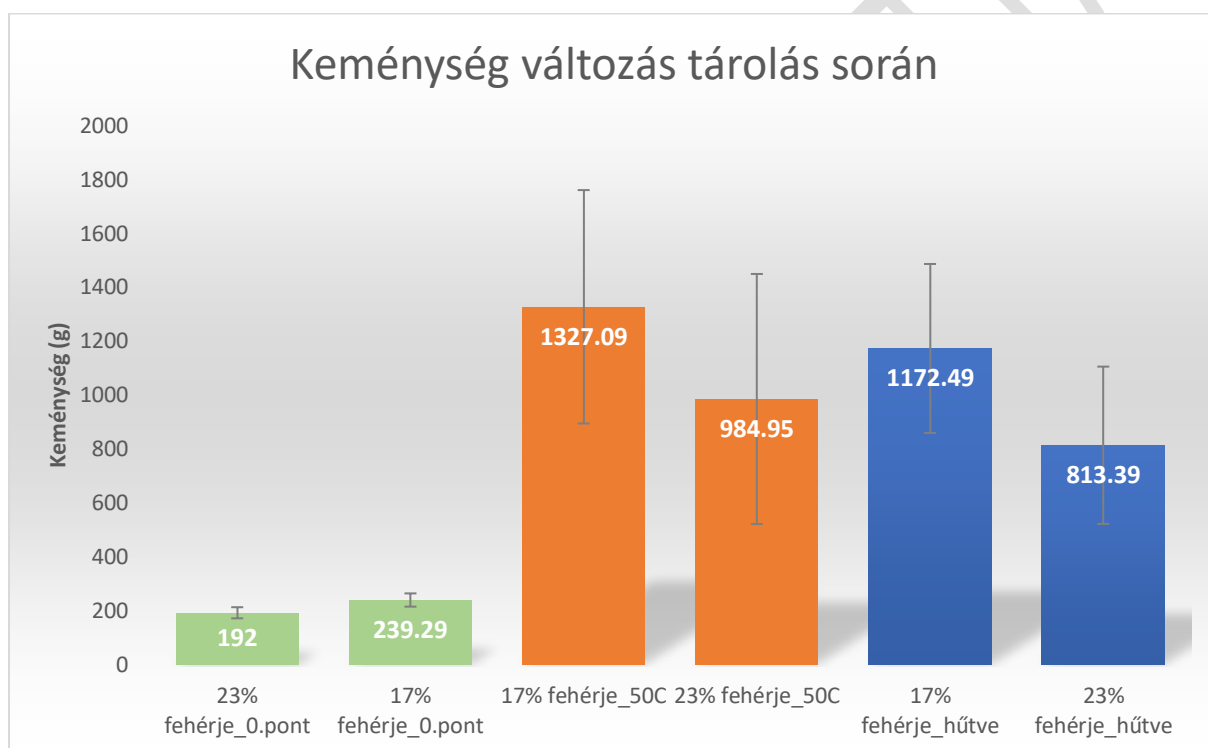
11. ábra Állomány mérés során mért keménység adatok átlag görbéje



12. ábra Állomány mérés során mért minták keménységének átlag értékei

A fehérjeadagolás hatása a keménységre:

- A statisztikai elemzés alapján a különböző fehérjetartalmú (17% és 23%) tücsökliszt-tartalmú minták keménysége szignifikánsan eltér, különösen a különböző hőmérsékleti kezelések (0°C, 50°C, hűtött állapot) mellett. A 23%-os fehérjetartalom nagyobb keménységet eredményezett, míg a 17%-os fehérjetartalmú minta hajlamosabb volt a lágyulásra, különösen melegebb kezelési körülmények között. Ez abból eredhet, hogy a magasabb fehérje-koncentráció a keménység fokozódásához vezethet, mivel a fehérje hozzájárulhat a szerkezet feszesebb kialakulásához.



13. ábra Állomány mérés során mért minták keménységének változása különböző tárolás során

Csoportok közötti különbségek:

- Az ANOVA tesztek szignifikáns eltéréseket mutattak ki mind a fehérjetartalom, mind a hőmérsékleti kezelések között (pl. $P = 9,91E-16$ a 17%-os fehérjetartalmú minták esetén), jelezve, hogy mindkét tényező jelentősen befolyásolja a minták állományát. Ezek az eltérések abból adódhatnak, hogy a hőmérséklet hatására a fehérjék szerkezeti tulajdonságai változnak, különösen a magasabb hőmérsékleten.

A kontroll minta összehasonlítása a többi mintával:

- A kontroll minta (Sens Cricket Protein Bar, ~10% fehérje) keménységértékei és a különböző hőmérsékleti kezelések hatására kialakult keménység különbségek alapján látható, hogy a 17%-os és 23%-os fehérjével készült termékek eltérő textúrát produkáltak. A fehérjében gazdagabb, 23%-os minta keménysége magasabb, ami feszebb állagot eredményezett. Ez alapján a kísérletek során sikerült olyan mintákat előállítani, amelyek bizonyos hőmérsékleti feltételek mellett a kontrollhoz képest jobb, rugalmasabb állományt mutattak.

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
17% fehérje_0	15	3589,32	239,288	646,605003
23% fehérje_0	15	2879,92	191,994667	457,065284
kontroll	15	13123,88	874,925333	55344,4502

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	4363328,87	2	2181664,44	115,947055	7,925E-18	3,21994229
Within Groups	790273,687	42	18816,0402			
Total	5153602,56	44				

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
--------	-------	-----	---------	----------

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	11833030,4	2	5916515,19	87,8130786	9,9152E-16	3,21994229
Within Groups	2829802,15	42	67376,2415			
Total	14662832,5	44				

Anova: Single Factor

SUMMARY

Groups	Count	Sum	Average	Variance
23% fehérje_0	15	2879,92	191,994667	457,065284
23% fehérje_50C	15	14774,2	984,946667	230643,436
23% fehérje_hűtve	15	12200,89	813,392667	91239,5237

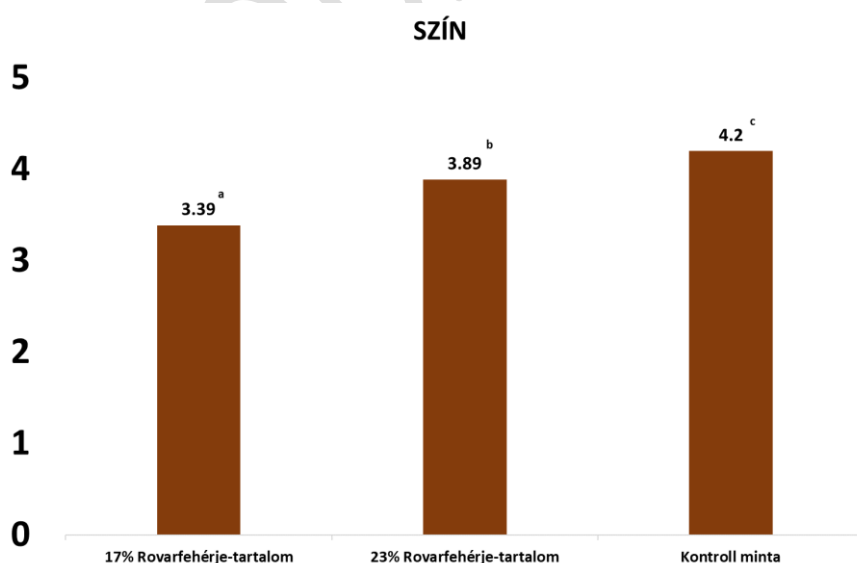
ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	5221695,62	2	2610847,81	24,2990098	9,7441E-08	3,21994229
Within Groups	4512760,35	42	107446,675			
Total	9734455,97	44				

