

SZAKDOLGOZAT

Szabó Gréta Mária

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Budai Campus

Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet

Élelmiszermérnöki alapképzési szak

ROVAROK, MINT ALTERNATÍV FEHÉRJEFORRÁSOK

FELHASZNÁLÁSA HÚSKRÉM MODELLBEN

Belső konzulens: Dr. Jánosi Anna
Tudományos főmunkatárs

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet
Táplálkozástudományi
Tanszék

Belső konzulens: Dr. Takács Krisztina
Tudományos főmunkatárs

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Élelmiszertudományi és
Technológiai Intézet
Táplálkozástudományi
Tanszék

Készítette: Szabó Gréta Mária

Budapest

2025

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	1
2.	Célkitűzés.....	3
3.	Irodalmi áttekintés.....	4
3.1.	A hús, mint élelmiszer.....	4
3.1.1.	Hús szerepe a táplálkozásban.....	4
3.1.2.	Hústermékek fehérje minősége.....	5
3.1.3.	Hazai húsfogyasztási adatok.....	7
3.1.4.	Táplálkozási ajánlások.....	9
3.1.5.	Fenntartható étrend hatása az állattartás kérdéseire.....	10
3.2.	Rovarok élelmiszer-előállítás célú felhasználhatósága.....	11
3.2.1.	Engedélyek, szabályozás.....	11
3.2.2.	Rovarok felhasználási lehetőségei élelmiszeripari termékekben.....	13
3.3.	Rovarok felhasználásának élelmiszerbiztonsági és higiéniai kockázatai.....	13
3.3.1.	Allergenitás.....	13
3.3.2.	Szennyezőanyag akkumuláció.....	14
3.3.3.	Mikrobiológiai kockázatok.....	15
3.3.4.	Élelmiszerbiztonsági rendszerek, üzemek felelőssége.....	16
3.4.	A teljes rovar vagy rovarlárva, mint alapanyag feldolgozása.....	18
3.4.1.	Rovarok makro- és mikroösszetétele a különböző fejlődési szakaszaik során.....	18
3.4.2.	Takarmány-szabályozás hatása az ehető rovarok tápértékére.....	21
3.4.3.	Feldolgozási technológiák.....	21
3.4.4.	Új technológiai lehetőségek a rovarfeldolgozás területén.....	23
3.4.5.	Kitin szeparáció technológiai kérdései.....	24
3.4.6.	A kitin és kitozán bioaktivitása, funkcionális tulajdonságai és alkalmazásai.....	25
4.	Anyag és módszer.....	26
4.1.	A munka során felhasznált anyagok.....	26
4.1.1.	Húskrém modell elkészítése.....	26
4.2.	A munka során alkalmazott módszerek.....	28
4.2.1.	Színmérés.....	28
4.2.2.	Nyersfehérje-tartalom meghatározás.....	29
4.2.3.	Nyerszsír-tartalom meghatározás.....	31
5.	Eredmények és kiértékelésük.....	32
5.1.	A húskrémelek színmérési eredményei.....	32

5.2.	A húskrémek fehérjetartalmának változása.....	38
5.3.	A húskrémek zsírtartalmának változása	41
6.	Következtetések és javaslatok.....	43
7.	Összefoglalás.....	45
8.	Irodalomjegyzék.....	47
9.	Ábra jegyzék	54
10.	Táblázat jegyzék.....	55

1. Bevezetés

A megfelelő tápértékkel rendelkező élelmiszerek, például a hús iránti igény egyre inkább növekszik, így a mezőgazdasági földterületek kihasználtsága is. Éppen ezért környezetvédelmi, egészségügyi és állatjóléti szempontok miatt egyre nagyobb szükség van a hagyományos hústól eltérő, fenntartható élelmiszerforrások szélesebb körű feltárására. Erre nyújthatnak megoldást a rovarok, mind emberi alternatív táplálékforrás, mind állati takarmány formájában (Van Huis, 2016).

Az elmúlt években nem csak világviszonylatban, hanem Európában is egyre inkább felkeltette az érdeklődést ennek a potenciális lehetőségnek, az entomofágiának a további feltárása. Az entomofágia, azaz a rovarok élelmiszerként történő fogyasztása már számos kultúrában, főleg Ázsiában, Afrikában, Dél-Amerikában és Ausztráliában jelen van, mint hagyomány (Mlcek et al., 2014). A rovarok zsírokban, esszenciális zsír- és aminosavakban, fehérjében, vitaminokban és ásványianyagokban gazdagok, megfelelő tápértékük mellett pedig fenntarthatóságuk is különösen kiemelendő szempont. A rovartenyésztés kevés földet, vizet és takarmányt igényel, emellett a rovarok ezt a takarmányt hatékonyabban hasznosítják, így a haszonállatokhoz képest kevesebb üvegházhatású gázt termelnek, ezzel potenciális megoldást kínálva a hagyományos állattenyésztés okozta környezeti kihívásokra (Conway et al., 2024).

Bár a rovarfogyasztásból számos előnyünk származhat, rovarok és rovartermékek élelmiszerként történő hasznosításának számos feltétele van. A nem megszokott élelmiszertől való idegenkedés, a tenyésztés és feldolgozás során felmerülő ismeretlen kockázatok, és az egészségügyi veszélyek mind hátráltatják az entomofágia szélesebb körű elterjedését (Acosta-Estrada et al., 2021).

Azonban van-e az entomofágiának Európában jövője? Sogari és társai (2019) egy háromtényezős folyamatot határoztak meg ennek megállapítására. Az első a jogszabályoknak való megfelelés, a második a gazdaságilag fenntartható termelési folyamatok biztosítása és a harmadik, egyben legkevésbé befolyásolható tényező, a megfelelő termékkínálat elérhetővé tétele és elfogadtatása a fogyasztókkal.

Mivel az Európai Bizottság által megállapított új élelmiszerről van szó, tehát 1997 májusa előtt az Európai Unióban jelentős mértékben még nem fogyasztott élelmiszerről, alkalmazása számos kérdést vet fel az emberekben. Az élelmiszerek előállításánál során a rovarok kevésbé felismerhető formában, pirítva is feldolgozhatók, ami elősegíti, hogy szélesebb körben alkalmazzák őket különféle termékekben. Az előnyök és az egyre növekvő érdeklődés ellenére

azonban úgy tűnik a legtöbb európai országban még mindig ellenszenvet, undort vált ki a téma. Pusztán a rovarok elfogyasztásának tudata és az ezzel kapcsolatos megválaszolatlan kérdések megakadályoznak, hogy kételyek, fenntartások nélkül fogyasszuk ezeket a termékeket (Roma et al., 2020). Így Európában a rovarfogyasztás várhatóan csak a bolti különlegességek kínálatának bővítésében és a rovarokra specializálódott éttermek kínálatában fog megvalósulni. Az emberek kíváncsisága lehet az elsődleges hajtóerő az új élelmiszerek kipróbálásában, különösen, ha mivel ínycsikméltsággal jelennek meg a piacon (Stone et al., 2022).