4.2. Érzékszervi bírálat eredményei

A 14.-18. ábrák szemléltetik a rovarfehérjeszeletek érzékszervi tulajdonságainak egyes csoportjaira adott pontszámait. Az általam készített 17%-os és 23%-os rovarfehérjét tartalmazó szeletek, valamint a kereskedelemből beszerezett tücsökliszttel dúsított fehérjeszelet minták értékelését szignifikancia-analízissel egészítettem ki, melyet mellé helyeztem az ábrákon. Az eredmények alapján megállapítható, hogy van-e szignifikáns különbség az általam készített

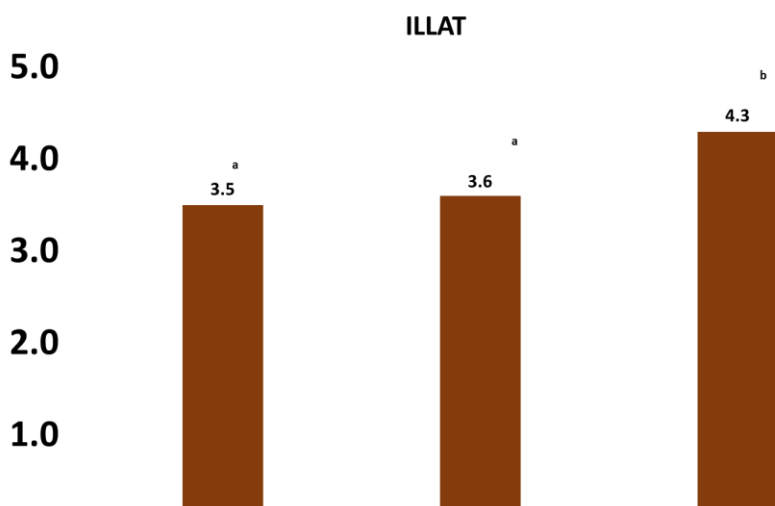
minták és a kereskedelmi termék között.



14. ábra Érzékszervi bírálat során a szín szempont szerinti pontok átlaga

A 14. ábrán tüntettem fel az érzékszervi bírálat első szempontját, a szín vizsgálatot. A minták között statisztikailag igazolt, szignifikáns különbségek voltak megfigyelhetők. A bírálók olyan szempontokat értékelték, mint a minták

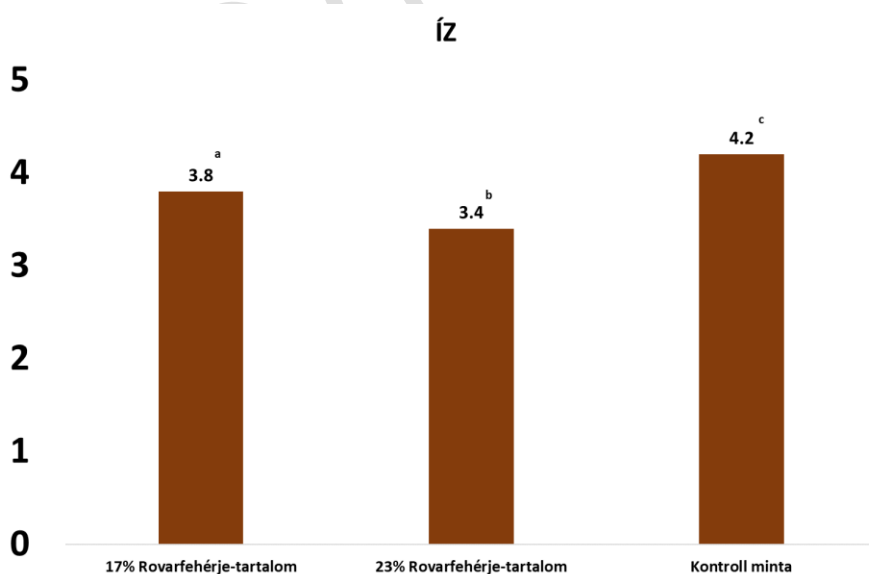
színének termékspecifikus jellege, egységessége, hibátlansága, illetve esetleges hibái, például barnásabb árnyalatok, fakulás vagy elszíneződés. A kontroll minta színét találták a bírálók a legkiemelkedőbbnek, amely 4,2 pontszámot kapott. Az általam készített 23%-os rovarfehérje tartalmú minta színe szintén kedvező értékelést kapott a bírálótól (3,89). Nem sokkal maradt le az általam készített 17%-os rovarfehérjetartalmú minta (3,39). A kevesebb fehérjetartalmú minta színét kissé fakóbbnak találták, az oka, hogy kevesebb rovarfehérjét tartalmaz.



15. ábra Érzékszervi bírálat során az illat szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint

A 15. ábrán az érzékszervi bírálat második szempontját, az illat tulajdonságaira adott pontszámokat tüntettem fel. A kontroll minta illata 4,3-as pontszámot kapott, ami azt jelzi, hogy a termékre jellemző, kellemes illatú, idegen

szagoktól mentes volt. Ezzel szemben az általam készített minták 0,1-es eltéréssel ugyanazt a pontszámot kapták, szignifikáns különbség statisztikailag nem volt kimutatható a 17% (3,5) és 23% (3,6) rovarfehérjetartalmú minták között. Mindkét általam készített fehérjeszelet pontszáma, azt sugallja, hogy illatuk kissé gyengébb vagy kevésbé jellegzetes volt.

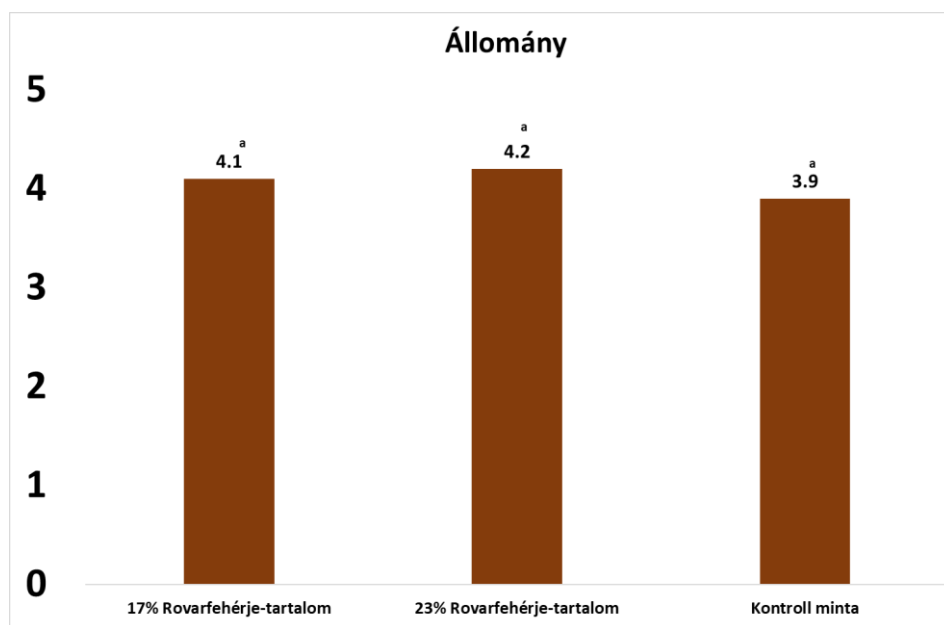


16. ábra Érzékszervi bírálat során az íz szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint

A 16. ábrán mutatom be az egyik legfontosabb érzékszervi tulajdonságot, a fehérjeszeletek ízére adott pontszámokat. A minták között statisztikailag szignifikáns különbség mutatkozott. A

kereskedelemből

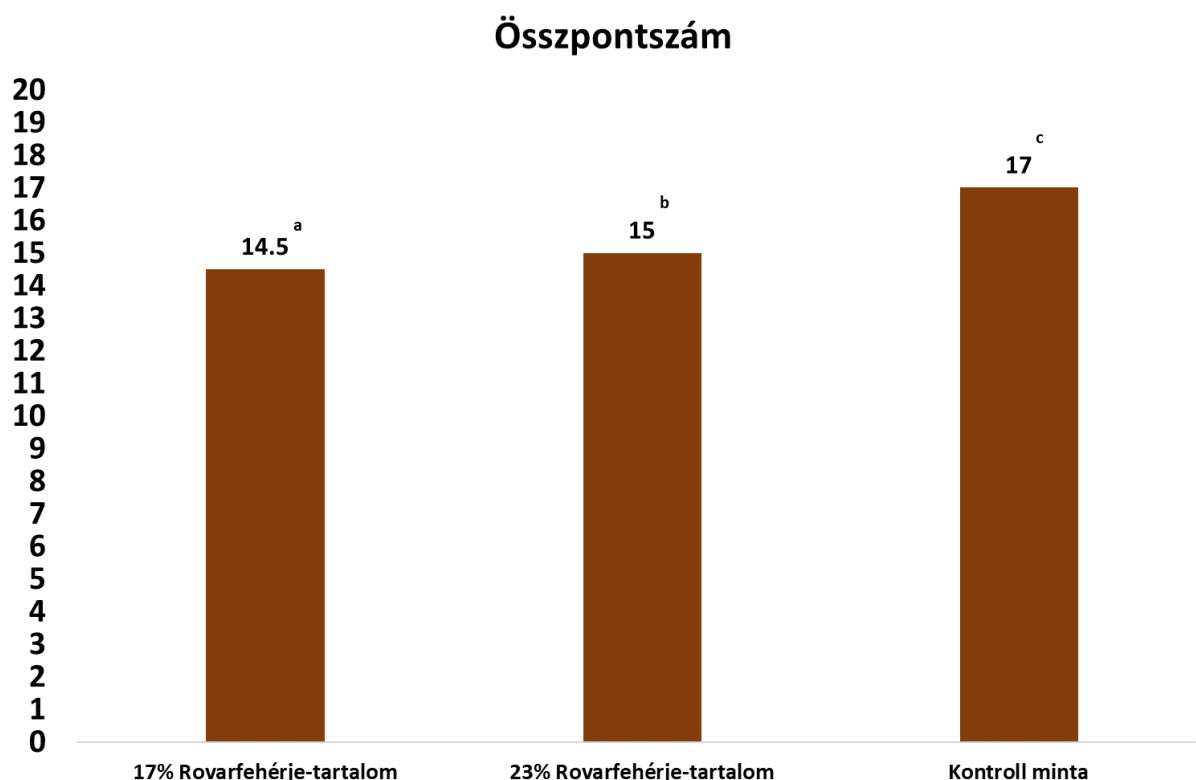
származó kontroll minta kapta a legmagasabb pontszámot (4,2), ami azt jelzi, hogy ennek a mintának az íze volt a legjellemzőbb a termékre a kóstolás során. A bírálók nem tapasztaltak kellemetlen, idegen ízt. Az általam készített 17%-os minta 3,8-as pontszámot ért el, ami arra utal, hogy tiszta íze volt, de gyengébben érzékelhető, nehezebben azonosítható volt az ízvilág. A 23%-os minta esetében (3,4) még gyengébb, nehezebben azonosítható volt a minta ízének a behatárolása.



17. ábra Érzékszervi bírálat során az állomány szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint

volt megfigyelhető. A 23%-os minta viszonylag magas pontszámot kapott (4,2), amit a termékre jellemző homogén, kissé tömörebb állomány eredményezett, 0,1%-kal (4,1) maradt le a 17%-os általam készített minta. A kereskedelemből beszerezett kontroll minta ennél a tulajdonságnál alacsonyabb pontszámot (3,9) kapott a bírálóktól, mint az általam készített fehérjeszeletek. Kissé folyósabb, kevésbé homogén darabosabb egyenlőtlenebb állományú.

A 17. ábrán szerepel az íz mellett egy másik fontos érzékszervi tulajdonság, az állomány jellemzőire adott pontszámok. A minták között statisztikailag igazolt szignifikáns különbség nem



18. ábra Érzékszervi bírálat során az össz tulajdonságokra kapott átlag pontszám csoportok szerint

A 18. ábrán az összbenyomáson alapuló pontszámokat tüntettem fel. Az összbenyomás alapján a minták között statisztikailag szignifikáns különbség volt megfigyelhető. A bírálók számára a kereskedelemből származó minta bizonyult a legkedvezőbbnek (17), bár 3 ponttal elmaradt a kiváló minősítéstől, ami főként az íz és állomány jellemzők miatt következett be. Az általam készített 23% rovarfehérjét tartalmazó szelet összpontszáma 15 lett, ami a bírálók szerint közepes minőségnek felel meg, mivel az illat, íz és állomány nem felelt meg teljes mértékben az elvárásoknak. A legkedvezőtlenebb érzékszervi tulajdonságokat az általam készített 17% rovarfehérjetartalmú szeletek mutatták, bár csak 0,5%-kal maradt le a 23% rovarfehérjét tartalmazó szelettől. Érdeemes megfontolni a komponensek arányának módosítását, például a zabliszt mennyiségének csökkentését vagy más alapanyaggal való helyettesítését a könnyebb állományért. Rovarfehérjét vegyíteni fele-fele arányba más fehérjeporral, hogy a rovar jellegzetes ízét kevésbé érezzük ki. Továbbá különböző kereskedelembe közkedvelt aromákkal ízesíteni, csokoládémázzal történő bevonással, illetve különféle magvakat hozzáadni jobb ízhatás és rovaríz elfedése végett.