Annak ellenére, hogy a közeljövőben így valószínű nem lesz szükség a haszonállatok, mint elsődleges fehérjeforrások rovarra történő teljes lecserélésére, további kutatásokkal vizsgálni kell azokat a paramétereket, amelyek befolyásolják mind a feldolgozhatósági, technológiai mind a kész termékek fogyaszthatósági, beltartalmi paramétereit és érzékszervi tulajdonságait.

2. Célkitűzés

Kutatásom célja egy olyan többkomponensű húskrém fejlesztése és vizsgálata, amelyben a rovaralapanyag, esetemben a lisztbogár lárva és a tücsök, technológiai és érzékszervi szempontból is megfelelően viselkedik, és ezáltal alkalmas lehet a hagyományos hús alapanyag részleges vagy akár teljes kiváltására.

A vizsgálatok célja annak feltárása, hogy a rovarfehérje miként illeszthető be egy húskrém jellegű termékbe, milyen hatással van annak összetételére, fizikai-kémiai tulajdonságaira, illetve érzékszervi jellemzőire. A lisztbogár lárva, mint engedélyezett feldolgozható rovaralapanyag különösen ígéretes, mivel feldolgozása során alacsonyabb barnulási hajlamot mutat, ami előnyt jelenthet a késztermék megjelenése és eltarthatósága szempontjából. Az ezek vizsgálatához szükséges színmérést Minolta CR-410 hagyományos színmérő műszerrel (kromaméterrel) végeztem.

A termékfejlesztés során fontos szerepet kap a rovaralapú fehérje növényi eredetű alapanyagokkal való kombinálása is, mely bevonásával lehetőség nyílik olyan funkcionális tulajdonságok, mint a víz- és zsírfelvétel, emulzióképzés javítása, amelyek kedvezően befolyásolhatják a krém textúráját, stabilitását és tápértékét. A tápértéket befolyásoló beltartalmi tényezők meghatározásához Kjeldahl-féle fehérje roncsolásos módszert és Soxhlet gravimetriás zsírmérő módszert alkalmaztam.

E kombinált megközelítés célja egy olyan alternatív krémkészítmény előállítása és értékelése, amely fenntartható, és technológiai, minőségi, valamint fogyaszthatósági szempontból is megfelelő.

Eredményeim alapján értékelni szeretném, hogy milyen mértékben alkalmasak a rovaralapanyagok a hús helyettesítésére, és milyen arányban érdemes azokat növényi komponensekkel kombinálni a kívánt tulajdonságok eléréséhez. A dolgozat célja tehát nem egy teljesen új termék fejlesztése, hanem egy kiértékelő megközelítés alkalmazása, mely hozzájárulhat a rovaralapú élelmiszerek fejlesztési lehetőségeinek jobb megértéséhez és elfogadottságuk növeléséhez.

3. Irodalmi áttekintés

3.1. A hús, mint élelmiszer

3.1.1. Hús szerepe a táplálkozásban

A hús az emberi táplálkozás egyik legfőbb alapanyaga, mely kulcsszerepet játszik az emberi szervezet fejlődésében, működésében és regenerációjában. A haszonállatok húsa rendkívüli tápértéke miatt számos olyan alapvető tápanyaggal járul hozzá a szervezetünk szükségleteihez, amelyeket más élelmiszerforrásokból nehéz megfelelő mennyiségben felvenni. A fehérjék aminosavakra bomlanak, amelyek elengedhetetlenek a fehérjeszintézishez, mely nélkülözhetetlen eleme az izomépítésnek, -fenntartásnak, és az enzimek, hormonok, az immunrendszer és számos más élettani folyamat működésében is kulcsszerepet játszik. A hús emellett a zsírok, telített zsírsavak kiváló forrása, melyek energiát szolgáltatnak a szervezet számára. A vitaminok és ásványianyagok pedig elengedhetetlenek a szervezet egészséges fejlődéséhez és működéséhez (Geiker et al., 2021).

Fehérjetartalom

A húst fehérjében gazdag élelmiszerként tartják számon, fontos szerepet játszik az emberi táplálkozásban, mint jó minőségű és jól hasznosuló fehérjeforrás. A különböző húsfajták fehérjetartalma eltérhet egymástól, de általában magas a biológiai értékük, mivel a hús teljes értékű aminosav-profillal rendelkezik. A fehérjék alapvető építőkövei az aminosavak, ezek mennyisége és aránya pedig nagyban meghatározza a fehérjeminőséget. A fehérjék felépítésében 20 aminosav vesz részt, melyből 9-et az emberi szervezet nem tud előállítani, ezért ezeket az étrendből kell biztosítani. Ezeket a nem előállítható aminosavakat nevezzük esszenciális aminosavaknak. A hús minden esszenciális aminosavat elegendő mennyiségben tartalmaz, ezért is számít teljes értékű fehérjeforrásnak (Pereira and Vicente, 2013).

Zsírtartalom

A haszonállatok húsanak zsírtartalma az emberi szervezet számára az egyik legfontosabb energiaforrásként szolgál, hiszen a zsírok nem csupán energiataralékok, hanem nélkülözhetetlen szerepet játszanak a tápanyagok, különösen a zsírban oldódó vitaminok, például az A-, D-, E- és K-vitamin felszívódásában is. Telített és telítetlen zsírsavtartalma mellett pedig esszenciális zsírsavakat, például omega-3 és omega-6 zsírsavakat is tartalmaz, amelyeket a szervezet önmagában nem képes szintetizálni. Ezek a zsírok a sejtmembránok alkotóelemeiként is szolgálnak, és részt vesznek a hormontermelésben, mely az anyagcsere- és

hangulat-szabályozást is befolyásolja. Ezen kívül az agy körülbelül 60%-át zsír alkotja, az állati eredetű omega-3 zsírsavak, pedig alapvető szerepet játszanak a kognitív funkciókban és a mentális egészség fenntartásában (Meijaard et al., 2022).

Vitamin- és ásványianyag-tartalom

A hús a fehérjék és zsírok mellett ásványi anyagokban és vitaminokban is gazdag forrás. Az ásványi anyagok szükségesek az emberi test megfelelő növekedéséhez, fejlődéséhez, fenntartásához és szervezet enzimszisztémájának kialakításához. Ilyen létfontosságú ásványianyagok például a vas, cink, kalcium, kálium, szelén és a foszfor. A cink és a szelén antioxidáns tulajdonságai támogatják az immunrendszer működését, hozzájárulva a betegségek megelőzéséhez. (Ahmad et al., 2018). A csak az állati izomszövetben, a hemoglobinban és mioglobinban megtalálható hem vas nagyon jó felszívódási képességgel rendelkezik. Hiánya növelheti a betegségek, fertőzések kialakulásának kockázatát és vérszegénységhez vezethet. (Piskin et al., 2022)

A vitaminok olyan szerves vegyületek, melyek az emberi szervezet által nem előállíthatóak, így az étrendünkön keresztül szükséges biztosítani a megfelelő szükségletet. A hús a komplex B-vitaminok, főleg a B12-vitamin kitűnő forrása. A vörös húsok 100 grammja a napi ajánlott riboflavin, niacin, B6-vitamin, pantoténsav és B12-vitamin szükségletnek közel felét biztosítja ugyanabban az adagban (Pereira and Vicente, 2013).

3.1.2. Hústermékek fehérje minősége

A húsok fehérjetartalmának vizsgálata önmagában nem elég a táplálkozás-élettani értékük meghatározásához. Nemcsak az a fontos, hogy mennyi fehérjét tartalmaz egy adott élelmiszer, hanem az is, hogy az abban található fehérje milyen mértékben képes kielégíteni az emberi szervezet aminosavszükségletét, és mennyire hasznosul ténylegesen a szervezetben. A fehérjék minőségi jellemzésére különböző értékelési módszerek állnak rendelkezésre, amelyek az aminosav-összetételre, az emészthetőségre, valamint a biológiai hasznosulásra alapoznak. Ezek az értékek segítenek összehasonlítani a különféle fehérjeforrásokat, és támpontot adnak ahhoz, hogy mely élelmiszerek járulnak hozzá leginkább az optimális fehérjebevitelhez (FAO, 2013).

Biológiai érték (BV)

Az egyik fehérje minőséget megállapító módszer, a biológiai érték meghatározása. Ez az érték megadja, hogy a táplálékkal felvett fehérje aminosavban található N-tartalma milyen mértékben épül be a test saját fehérjéibe. Mivel ez jól tükrözi a fehérje biológiai hasznosíthatóságát, ezért

gyakran alkalmazzák élelmiszer-összehasonlításokban. Értéke megadható százalékban vagy viszonyításként, a tojást véve maximális biológiai értékkel rendelkező viszonyítási alapul, mint ahogyan az az *1. táblázatban* látható. Értékét befolyásolja a fehérje emészthetősége, felhasználhatósága és a fehérjében megtalálható aminosav mennyisége is. (Brody, 1999; Lamb and Harden, 1973).

1. táblázat: Különböző eredetű fehérjék százalékban megadott biológiai értékének összehasonlítása.

(Forrás: saját szerkesztés Gubicsekóné Kisbenedek and Szabó, 2015 alapján)

Fehérjeforrás	Biológiai érték (%)
Tojás	100
Tejfehérjék	91
Marhahús	80
Kazein	77
Sertéshús	74
Burgonya	71
Rizs	59
Bab	49

A biológiai érték különösen jól használható állati és növényi eredetű fehérjék összehasonlítására, mivel közvetlenül megmutatja, mennyi a szervezet által ténylegesen beépíthető fehérje. A táblázat adatai alapján kijelenthetjük, hogy meglehetősen nem hasznosulnak olyan hatékonyan a szervezetben, mint a tojás- vagy a tejfehérjék, de mivel teljes értékűek, hasznosságuk jobb a növényi fehérjékhez képest (Day et al., 2022).

Esszenciális aminosav érték (EAA)

Az egyes élelmiszerek tápértékét a jelenlévő vagy hiányzó számos aminosav mennyisége és minősége határozhatja meg. Ez az érték az esszenciális aminosavak arányát fejezi ki a referenciafehérjében. Az aminosavat, amelyik a legkisebb mennyiségben van jelen a referenciafehérje összetételében limitáló aminosavnak nevezik. A komplementálás (kiegészítés) növelheti az alacsony minőségű, limitáló aminosavat tartalmazó fehérjék hasznosságát. Például a gabonafélék és hüvelyesek együttes fogyasztása kiegészíti egymás aminosavhiányait, ezáltal javítva a fehérje minőségét (Pereira and Vicente, 2013). Az EAA-érték segítségével tehát meghatározható, hogy szükséges-e más élelmiszerral kombinálni az adott fehérjeforrást a teljes érték eléréséhez.

Fehérje emészthetőséggel korrigált aminosav pontszám (PDCAAS)

A fehérjeminőség értékét a fehérje limitáló aminosav-tartalma és emészthetősége határozza meg egy referencia fehérjéhez (pl.: tojásfehérje) viszonyítva. A székletben maradt aminosavakból számol emészthetőséget, így a bélmikrobióta anyagcsereje is befolyásolhatja az értékét. Kutatások kimutatták, hogy emiatt a PDCAAS módszer túlbecsülheti a fehérje minőségét, különösen a rosszul emészthető fehérjeforrások esetében (Mathai et al., 2017). Bár a módszer hátránya, hogy nem veszi figyelembe a bélrendszer egyéni sajátosságait, mégis széles körben alkalmazzák az élelmiszerek fehérjeértékelésére. A PDCAAS skáláján 1,00 a legmagasabb érték, amit például a tejfehérje vagy a tojásfehérje is elér. A módszer szerint a húsban található fehérje jól emészthetőnek bizonyul, amint azt a magas, körülbelül 0,92-es PDCAAS értéke mutatja (Pereira and Vicente, 2013).

Emészthető esszenciális aminosav érték (DIAAS, %)

A DIAAS a PDCAAS-nál korszerűbb módszer, annak továbbfejlesztett változata, mivel nem a székletből, hanem a vékonybélből származó adatokkal számol, így pontosabban tükrözi az emészthetőséget. A módszer a fehérjék emészthetőségét a csípőbélben jelenlévő aminosavakból számítja. Az ember által ténylegesen megemésztett, azaz hasznosult fehérje értékét az összes bevitt fehérje és a csípőbélbe került emésztetlen, „maradék” fehérje különbségéből számítja. Minden fehérjére 9 értéket számol ki a 9 aminosavnak megfelelően. Egy fehérjeforrás 100%-os vagy afeletti érték esetén kiváló, 75-99% közötti értékkel jó, 75% alatt pedig nem megfelelő fehérjeforrásnak minősül (FAO, 2013). A húsfehérjék a DIAAS szerint is kiemelkedő minőségűek, mivel esszenciális aminosav-tartalmuk jól hasznosul a szervezet számára. A legtöbb nyers és feldolgozott húskészítmény DIAAS értéke 100 felett van, a jelentett értékek 99-től (főtt, darált marhahús) 130-ig (rib-eye sült) terjednek, de egyes termékek, mint a szalámi és a szárított hús, 120-as értékeket is elérnek (Bailey et al., 2020).