4.3. Vízáktívítás mérés eredménye

5. táblázat Vízáktívítás mérés eredménye a fehérjeszeleteken

	0.nap a_w	20.nap a_w
17%-os rovarfehérje szelet	0,471	0,505
23%-os rovarfehérje szelet	0,498	0,524
Kontroll minta	0,472	0,475

A vízáktívítás értékek azt mutatják mind a 0.nap és 20.nap alapján, hogy a vizsgált termékek mikrobiológiai stabilitása kedvező. Ezek az értékek azt jelzik, hogy a rovarfehérje szeletekben csak korlátozottan van jelen szabad víz, ami gátolja a mikroorganizmusok, különösen a baktériumok és élesztőgombák szaporodását. Általában a baktériumok számára a minimálisan szükséges vízáktívítás 0,9 körül van, míg az élesztők és penészek is inkább 0,6 felett képesek növekedni.

A 0.nap és a 20.nap során mért vízáktívítás növekedés annak tudható be a saját általam készített szeleteknél, hogy felvette a vizet a környezetből, mert nem volt légmentesen csomagolva, mint a kontroll minta. De jól látható a táblázatban, hogy a kereskedelemről beszerzett mintához azonos vízáktívítást tudunk létrehozni. A kapott értékek tehát a termék tartósságát és stabilitását mutatják, mivel minimális az esélye annak, hogy mikrobiális romlás következzen be. Ennek eredményeként a szeletek hosszabb ideig megőrzik minőségüket, amely kedvező tényező az eltarthatóság szempontjából, különösen, ha nincs szükség további tartósítószer alkalmazására.

4.4. Peroxidszám meghatározása

$$\frac{\text{fogás} * \text{faktor} * \text{mérőoldat molaritása} * 1000}{\text{bemérés}}$$

20.nap tárolás után mért 17%-os rovarfehérjeszelet peroxid száma:

$$\frac{2,21\text{cm}^3 * 0,997 * 0,005\text{M} * 1000}{1,6045\text{g}} = 6,8662 \text{ mEq O}_2/\text{kg}$$

A 17%-os rovarfehérjeszelet 6,8662 mEq O₂/kg peroxid száma közepes oxidációs szintet jelez, ami az oxidációs folyamat kezdeti vagy középső szakaszát tükrözi. Ez az érték azt mutatja meg, hogy a zsírsavak egy része oxidálódott, de még nem érte el a súlyosabb avasodási szintet. Általában a friss, jó minőségű termékek peroxid száma 1-2 mEq O₂/kg alatti. Az ipari gyakorlatban a 10 mEq O₂/kg alatti peroxid szám elfogadhatónak számít, azonban a minőségbiztosítási követelmények és az eltarthatósági idő függvényében gyakran alacsonyabb értékeket is megkövetelnek, főként prémium és érzékeny termékeknél. Összességében a 6,8662 mEq O₂/kg érték arra utal, hogy a termék még fogyasztható minőségű, de az oxidációs folyamat már elkezdődött. Megfelelő tárolási és csomagolási módszerek alkalmazásával ez az érték csökkenthető lehet.

20.nap tárolás után mért 23%-os rovarfehérjeszelet peroxid száma:

$$\frac{2,45\text{cm}^3 * 0,997 * 0,005\text{M} * 1000}{1,3847\text{g}} = 8,8201 \text{ mEq O}_2/\text{kg}$$

A 8,8201 mEq O₂/kg peroxid szám magasabb oxidációs szintet jelez számunkra, ami már előrehaladottabb avasodási folyamatra utal, mint a 6,8662 mEq O₂/kg érték. Ez a magasabb érték komolyabb lipidoxidációt tükröz, ami többféle minőségromlási jelenségre mutat rá. Összességében a 8,8201 mEq O₂/kg peroxid szám egy oxidáltabb, minőségileg kevésbé stabil állapotot jelez számunkra. A 23%-os rovarfehérjeszelet magasabb peroxid száma oda is visszavezethető, hogy magasabb rovarfehérje tartalma van, sokkal zsírosabb olajosabb ezáltal a termék. Megfelelő antioxidánsokkal és légmentes tárolással lehetne lassítani az oxidáció további előrehaladását, de a szám arra utal, hogy a tárolási körülmények javítása is szükséges lehet a jövőben.

5. Következtetések és javaslatok

Termékfejlesztésem során kapott állomány mérés és statisztikai elemzés alapján az alábbi következtetéseket vontam le, hogy a különböző fehérjetartalmú (17% és 23%) tücsökliszt-tartalmú minták keménysége szignifikánsan eltér, különösen a különböző hőmérsékleti kezelések (0°C, 50°C, hűtött állapot) mellett. A 23%-os fehérjetartalom nagyobb keménységet eredményezett, míg a 17%-os fehérjetartalmú minta hajlamosabb volt a lágyulásra, különösen melegebb kezelési körülmények között. Ez abból eredhet, hogy a magasabb fehérjekoncentráció a keménység fokozódásához vezethet, mivel a fehérje hozzájárulhat a szerkezet feszebb kialakulásához. Az ANOVA tesztek szignifikáns eltéréseket mutattak ki mind a fehérjetartalom, mind a hőmérsékleti kezelések között (pl. $P = 9,91E-16$ a 17%-os fehérjetartalmú minták esetén), jelezve, hogy mindkét tényező jelentősen befolyásolja a minták állományát. Ezek az eltérések abból adódhatnak, hogy a hőmérséklet hatására a fehérjék szerkezeti tulajdonságai változnak, különösen a magasabb hőmérsékleten. A kontroll minta (Sens Cricket Protein Bar, ~10% fehérje) keménységértékei és a különböző hőmérsékleti kezelések hatására kialakult keménység különbségek alapján látható, hogy a 17%-os és 23%-os fehérjével készült termékek eltérő textúrát produkáltak. A fehérjében gazdagabb, 23%-os minta keménysége magasabb, ami feszebb állagot eredményezett. Ez alapján a kísérletek során sikerült olyan mintákat előállítani, amelyek bizonyos hőmérsékleti feltételek mellett a kontrollhoz képest jobb, rugalmasabb állományt mutattak. Objektív mérések mellett szubjektív érzékszervi tesztek is végeztem. Érzékszervi bírálat is alátámasztotta az objektív állomány mérés eredményeit. A 23%-os fehérjeszelet az állomány tulajdonságra viszonylag magas pontszámot kapott (4,2), amit a termékre jellemző homogén, kissé tömörebb állomány eredményezett, 0,1%-kal (4,1) maradt le a 17%-os általam készített minta. A kereskedelemről beszerzett kontroll minta ennél a tulajdonságnál alacsonyabb pontszámot (3,9) kapott a bírálóktól, mint az általam készített fehérjeszeletek. Kissé folyósabb, kevésbé homogén darabosabb egyenlőtlenebb állományú. Az összbenyomás alapján a minták között statisztikailag szignifikáns különbség volt megfigyelhető. A bírálók számára a kereskedelemről származó minta bizonyult a legkedvezőbbnek (17), bár 3 ponttal elmaradt a kiváló minősítéstől, ami főként az íz és állomány jellemzők miatt következett be. Az általam készített 23% rovarfehérjét tartalmazó szelet összpontszáma 15 lett, ami a bírálók szerint közepes minőségnek felel meg, mivel az illat, íz és állomány nem felelt meg teljes mértékben az elvárásoknak. A legkedvezőtlenebb érzékszervi tulajdonságokat az általam készített 17% rovarfehérjetartalmú szeletek mutatták, bár csak 0,5%-kal maradt le a 23% rovarfehérjét tartalmazó szelettől.

Érdemes megfontolni a komponensek arányának módosítását, például a zabliszt mennyiségének csökkentését vagy más alapanyaggal való helyettesítését a könnyebb állományért. Rovarfehérjét vegyíteni fele-fele arányba más fehérjeporral, hogy a rovar jellegzetes ízét kevésbé érezzük ki. Továbbá különböző kereskedelemben közkedvelt aromákkal ízesíteni, csokoládémázzal történő bevonással, illetve különféle magvakat hozzáadni jobb ízhatás és rovaríz elfedése végett. A módosításokkal elérhető, hogy a fejlesztett termékek érzékszervi tulajdonságai a fogyasztók számára legkedvezőbbek legyenek. 20 nap tárolás után az általam készített fehérjeszeleteken meghatároztam peroxidszámot is. Eredményeként elmondható, hogy a 17%-os rovarfehérjetartalmú szeletem még fogyasztható minőségű, de az oxidációs folyamat már elkezdődött. Megfelelő tárolási és csomagolási módszerek alkalmazásával ez az érték csökkenthető lehet. A 23%-os rovarfehérjetartalmú szeletemnél a peroxidszám magasabb oxidációs szintet jelzett számunkra, ami már előrehaladottabb avasodási folyamatra utal. A 23%-os rovarfehérjetartalmú szeletem magasabb peroxidszáma oda is visszavezethető, hogy magasabb rovarfehérje-tartalma van, sokkal zsírosabb olajosabb ezáltal a termék. Megfelelő antioxidánsokkal és légmentes tárolással lehetne lassítani az oxidáció további előrehaladását, de a szám arra utal, hogy a tárolási körülmények javítása is szükséges lehet a jövőben.

6. Összefoglalás

A társadalmi és demográfiai változások, valamint a megművelhető földterületek elérhetőségének fokozatos csökkenése kihívást jelent az élelmiszergazdaság számára. Ugyanakkor a különféle élelmiszerek iránti növekvő kereslet a fenntartható mezőgazdasági termelésen és az alternatív fehérjeforrások keresésén alapuló élelmiszerbiztonsági stratégiák kidolgozásának elengedhetetlen elemévé válik. A rovarokat ősidők óta fogyasztják az emberek. A rovarfehérjék gazdag tápanyagforrásként való bevezetése a modern táplálékláncokba megszüntetheti a fehérjehiányt. Kísérleti munkám során elkészítettem egy (17%) és (23%) *Tenebrio molitor* (lisztkukac) fehérjét tartalmazó fehérjeszeletet. Kereskedelemből beszereztem kontroll mintaként egy tücsökliszttel dúsított fehérjeszeletet is. Az általam készített fehérjeszeleteket különböző hőmérsékleteken tároltam 20 napig. Tároltam hűtve 4 °C -on és tároltam 50 °C -on is. A fehérjeszeleteket (17%) és (23%), illetve tücsökliszttel dúsított fehérjeszeleteket SMS TA.XT Plus állománymérő készülékkel vizsgáltam. A statisztikai elemzés alapján a különböző fehérjetartalmú (17% és 23%) tücsökliszt-tartalmú minták keménysége szignifikánsan eltér, különösen a különböző hőmérsékleti kezelések (0°C, 50°C, hűtött állapot) mellett. A 23%-os fehérjetartalom nagyobb keménységet eredményezett, míg a 17%-os fehérjetartalmú minta hajlamosabb volt a lágyulásra, különösen melegebb kezelési körülmények között. Ez abból eredhet, hogy a magasabb fehérje-koncentráció a keménység fokozódásához vezethet, mivel a fehérje hozzájárulhat a szerkezet feszebb kialakulásához. A fehérjében gazdagabb, 23%-os minta keménysége magasabb, ami feszebb állagot eredményezett. Ez alapján a kísérletek során sikerült olyan mintákat előállítani, amelyek bizonyos hőmérsékleti feltételek mellett a kontrollhoz képest jobb, rugalmasabb állományt mutattak. A fehérjeszeleteken 20 pontos pontozásos rendszerű érzékszervi bírálatot is végeztem. Az érzékszervi bírálatnál számkód alapján a két saját mintámat és a kontroll mintát bírálta 50 független ember. A szempontok a következők voltak: szín, íz, illat és állomány egy 5 pontos megadott skála szerint kellett pontozni a három termék mindegyik tulajdonságát, majd külön-külön mindegyiknek lett egy összpontszáma. Az eredmények értékelése után azt a következtetést vontam le, hogy bár átlagban jó pontszámokban teljesítettek a saját általam készített szeletek a kontroll mintához viszonyítva, de érdemes megfontolni a komponensek arányának módosítását, például a zabliszt mennyiségének csökkentését vagy más alapanyaggal való helyettesítését a könnyebb állományért. Rovarfehérjét vegyíteni fele-fele arányba más fehérjeporral, hogy a rovar jellegzetes ízét kevésbé érezzük ki. Továbbá különböző kereskedelembe közkedvelt aromákkal ízesíteni, csokoládémázzal történő bevonással, illetve

különféle magvakat hozzáadni jobb ízhatás és rovaríz elfedése végett. A módosításokkal elérhető, hogy a fejlesztett termékek érzékszervi tulajdonságai a fogyasztók számára legkedvezőbbek legyenek. 20 nap tárolás után az általam készített fehérjeszeleteken meghatároztam peroxidszámot is. Eredményeként elmondható, hogy a 17%-os rovarfehérjetartalmú szeletem még fogyasztható minőségű, de az oxidációs folyamat már elkezdődött. Megfelelő tárolási és csomagolási módszerek alkalmazásával ez az érték csökkenthető lehet. A 23%-os rovarfehérjetartalmú szeletemnél a peroxidszám magasabb oxidációs szintet jelzett számunkra, ami már előrehaladottabb avasodási folyamatra utal. A 23%-os rovarfehérjetartalmú szeletem magasabb peroxidszáma oda is visszavezethető, hogy magasabb rovarfehérje-tartalma van, sokkal zsírosabb olajosabb ezáltal a termék. Megfelelő antioxidánsokkal és légmentes tárolással lehetne lassítani az oxidáció további előrehaladását, de a szám arra utal, hogy a tárolási körülmények javítása is szükséges lehet a jövőben.