A különböző módszerek együttes alkalmazása lehetővé teszi, hogy átfogó képet kapjunk egy adott fehérjeforrásról. A mennyisége mellett arról is, hogy milyen mértékben képes támogatni a szervezet fehérjeszükségletét. A húsok a legtöbb minősítési rendszer szerint előkelő helyet foglalnak el, ami jól mutatja táplálkozás-élettani jelentőségüket a kiegyensúlyozott étrendben.

3.1.3. Hazai húsfogyasztási adatok

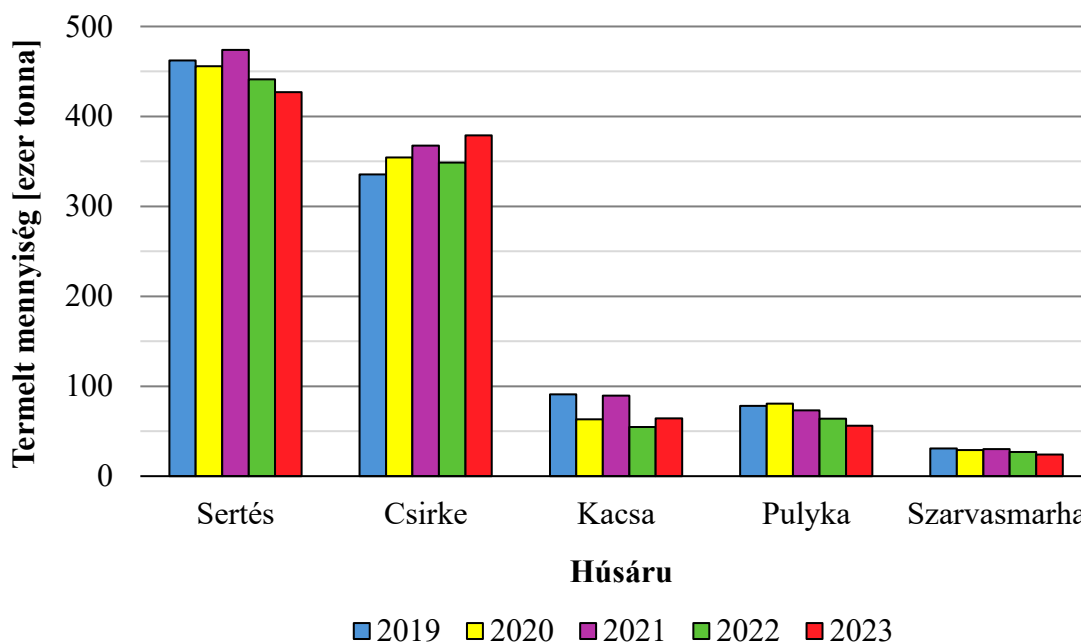
Hazánkban a lakosság nagyrésze vegyes táplálkozású, azonban a húsfogyasztás Magyarországon jelentősen kevesebb, mint az 1980-as csúcán volt, amikor az egy főre jutó átlag húsfogyasztás közelítette a 80 kg-ot. 2008-ra ez a szám 68,6-ra csökkent (Központi

Statisztikai Hivatal, 2010, n.d.). Keller és mtsai. (2017) megállapították, hogy a különféle húsok közül a magyarok a csirkehúst preferálják a leginkább. Az Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezet (FAO) adatai is bizonyítják, hogy Magyarországon a sertés- és csirkehús a legnépszerűbbek, és ezek teszik ki a húsfogyasztás jelentős részét. Az 1. ábra a különböző húsfajták magyarországi termelési mennyiségét ábrázolja 2019-től 2023-ig. A sertés, több mint 400 ezer tonnás termelési mennyiséggel kiemelkedik, ezt pedig a csirkehús követi. A kacsa, a pulyka és a szarvasmarha csak jóval kisebb mennyiségben kerülnek előállításra. Azonban a csirkehúst leszámítva enyhén csökkenő tendencia vehető észre a különböző termékek esetén.

1. ábra: Allati eredetű húsárak termelési mennyisége Magyarországon 2019-től 2023-ig.

(Forrás: saját szerkesztés FAO (2024) Crops and livestock products. Letöltve: 2025. 01. 08.

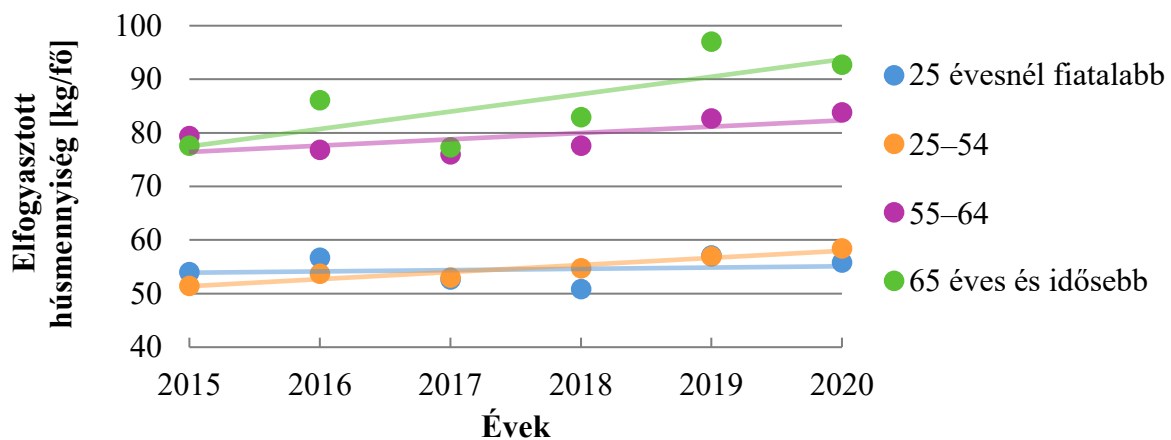
<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/metadata>, Licence: CC-BY-4.0. alapján)



Habár a hústermékek előállításában csökkenő tendenciát figyelhetünk meg, az elfogyasztott húsáru mennyisége az évek előrehaladtával és az életkor növekedésével is növekszik, ahogyan ezt a 2. ábra is mutatja. A legfiatalabb, 25 év alatti korosztály fogyasztja a legkevesebb húst (55,8 kg/fő évente), míg a 65 év feletti korosztály fogyasztása a legmagasabb, évi 92,7 kg/fő (Központi Statisztikai Hivatal, n.d.). Ez jelentős különbséget mutat az életkorral változó táplálkozási szokásokban. Kivételt képez a 25 év alattiak korosztálya, ahol a húsfogyasztás mértéke eléggé ingadozó. Ennek oka akár a fiatalok körében egyre népszerűbb különböző csökkentett hústartalmú étrendek, a vegetáriánus, esetleg vegán életmód is lehet.