7. Irodalmi hivatkozás

1. A.M. Liceaga Approaches for utilizing insect protein for human consumption: effect of enzymatic hydrolysis on protein quality and functionality *Ann Entomol Soc Am*, 112 (2019), pp. 529-532
2. Batat, W.; Peter, P. The healthy and sustainable bugs appetite: Factors affecting entomophagy acceptance and adoption in Western food cultures. *J. Consum. Mark.* (2020), 37, 291–303.
3. Bosona, T.; Gebresenbet, G. Food traceability as an integral part of logistics management in food and agricultural supply chain. *Food Control* (2013), 33, 32–48.
4. Cadinu, L.A.; Barra, P.; Torre, F.; Delogu, F.; Madau, F.A. Insect Rearing: Potential, Challenges, and Circularity. *Sustainability* (2020), 12, 4567.
5. Collins, C.M.; Vaskou, P.; Kountouris, Y. Insect Food Products in the Western World: Assessing the Potential of a New ‘Green’ Market. *Annals of the Entomological Society of America, Special Collection. Insects Food Feed.* (2019), 112, 518–528.
6. Commission Regulation (EU) 2021/1372 of 17 August 2021 Amending Annex IV to Regulation (EC) No. 999/2001 of the European Parliament and of the Council as Regards the Prohibition to Feed Non-Ruminant Farmed Animals, Other Than Fur Animals, with Protein Derived from Animals; European Union: Luxemburg, 2021.
7. Corrado, S.; Caldeira, C.; Carmona-Garcia, G.; Körner, I.; Leip, A.; Sala, S. Unveiling the potential for an efficient use of nitrogen along the food supply and consumption chain. *Glob. Food Secur.* (2020), 25, 100368.
8. D.N. Nyangena, C. Mutungi, S. Imathiu, J. Kinyuru, H. Affognon, S. Ekesi, D. Nakimbugwe, K.K. Fiaboe Effects of traditional processing techniques on the nutritional and microbiological quality of four edible insect species used for food and feed in East Africa *Foods*, 9 (2020), p. 574
9. Dagevos, H. A literature review of consumer research on edible insects: Recent evidence and new vistas from 2019 studies. *J. Insects Food Feed* (2021), 7, 249–259.
10. Doi, H.; Gałęcki, R.; Mulia, R.N. The merits of entomophagy in the post COVID-19 world. *Trends Food Sci. Technol.* (2021), 110, 849–854.
11. El-Hack, A.; Mohamed, E.; Shafi, M.E.; Alghamdi, W.Y.; Abdelnour, S.A.; Shehata, A.M.; Ragni, M. Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Meal as a Promising Feed Ingredient for Poultry: A Comprehensive Review. *Agriculture* (2020), 10, 339.

12. FAO. Looking at Edible Insects from a Food Safety Perspective: Challenges and Opportunities for the Sector; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy, 2021.
13. Fraqueza, M.J.R.; da Silva Coutinho Patarata, L.A. Constraints of HACCP Application on Edible Insect for Food and Feed. In *Future Food*; Intech: London, UK, (2017).
14. G. Calzada-Luna, F. San Martin-Gonzalez, L.J. Mauer, A.M. Liceaga Cricket (*Acheta domestica*) protein hydrolysates' impact on the physicochemical, structural and sensory properties of tortillas and tortilla chips *Insects Food Feed*, 7 (2020), pp. 109-120
15. Gałęcki, R.; Sokół, R. A parasitological evaluation of edible insects and their role in the transmission of parasitic diseases to humans and animals. *PLoS ONE* (2019), 14, e0219303.
16. Gałęcki, R.; Zielonka, Ł.; Zasepa, M.; Gołębiowska, J.; Bakula, T. Potential Utilization of Edible Insects as an Alternative Source of Protein in Animal Diets in Poland. *Front. Sustain. Food Syst.* (2021), 5, 675796.
17. Grabowski, N.T.; Tchibozo, S.; Abdulmawjood, A.; Acheuk, F.; Guerfali, M.M.; Sayed, W.A.; Plötz, M. Edible Insects in Africa in Terms of Food, Wildlife Resource, and Pest Management Legislation. *Foods* (2020), 9, 502.
18. Grenda, T.; Kwiatek, K.; Goldsztejn, M.; Sapała, M.; Kozieł, N.; Domaradzki, P. Clostridia in Insect Processed Animal Proteins—Is an Epidemiological Problem Possible Agriculture (2021), 11, 270.
19. Han, R.; Shin, J.T.; Kim, J.; Choi, Y.S.; Kim, Y.W. An overview of the South Korean edible insect food industry: Challenges and future pricing/promotion strategies. *Entomol. Res.* (2017), 47, 141–151.
20. Henchion, M.; Hayes, M.; Mullen, A.M.; Fenelon, M.; Tiwari, B. Future Protein Supply and Demand: Strategies and Factors Influencing a Sustainable Equilibrium. *Foods* (2017), 6, 53.
21. Higgins, V.; Bryant, M.; Hernandez-Jover, M.; Rast, L.; McShane, C. Devolved Responsibility and On-Farm Biosecurity: Practices of Biosecure Farming Care in Livestock Production. *Sociol. Rural.* (2018), 58, 20–39.
22. IPIFF. IPIFF's Policy Priorities towards 2025. The Insect Sector Milestones towards Sustainable Food Supply Chains. . Available online: <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2020/05/IPIFF-RegulatoryBrochure-update07-2020-1.pdf> (accessed on 3 February 2021).
23. J. De Smet, S. Lenaerts, A. Borremans, J. Scholliers, M. Van Der Borght, L. Van Campenhout Stability assessment and laboratory scale fermentation of pastes produced on a pilot scale from mealworms (*Tenebrio molitor*) *LWT*, 102 (2019), pp. 113-121

24. Janczewska, D. Jakościowy aspekt logistycznych decyzji zaopatrzeniowych w przedsiębiorstwach w branży cukierniczej. *Zarządzanie Innow. Gospod. Bizn.* (2015), 2, 61–74.
25. Jongema, Y. List of Edible Insects of the World. Available online: <https://www.wur.nl/en/Research-Results/Chair-groups/Plant-Sciences/Laboratory-of-Entomology/Edible-insects/Worldwide-species-list.htm> (accessed on 24 March 2021).
26. Kitsa, K. Contribution des insectes comestibles a l'amélioration de la ration alimentaire au Kasai-Occidental. *Zaire-Africa* (1989), 239, 511–519.
27. Kok, R. Preliminary project design for insect production: Part 4—Facility considerations. *J. Insects Food Feed* (2021), 7, 541–551.
28. Kwiatek, K.; Bakula, T.; Sieradzki, Z.; Osiński, Z.; Kowalczyk, E. Wytyczne dobrej praktyki higienicznej w produkcji owadów dla celów paszowych i spożywczych; Zakład Higieny Pasz Państwowy Instytut Weterynaryjny—Państwowy Instytut Badawczy: Puławy, Poland, 2021.
29. Lähteenmäki-Uutela, A.; Hénault-Ethier, L.; Marimuthu, S.B.; Talibov, S.; Allen, R.; Nemane, V.; Vandenberg, G.; Józefiak, D. The impact of the insect regulatory system on the insect marketing system. *J. Insects Food Feed* (2018), 4, 187–198.
30. Lievens, S.; Poma, G.; De Smet, J.; Van Campenhout, L.; Covaci, A.; Van Der Borght, M. Chemical safety of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*), knowledge gaps and recommendations for future research: A critical review. *J. Insects Food Feed* (2021), 7, 383–396.
31. M. Laroche, V. Perreault, A. Marciniak, A. Gravel, J. Chamberland, A. Doyen Comparison of conventional and sustainable lipid extraction methods for the production of oil and protein isolate from edible insect meal *Foods*, 8 (2019), p. 572
32. Madau, FA, Arru, B., Furesi, R., & Pulina, P. Rovartenyésztés takarmány- és élelmiszertermelés céljából körkörös üzleti modell szemszögéből. *Fenntarthatóság*, (2020) 12 (13), 5418.
33. Makkar, H.P.; Tran, G.; Heuzé, V.; Ankers, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Anim. Feed Sci. Technol.* (2014), 197, 1–33.
34. Mancini, S.; Sogari, G.; Diaz, S.E.; Menozzi, D.; Paci, G.; Moruzzo, R. Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods* (2022), 11, 455.
35. Marberg, A.; van Kranenburg, H.; Korzilius, H. The big bug: The legitimization of the edible insect sector in the Netherlands. *Food Policy* 2017, 71, 111–123.