2. ábra: Egy főre jutó húsfogyasztás korcsoportonként Magyarországon (2015-2020)

(Forrás: saját szerkesztés a Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján, (https://www.ksh.hu/stadat_files/jov/hu/jov0031.html))



3.1.4. Táplálkozási ajánlások

Az elmúlt években egyre nagyobb az érdeklődés a fenntartható gazdálkodás és táplálkozás iránt, amit egyre több gyakorlati kezdeményezés kísér. Egy ilyen kezdeményezés a fenntartható étrendek követése, mely egyre népszerűbbé válik, mivel egyszerre támogatja az egészséget, kíméli a környezetet, és felelősen használja fel az élelmiszer-forrásokat (Dakin et al., 2021). Szakály és Soós (2021) kutatása alapján a megkérdezettek több, mint 20%-a követ valamilyen fenntartható étrendet. Közülük a legnagyobb arányban azok szerepelnek, akik kis mennyiségben fogyasztanak húst, de akadnak olyanok is, akik teljesen mellőzik a húsfogyasztást, azaz vegán étrendet követnek.

Az étrendben megengedhető rugalmasság azért kiemelendő szempont, mivel a hús vagy különböző állati termékek fogyasztását teljesen kizáró étrendek követésénél nagyobb odafigyelésre és alapos étrend-tervezésre lehet szükség. Ezek az étrendek alacsony zsírtartalmú, többszörösen telítetlen n-3 zsírsavakat, kalciumot, jódot, cinket, vasat, B12- és D-vitamint tartalmaznak, melyek nélkülözhetetlenek az egészséges életmód fenntartásában (Petti et al., 2017). Míg a hús eredetű fehérje teljes értékűsége túl (azaz az összes a növekedéshez és egészség megőrzéshez szükséges esszenciális aminosav megtalálható benne), az előbb említett egyéb tápanyagokat, például ásványi anyagokat és vitaminokat is tartalmazza (Day et al., 2022).

Mivel a húsfogyasztást könnyebb csökkenteni, mint teljesen kizárni, a drasztikus életmódváltás elkerülése érdekében ezen étrendek közül kiemelkedik a flexitáriánus diéta. Ez az elsősorban növényi alapú diéta magába foglalja az állati eredetű termékeket, például a tejet, a tejtermékeket és a tojást, miközben mérsékelt mennyiségű, azonban kiváló minőségű hús és húskészítmény

fogyasztását is lehetővé teszi (Dakin et al., 2021). A flexitáriánus étrend ajánlott követését számos kutatás is alátámasztja. A Cámara és mtsai. (2021) által végzett tanulmány a különböző országok FAO által kiállított étel-miszer-alapú étrendi irányelveit vizsgálja, hogy ezek mennyire felelnek meg a fenntarthatóság és az egészségmegőrzés elveinek. Az irányelvek a különböző étel-miszercsoportokra vonatkozó rövid ajánlások az alultápláltság megelőzésére, az emberi egészség megőrzésére, valamint a negatív környezeti hatások csökkentésére összpontosítanak, ezáltal a fenntarthatóságot előtérbe helyezve. Ilyen ajánlások például egy változatos, kiegyensúlyozott étrend követése, főleg növényi eredetű táplálékon alapuló étrend követése, illetve mérsékelt mennyiségű hús és húskészítmény, valamint tejtermék fogyasztása.

3.1.5. Fenntartható étrend hatása az állattartás kérdéseire

Az áttérés egy fenntartható, állati eredetű termékeket csak kismértékben fogyasztó étrendre jelentős hatással lehet az egészségünk mellett számos környezeti tényező alakulására is. Az állattartás fenntarthatósága komoly kihívásokkal néz szembe, különösen a földhasználat, a takarmányozás és az erőforrások kérdéseiben. Az alábbiakban az ehhez kapcsolódó Kennady és mtsai. (2023) által megfogalmazott problémákat és azok lehetséges hatásait fejtem ki.

Földhasználat

Az intenzív állattartás miatt a legelők túlzott mértékű használata csökkenő termékenységhez, a föld degradációjához vezethet, ami hosszabb távon kevesebb használható földterületet eredményezne. Emellett a haszonállatok takarmányozására fordított földterület az összes még művelhető földterület közel harmadát igénybe veszi (Hossain et al., 2020).

Takarmányozás

Az állati termékek iránti megnövekedett kereslet és a szántóterületek ebből eredő túlzott mértékű kihasználtsága fokozza a nyomást a takarmánynövényekre is, ami potenciális hiányhoz vezethet. Emellett még olyan kihívásokkal néznek szembe, mint a vízhiány. A föld vízkészletének jelentős részét, nagyjából 70%-át az állattenyésztés használja (Handley, 2023), az ezzel járó öntözési problémák súlyosbíthatják ezeket a problémákat azáltal, hogy kimerítik a növények növekedéséhez szükséges vízkészleteket (FAO, 2020). A szója, amely a haszonállatok egyik legfontosabb fehérjeforrása (FAO, 2004), a klímaváltozás következtében egyre nagyobb veszélybe kerül. Hüvelyes növényként vízigénye jelentős, így a melegebb és szárazabb éghajlati körülmények között az öntözése elengedhetlenné válik (Kennady et al., 2023).

Környezeti terhelés

Twine (2021) elemzése szerint a FAO korábbi becslése az állattenyésztésből származó üvegházhatású gázok kibocsátásáról, amelyet korábban 14,5%-ban határoztak meg, elavult. Az alsó határértéket frissíteni kell, és legalább 16,5%-ra kell emelni. Az állati termékek feldolgozása és szállítása során jelentős mennyiségű CO₂ gáz termelődik, de a nagymértékű gázkibocsátás legfőbb kiváltó oka az erdő területek legelővé és takarmányozásra szánt földterületté való alakítása. Az üvegházhatású gázok kibocsátása pedig a globális klímaváltozás elsődleges oka (Kennady et al., 2023).

Klímaváltozás

Az állattenyésztés és takarmánynövény termesztés okozta éghajlatváltozás miatt a hagyományos takarmánynövények (pl. kukorica, búza) termés hozamai is csökkenhetnek. Egyes területek, ahol eddig kedvezőek voltak a termesztési feltételek, a jövőben már nem lesznek alkalmasak megfelelő mennyiségű és minőségű takarmánynövény előállítására (Kennady et al., 2023).

Az alternatív táplálékforrások, mint például a rovarok bevezetése az állatok és emberek táplálkozásába hatékony megoldást jelenthet ezekre a kihívásokra. Segíthetne csökkenteni a túlzott húsfogyasztást, miközben mérsékelné a takarmányellátásból adódó problémákat is.