36. Marono, S.; Piccolo, G.; Loponte, R.; Di Meo, C.; Attia, Y.A.; Nizza, A.; Bovera, F. In Vitro Crude Protein Digestibility of *Tenebrio Molitor* and *Hermetia Illucens* Insect Meals and its Correlation with Chemical Composition Traits. *Ital. J. Anim. Sci.* (2015), 14, 3889.
37. Maurer, V.; Holinger, M.; Amsler, Z.; Früh, B.; Wohlfahrt, J.; Stamer, A.; Leiber, F. Replacement of soybean cake by *Hermetia illucens* meal in diets for layers. *J. Insects Food Feed* (2016), 2, 83–90.
38. McGrew, W.C. The ‘other faunivory’ revisited: Insectivory in human and non-human primates and the evolution of the human diet. *J. Human Evol.* (2014), 71, 4–11.
39. Medek, D.E.; Schwartz, J.; Myers, S.S. Estimated Effects of Future Atmospheric CO₂ Concentrations on Protein Intake and the Risk of Protein Deficiency by Country and Region. *Environ. Health Perspect.* (2017), 125, 087002.
40. Megido, C.R.; Sablon, L.; Geuens, M.; Brostaux, Y.; Alabi, T.; Blecker, C.; Drugmand, D.; Haubruge, E.; Francis, F. Edible insects acceptance by Belgian consumers: Promising attitude for entomophagy development. *J. Sens. Stud.* (2014), 29, 14–20.
41. Melgar-Lalanne, G.; Hernández-Álvarez, A.-J.; Salinas-Castro, A. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* (2019), 18, 1166–1191.
42. Meyer-Rochow, V.; Gahukar, R.; Ghosh, S.; Jung, C. Chemical Composition, Nutrient Quality and Acceptability of Edible Insects Are Affected by Species, Developmental Stage, Gender, Diet, and Processing Method. *Foods* (2021), 10, 1036.
43. Meyer-Rochow, V.B. Can insects help to ease the problem of world food shortage (1975), 6, 261–262.
44. Meyer-Rochow, V.B.; Nonaka, K.; Boulidam, S. More feared than revered: Insects and their impact on human societies (with some specific data on the importance of entomophagy in a Laotian setting). *Ent. Heute* (2008), 20, 3–25.
45. Nagy, M., Győri, Z., & Borbélyné Varga, M. Methods for detection of lipid rancidity. *Acta Agraria Debreceniensis*, 50, (2020), 117-120.
46. N. Kröncke, V. Bösch, J. Woyzichowski, S. Demtröder, R. Benning Comparison of suitable drying processes for mealworms (*Tenebrio molitor*) *Innov Food Sci Emerg Technol*, 50 (2018), pp. 20-25
47. Niyonsaba, HH, Höhler, J., Kooistra, J., Van der Fels-Klerx, HJ és Meuwissen, MPM (2021). A rovárgazdaságok jövedelmezősége. *Journal of Insects as Food and Feed* , 7 (5), 923-934. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0087>

48. Nongonierma, A.B.; Fitzgerald, R.J. Features of dipeptidyl peptidase IV (DPP-IV) inhibitory peptides from dietary proteins. *J. Food Biochem.* (2019), 43, e12451.
49. Payne, C.; Caparros Megido, R.; Dobermann, D.; Frédéric, F.; Shockley, M.; Sogari, G. Insects as Food in the Global North—The Evolution of the Entomophagy Movement. In *Edible Insects in the Food Sector*; Sogari, G., Mora, C., Menozzi, D., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2019.
50. Purschke, B.; Scheibelberger, R.; Axmann, S.; Adler, A.; Jäger, H. Impact of substrate contamination with mycotoxins, heavy metals and pesticides on the growth performance and composition of black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for use in the feed and food value chain. *Food Addit. Contam. Part A* (2017), 34, 1410–1420.
51. R. Dutta, U. Sarkar, A. Mukherjee Process optimization for the extraction of oil from *Crotalaria juncea* using three phase partitioning *Ind Crops Prod*, 71 (2015), pp. 89-96
52. Ramaswamy, S.B. Setting the table for a hotter, flatter, more crowded earth: Insects on the menu *J. Insects Food Feed* (2015), 1, 171–178.
53. Schiavone, A.; De Marco, M.; Martínez, S.; Dabbou, S.; Renna, M.; Madrid, J.; Hernandez, F.; Rotolo, L.; Costa, P.; Gai, F.; et al. Nutritional value of a partially defatted and a highly defatted black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) meal for broiler chickens: Apparent nutrient digestibility, apparent metabolizable energy and apparent ileal amino acid digestibility. *J. Anim. Sci. Biotechnol.* (2017), 8, 51.
54. Sogari, G.; Amato, M.; Biasato, I.; Chiesa, S.; Gasco, L. The Potential Role of Insects as Feed: A Multi-Perspective Review. *Animals* (2019), 9, 119.
55. Torero, M. Without food, there can be no exit from the pandemic. *Nature* (2020), 580, 588–589.
56. V. Varelas, M. Langton Forest biomass waste as a potential innovative source for rearing edible insects for food and feed—a review *Innov Food Sci Emerg Technol*, 41 (2017), pp. 193-205
57. Van Huis, A.; Van Isterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. *Edible Insects: Future Prospects for Food and Feed Security*; FAO Forestry Paper 171; FAO: Rome, Italy, 2013.
58. Van Raamsdonk, L.W.D.; Van Der Fels-Klerx, H.J.; De Jong, J. New feed ingredients: The insect opportunity. *Food Addit. Contam. Part A* (2017), 34, 1384–1397.
59. Wang, Y.-S.; Shelomi, M. Review of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) as Animal Feed and Human Food. *Foods* (2017), 6, 91.

60. Weiner, A.; Paprocka, I.; Kwiatek, K. Wybrane gatunki owadów jako źródło składników odżywczych w paszach. *Życie Weter.* (2018), 93, 499–504.
61. Zielińska, E.; Zieliński, D.; Karaś, M.; Jakubczyk, A. Exploration of consumer acceptance of insects as food in Poland. *J. Insects Food Feed.* (2020), 6, 383–392.