3.2. Rovarok élelmiszer-előállítás célú felhasználhatósága

3.2.1. Engedélyek, szabályozás

Míg a világ számos részén a rovarfogyasztás évszázadok óta bevett gyakorlat, Európában ez egy viszonylag új terület, amelyet az Európai Unió szigorú szabályozási rendszerei irányítanak. Az utóbbi években az EU jelentős lépéseket tett a rovarok élelmiszerként és takarmányként való felhasználásának szabályozására. A 2015/2283-as rendelet szerint az ilyen termékek az „új élelmiszerek” kategóriájába kerülnek, ezért forgalomba hozatalukhoz engedélyezési folyamat szükséges, kivéve, ha igazolható, hogy a rovarokat már 1997. május 15-e előtt fogyasztották az EU-ban. Mivel azonban az Európai Unió egyik tagállama sem igazolt 1997 előtti jelentős rovarfogyasztást, minden esetben szükség van az engedélyeztetésükre. Az engedélyezés célja, hogy a rovarokat, mint alternatív fehérjeforrásokat az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság (EFSA) biztonságossági értékelését követően hozzák forgalomba. Az EFSA vizsgálatai felméri a rovarok termeléséből és felhasználásából eredő környezeti, mikrobiológiai és kémiai kockázatokat. A kockázatok a rovarfajtól, a táplálásukra használt anyagoktól, valamint a

betakarítási és feldolgozási folyamatoktól függően változhatnak (European Union, 2015). Az EFSA értékelését követően az Európai Bizottság pontosította az új élelmiszerek szabályozását, kimondva, hogy az új élelmiszerek kategóriájába tartoznak az egész rovarok, azok részei, valamint a belőlük előállított vagy izolált élelmiszerek is (Lotta, 2019). A rendelet szerint az engedélyezési kérelmet az Európai Bizottság bírálja el, ezt követően a kérelmezett termék forgalomba hozható. A kérelmező vállalkozás adatvédelmet is igényelhet az általuk benyújtott rovarokkal kapcsolatos információkra vonatkozóan, amely jelenleg öt évre szól. Az adott új élelmiszert ezen időszak alatt kizárólag az eredeti kérelmező forgalmazhatja, hacsak egy későbbi kérelmező nem szerez engedélyt a védett adatokra hivatkozás nélkül, vagy az eredeti kérelmező beleegyezésével nem kapja meg az engedélyt (European Union, 2015).

Az Európai Unióban jelenleg négy rovarfaj rendelkezik engedéllyel, amelyek mind adatvédelmi időszak alatt állnak: a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) és az alombogár (*Alphitobius diaperinus*) melyek lárva fázisa, és a keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*) és a házi tücsök (*Acheta domesticus*), melyek kifejlett fázisa engedélyezett élelmiszer. Összesen hat engedélyt adtak ki a négy fajhoz kapcsolódóan, melyek a 2. táblázatban láthatók (NÉBIH, 2025).

2. táblázat: Az EU-ban fogyasztásra engedélyezett rovarfajok és felhasználási formájuk listája. (Forrás: saját szerkesztés az Európai Bizottság rendeletei alapján (Európai Bizottság, 2023a, 2023b, 2022a, 2022b, 2021a, 2021b))

Rovar megnevezése	Engedély	Fejlődési fázis	Engedélyezett forma
<i>Tenebrio molitor</i>	EU 2021/882	lárva	szárított
<i>Tenebrio molitor</i>	EU 2022/169	lárva	fagyasztott, szárított és por
<i>Locusta migratoria</i>	EU 2021/1975	kifejlett rovar	fagyasztott, szárított és por
<i>Acheta domesticus</i>	EU 2022/188	kifejlett rovar	fagyasztott, szárított és por
<i>Acheta domesticus</i>	EU 2023/5	kifejlett rovar	részben zsirtalanított por
<i>Alphitobius diaperinus</i>	EU 2023/58	lárva	fagyasztott, pépesített, szárított és por

Az EFSA a rovarokból, meghatározott tenyésztési és elkészítési feltételek mellett készített élelmiszereket emberi fogyasztásra alkalmasnak nyilvánította. A rovarok így egészben alapanyagként és feldolgozott formában is forgalmazhatók. A rovarok bármelyik fázisát összetevőként tartalmazó élelmiszer címkéjén allergénként fel kell tüntetni a rovar, mint összetevőt jól látható helyen, a fogyasztók biztonságának megőrzése érdekében. Megnevezése mind latinul, mind a forgalmazó ország nyelvén kell történnjen (Európai Bizottság, 2021).

3.2.2. Rovarok felhasználási lehetőségei élelmiszeripari termékekben

A rovarok az élelmiszeriparban számos formában a termékek széles skálájában alkalmazhatók. Az ehető rovarokat gyakran csak húsalternatívaként emlegetik, azonban étrendünkbe jelentős fehérje- és energiaforrásként is beilleszthetők, például pékárukban, tésztafélékben vagy akár pizzák alapanyagaként is. Ezáltal hozzájárulhatnak a táplálkozási különbségek csökkentéséhez a fejlett és a fejlődő országok között, elősegítve a megfelelő tápértékű étrendhez való hozzáférést világszerte (House, 2019).

A fejlett országokban azonban a fogyasztók többsége nem fogadja el a hús rovarokkal történő teljes helyettesítését. Mancini és mtsai. (2022) vizsgálták a felhasználási lehetőségeket, és arra a következtetésre jutottak, hogy ebben az esetben kompromisszumot jelenthetnek a húsalapú termékek, mint például a kolbászok, húsgombócok és hamburgerek, amelyekben a hús csak részleges helyettesítése történik rovarokkal. Ezek a termékek 30-40% sáskát, lisztbogár lárvát vagy tücsköt tartalmazhatnak fagyasztott formában, míg szárított vagy porított formában ez az arány 10-16%. A húsutánzatok esetében a rovaralapú összetevők aránya már magasabb lehet, akár 50% szárított/porított, illetve 80% fagyasztott rovarból is állhatnak. Emellett engedélyt kértek rovaralapú növényi élelmiszerek, illetve olajos magvakból, diófélékből és hasonló magvakból készült snackek gyártására, amelyekben a megengedett maximális rovartartalom kifejezetten magas (EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens) et al., 2021). Az ehető rovarok felhasználási lehetőségei azonban nem merülnek ki az élelmiszerekben. Kísérletek folynak italokban, például sörben és egyéb alkoholos italokban, valamint sportolóknak szánt fehérjedús élelmiszerekben és fehérjeporokban történő alkalmazásukra is (Torres-Castillo and Olazarán-Santibáñez, 2023; Zielińska and Pankiewicz, 2023).

3.3. Rovarok felhasználásának élelmiszerbiztonsági és higiéniai kockázatai

3.3.1. Allergenitás

A rovarok emberi étrendbe való beillesztése során számos szempontot figyelembe kell venni, különösen az egészségügyi kockázatokat. Azok az emberek, akik allergiások a rákfélékre vagy a poratkára, allergiás reakciókat tapasztalhatnak a rovarokat tartalmazó élelmiszerek fogyasztása során. Verhoeckx és mtsai. (2014) vizsgálatokkal kimutatták, hogy ennek oka az úgynevezett keresztreaktivitás, ami azt jelenti, hogy az immunrendszer nem tud különbséget tenni a rovarokban és más fajokban található, hasonló szerkezetű fehérjék között. Az egyik

ilyen legfontosabb allergén a tropomiozin, amely egy izomépítő fehérje, megtalálható a rovarokban, a rákfélékben és a pókfélékben, de még a poratkákban is. Egy másik jelentős allergén az arginin-kináz nevű enzim, amely a rovarok energiatermelésében játszik fontos szerepet. Ez az enzim, akárcsak a tropomiozin, szerkezetileg hasonlít más gerinctelen állatok fehérjéihez, így növelve a keresztreakció esélyét (SLU et al., 2018).

Bizonyos rovarrészek, például a szárnyak és a lábak fogyasztása is óvatosságot igényel, mivel a rajtuk található kitin tüskék és maga a kitin, mint kemény, emészthetetlen rost fulladást, fizikai sérüléseket okozhatnak, sérthetik a bélfalat, sőt akár bélgyulladást is okozhatnak. A mechanikai veszélyeken túl ezek a tüskék kitin-kötő fehérjéket tartalmaznak, amelyek az olyan izomfehérjékkel együtt, mint a miozin és az aktin allergiás reakciókat válthatnak ki (Conway et al., 2024). A kitin fokozhatja az allergén-specifikus IgE antitestek termelődését, növelve az allergiás reakciók kockázatát. Ezért a rovarok megfelelő feldolgozása elengedhetetlen mind a fizikai, mind az immunológiai kockázatok minimalizálása érdekében. A rovarokban található kitin-kötő fehérjékhez hasonlóak megtalálhatók egyes hüvelyesekben, például a földimogyoróban és a szójában is, de ezek pontos szerepe az allergiás folyamatokban még nem teljesen ismert (Schlüter et al., 2017).

3.3.2. Szennyezőanyag akkumuláció

További kihívást jelent, hogy a melegítéssel járó feldolgozási eljárások, mint a főzés, sütés vagy forralás, nem tudják teljesen megszüntetni a rovarfehérjék allergén hatását. Sok allergén még a hőkezelés után is változatlan marad, és allergiás reakciókat okozhat (De Gier and Verhoeckx, 2018). Az allergének mellett a mikotoxinok, mint például a rákkeltő aflatoxinok, a dezoxinivalenol (DON), a zearalenon (ZEN) és a nehézfémek, például a kadmium, ólom, arzén és higany is hőálló tulajdonságokkal bírnak. Előfordulhat, hogy a rovarok olyan növényekkel táplálkoznak, amelyek gombák által termelt mikotoxinokkal vagy nehézfémekkel szennyezettek lehetnek, szennyezett talaj, víz vagy ipari hulladék által.

Amikor a rovarok ilyen szubsztrátumokat fogyasztanak a bennük található szennyezőanyagok bejuthatnak a szervezetükbe. Ezek a toxinok a rovarok típusától és a szennyezőanyag tulajdonságaitól függően kiválasztódhatnak, vagy bioakkumuláció során felhalmozódhatnak bennük. Ennek következtében a szennyeződések tovább juthatnak a táplálékláncban, a haszonállatok táplálkozásán keresztül, végül akár közvetlenül is az emberi étrendbe bekerülve (Evans and Shao, 2022). A mérgezőanyagoknak való kitettség, még alacsony koncentrációban is komoly egészségügyi kockázatokkal járhat, beleértve a daganatos megbetegedéseket, valamint

az idegrendszeri, immun- és hormonrendszeri problémákat (Schrögel and Wätjen, 2019). Így ezeknek a lehetséges allergén- és mérgeanyagoknak a hőállósága megnehezíti a rovarok élelmiszeripari felhasználását.

3.3.3. Mikrobiológiai kockázatok

Számos kutatás vizsgálta az emberi fogyasztásra szánt rovarok mikrobiológiai minőségét és biztonságosságát, elsősorban az ipari rovartenyésztésre fókuszálva. Mind a rovarok fejlődési szakaszait, mind a betakarítás utáni feldolgozási folyamatokat vizsgálták (Vandeweyer et al., 2021). A biológiai biztonsági kockázatokat a rovartenyésztés vagy -feldolgozás során nem csak a véletlen rájuk kerülő külső szennyeződések okozzák, hanem egyéb kórokozók is. A kórokozók rovarokra történő átjutása számos tényezőtől függ, beleértve a tápanyagukban jelenlévő kórokozókat, az adott rovarfajt és annak fejlődési szakaszait, de a tenyésztési és betakarítási módszerek hatása is jelentős. Garofalo és társai (2019) kutatásukban az új élelmiszerekre vonatkozó szabályozások keretében elsősorban a tenyésztett fajokra (lisztbogár, alombogár, házi tücsök, vándorsáska) fókuszáltak, és kimutatták, hogy a vadon betakarított rovarok általában nagyobb mikrobiális kockázatot jelentenek a tenyésztettekhez képest.

Kórokozók

A kutatások szerint a Bacillus nemzetségek, különösen a *B. cereus* csoport jelenti a legnagyobb élelmiszer-biztonsági kockázatot, ezt követik a Clostridium nemzetségek, majd a *Staphylococcus aureus*. Más élelmiszer eredetű baktériumokat csak ritkán jelentettek ehető rovarokban, ezért ilyen szempontból alacsony kockázatúnak tekintik őket (Garofalo et al., 2019). Lisztbogár lárvákkal végzett vizsgálatok kimutatták, hogy a *Listeria monocytogenes* a szubsztrátumról a lárva bélrendszerébe jutva ott nagymértékben elszaporodott (Mancini et al., 2019). Ezért a jelenlegi jogszabályok tiltják a trágya és az élelmiszer-hulladék felhasználását az élelmiszerként vagy takarmányként szolgáló rovarok esetében (Európai Parlament és Tanács, 2009). Bár a kórokozók jelenléte általában nem befolyásolja negatívan a lárvák életképességét (Mancini et al., 2019), az emberi fogyasztásra szánt élelmiszerek és az állati takarmányok biztonságára gyakorolt hatásuk miatt fogyasztásuk továbbra is kockázatos.