Internet 1. Tenebrio molitor kép (2021) <https://www.photocase.com/photos/3071826-mealworms-crustaceans-tenebrio-molitor-isolated-photocase-stock-photo>

Internet 2. Life cycle of H. illucens. The different stages of the development of H. illucens are shown, as well as the average duration for each of these different stages (2021) https://www.researchgate.net/figure/Life-cycle-of-H-illucens-The-different-stages-of-the-development-of-H-illucens-are_fig1_323367595

Internet 3. Tücsökliszttel dúsított fehérjeszelet

https://gymbeam.hu/pleasure-tucsokliszt-feherjeszelet-sens.html?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PMax%20-%20All%20products&utm_id=19686835195&gad_source=1&gclid=Cj0KCQiAoe5BhCNARIsADVLzZcopheo6LlKvql8eI7vgips46wwrugD2mA5lpFhpjiiA1m_6x2vx7waAuI0EALw_wcB#37603

Internet 4. TA.XT plusC Texture Analyser (2022) <https://www.stablemicrosystems.com/TAXTplus.html>

Internet 5. Novasina MS1-aw készülékkel történő mérés (2010)

<https://www.nawaidscientific.com/pdf/novasina/Cat-aw-ms1-M.pdf>

8.Ábrajegyzék

1. ábra Lisztukac-Tenebrio molitor (Internet 1.)	2
2. ábra H.illucens növekedési ábrája (Internet 2.)	4
3. ábra A méréseinkhez felhasznált kereskedelmi forgalomól beszerzett tücsökliszttel dúsított fehérje szelet (Internet 3.)	22
4. ábra A szeleteim előállításához alkalmazott összes összetevő (saját ábra)	23
5. ábra Szilikon mintába helyezett 40g -os általam készített szeletek (saját ábra)	24
6. ábra Állománymérő műszer penetrációs-feltétellel ellátva (saját ábra).....	25
7. ábra Érzékszervi bírálat során kóstolt minták külön kódjelekkel ellátva (saját ábra)	26
8. ábra Novasina MS1 készülékkel mérem a fehérjeszeletek vízaktivitását (saját ábra)	27
9. ábra 1. mintám titrálás előtti állapota keményítő indikátor jelenlétében (saját ábra)	29
10. ábra 1. mintám már megtitrált szín átcsapás eredménye (saját ábra)	29
11. ábra Állomány mérés során mért keménység adatok átlag görbéje (saját ábra)	30
12. ábra Állomány mérés során mért minták keménységének átlag értékei (saját ábra)	30
13. ábra Állomány mérés során mért minták keménységének változása különböző tárolás során (saját ábra)	31
14. ábra Érzékszervi bírálat során a szín szempont szerinti pontok átlaga (saját ábra)	33
15. ábra Érzékszervi bírálat során az illat szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint (saját ábra)	34
16. ábra Érzékszervi bírálat során az íz szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint (saját ábra)	34
17. ábra Érzékszervi bírálat során az állomány szempont szerinti pontok átlaga csoportok szerint (saját ábra)	35
18. ábra Érzékszervi bírálat során az össz tulajdonságokra kapott átlag pontszám csoportok szerint (saját ábra)	36

9. Táblázatjegyzék

1.táblázat 1 minta:1000g termékre vonatkoztatott receptúra 17% rovarfehérjét tartalmaz- (saját táblázat)	21
2.táblázat Kalóriatábla az 1. minta fehérjetartalom kimutatásához (saját táblázat)	21
3. táblázat 2 minta:1000g termékre vonatkoztatott receptúra 23% rovarfehérjét tartalmaz (saját táblázat)	22
4. táblázat Kalóriatábla az 2. minta fehérjetartalom kimutatásához (saját táblázat)	22
5. táblázat Vízaktivitás mérés eredménye a fehérjeszeleteken (saját táblázat)	37

Mellékletek

1. számú melléklet: Érzékszervi bírálati lap

Rovarfehérjével előállított fehérje szelet

Rovar: Tenebrio Molitor

Tulajdonság	Megállapított tulajdonság	Adható pontszám
SZÍN	A termék jellegzetes, tetszetős, egyöntetű, hibátlan	5
	Nem eléggé jellegzetes, kissé barnásabb vagy fakult nem teljesen egyöntetű színű	4
	Termékre kevésbé jellemző, barnásabb vagy fakult, kissé egyenetlen	3
	Termékre jellemző, de erősen barna vagy fakult, egyenetlen	2
	Termékre em utaló jellegtelen, egyenlőtlen színű	1
	Természetellenes, elszíneződött, felülete szennyezett	0
ILLAT	A termékre jellemző, kellemes, minden idegenszagtól mentes	5
	A jellegzetestől valamivel gyengébb, vagy túl aromás illat	4
	Gyenge, de a termékre még jellemző illat	3
	A jellegzetestől eltérő, de nem kellemetlen illat	2
	Enyhe, idegen szag	1
	Kellemetlen, idegen szag	0
ÍZ	A termékre jellemző, harmonikus, kellemes telt íz	5
	A jellegzetestől valamivel gyengébb vagy erősebb, nem egészen harmonikus vagy telt íz	4
	Tiszta, de túl aromás vagy a jellegzetesnél gyengébben érezhető, nehezen azonosítható íz	3
	Nem harmonikus, túl erős aroma íz vagy jellegzetesnél lényegesen gyengébb üres íz	2
	Enyhe, idegen mellékíz	1
	Kellemetlen idegen íz	0
Állag	Termékre jellemző puha, homogén egyenletes állomány	5
	Jellegzetesnél kissé tömörebb, folyósabb vagy lágyabb állomány	4
	Kissé egyenetlen, darabos kevésbé homogén állomány	3
	Tömör, ragadós vagy túl folyós. Több darabosságot tartalmaz	2
	Erősen tömör, nem homogén	1
	Nyúlós, idegen anyagot tartalmaz, darabos	0

--	--

SZÍN		ILLAT		ÍZ		ÁLLAG		PONTSZÁM
	+		+		+		=	

--	--

SZÍN		ILLAT		ÍZ		ÁLLAG		PONTSZÁM
	+		+		+		=	

A termék Tenebrio Molitort, azaz lisztukacból előállított élelmiszeripari tanúsítvánnyal rendelkező rovarfehérjeport tartalmaz.

Aláírással hozzájárulok, hogy ennek tudatában vettem részt a kóstoláson.

Név: _____

Aláírás:

NYILATKOZAT

Diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Bodzán Nikoletta
A Hallgató Neptun kódja: JQISRZ
A dolgozat címe: INNOVATÍV FEHÉRJEFORRÁSOK AZ
ENERGIASZELETEKBEN: ROVARFEHÉRJE TECHNO-FUNKCIONALITÁSÁNAK VIZSGÁLATA
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: ÉLELMISZERTUDOMÁNYI ÉS TECHNOLOGIAI INTÉZET
A konzulens tanszékének a neve: Gabona és Iparnövény Technológiai Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan 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.

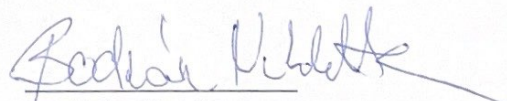
Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: Budapest, 2024. november 4.


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Bodzán Nikoletta (hallgató Neptun azonosítója: JQISRZ) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: Budapest, 2024 november 5.



belső konzulens