Gombák, vírusok, paraziták

A rovarok takarmányozása a gombás szennyezés esetén is befolyásoló tényező, amint ezt csirketápon vagy zöldség hulladékon nevelt katonalegyeken végzett tanulmányok is bizonyítják, a rovarokon ugyanis gombatelepeket mutattak ki (Varotto Boccazzi et al., 2017).

A vírusokat, prionokat és parazitákat sokkal kevésbé vizsgálták, de az eddigi eredmények arra utalnak, hogy a hepatitis-, noro- és a koronavírusok kockázata a tenyésztett rovarokban alacsony (Vandeweyer et al., 2020). Fekete katonalégy lárváin végzett vizsgálatok pedig megmutatták, hogy a paraziták fertőző formája a rovarok növekedése során csak nagyon alacsony arányban maradt fent a lárva bélcsatornájában, és mennyiségük még bebábozódás előtt elhanyagolhatóvá vált. Azonban a bélből kiürült életképes paraziták a lárvák testfelületén megtapadtak és nem pusztultak el. Ez bizonyítja, hogy a lárvák megmosása nem csökkenti a fertőzés kockázatát, egészen, belezés nélkül történő fogyasztásuk tehát továbbra is jelentős egészségügyi kockázatot jelenthet. (Müller et al., 2019).

Feldolgozás hatása a mikrobiológiai kockázatokra

A nevelési és betakarítási gyakorlatok mellett a feldolgozási módszerek is jelentősen befolyásolják a rovarok mikrobiális terhelését és a kapcsolódó kockázatokat. Különös figyelmet érdemelnek a spóráképző baktériumok, mint a *Bacillus cereus* csoport és a Clostridium fajok, amelyek ellenállnak a hagyományos hőkezelési és fertőtlenítési eljárásoknak. Az élelmiszerbiztonság szempontjából ezért kulcsfontosságú a betakarítás utáni higiénikus feldolgozás és a megfelelő technológiák alkalmazása (Vandeweyer et al., 2021).

Musca domestica (közönséges házilégy) fajon végzett vizsgálatok igazolták, hogy a legyek képesek emberi kórokozók felvételére és terjesztésére, ha szennyezett állattartó környezetben tartózkodnak. Vandeweyer és mtsai. (2021) áttekintésükben több kutatás eredményeit összegezve megállapították, hogy a *Salmonella enterica*-val fertőzött brojlertelepeken befogott legyek mintegy 20%-a hordozta a kórokozót, a legyek fertőzöttsége 4-7 nap után is meghaladta az 50%-ot. Ezenkívül a csirkefarmokról és sertéstelepekről származó legyek 40-50%-ában *Campylobacter* fajokat is kimutattak. Ezek az eredmények hangsúlyozzák a szigorú higiéniai előírások és tiszta tenyésztési körülmények fenntartásának elengedhetetlen szerepét a kórokozók rovarpopulációkba jutásának és terjedésének megelőzésében.

3.3.4. Élelmiszerbiztonsági rendszerek, üzemek felelőssége

A rovaralapú élelmiszerek az (EU) 2015/2283 rendelet alapján a „novel food” kategóriába tartoznak. Forgalomba hozatalukat az EFSA biztonságossági értékelése és engedélyezési folyamata előzi meg. Ez a szabályozás azonban elsősorban a késztermékre fókuszál, és kevésbé tér ki a higiénia, a gyártási és technológiai folyamatok részleteire. Az élelmiszerbiztonság a rovaralapú termékek előállításában komplex rendszerre épül, amely magában foglalja a higiéniai felelősségvállalást, a kockázatértékelést és a szabályozott minőségirányítást. Ennek

alapját a HACCP-rendszerek, a minőségbiztosítási előírások (ISO 22000, GMP, GHP), a nyomonkövethetőség és az engedélyezett takarmányalapanyagok használata adják, amelyek együtt biztosítják a szennyeződések megelőzését és a fogyasztók védelmét (Fraqueza and Patarata, 2017).

Ezt a szabályozási keretet egészíti ki a 852/2004/EK rendelet, amely az élelmiszeripari vállalkozások által az élelmiszerlánc minden szakaszában betartandó általános higiéniai követelményeket határozza meg, beleértve a Jó Higiéniai Gyakorlat (GHP) és a HACCP elveit is. A GHP olyan irányelvek összessége, amelyek biztosítják, hogy az élelmiszerek előállítása biztonságos és higiénikus környezetben történjen. Ez magában foglalja a személyes higiéniát, a létesítmények és berendezések tisztaságát, a kártevőirtást, a folyamatirányítást, a tárolási és szállítási feltételeket, valamint a hulladékkezelést. Mivel ezek az elvek az egész élelmiszerláncban alkalmazhatók „a termőföldtől az asztalig”, alapvető fontosságúak a rovaralapú termékek esetében is (SUSINCHAIN, 2023a).

A HACCP rendszer szerepe a rovarfeldolgozásban

A rovaralapú élelmiszerek biztonságának megteremtésében kulcsfontosságú a HACCP-rendszer bevezetése és működtetése. A feldolgozás során kritikus ellenőrzési pontok (CCP-k) közé tartoznak például a hőkezelési folyamatok, a csomagolás és tárolás lépései, amelyek a mikrobiológiai kockázatok csökkentését és a termék stabilitásának megőrzését szolgálják. Azonban a HACCP gyakorlati alkalmazása kihívást jelent, mivel a rovarok potenciális kórokozó- és szennyeződés-hordozók lehetnek. A higiéniai kockázatok pontos elemzéséhez és a CCP-k meghatározásához további kutatások szükségesek. A szennyeződés forrása lehet a takarmány, a tenyésztési környezet vagy a feldolgozási technológia, így a megfelelő higiéniai intézkedések, például az eszközfertőtlenítés, zárt termelési környezet és a személyi higiénia is kulcsszerepet játszanak a keresztszennyeződés megelőzésében (Fraqueza and Patarata, 2017).

Takarmány és nyomonkövethetőség szerepe

A rovarok takarmányának minősége meghatározó tényező a végtermék biztonsága és minősége szempontjából. A HACCP-rendszer egyik alapfeltétele a takarmány minőségének folyamatos ellenőrzése és dokumentálása. Az Európai Unió szigorúan szabályozza, hogy milyen alapanyagok használhatók fel. Tiltott például az állati eredetű melléktermékekkel, trágyával, szennyvíziszappal vagy növényvédőszer-maradványokat tartalmazó mezőgazdasági hulladékkal történő etetés. Ezek nehézfémeket, dioxinokat vagy kórokozókat juttathatnak be a rovarok szervezetébe, amely végső soron az élelmiszerláncba is bekerülhetnek. A

nyomonkövethetőség biztosítása (178/2002/EK rendelet) szintén alapvető követelmény: egy esetleges élelmiszerbiztonsági incidens során gyorsan azonosítani kell a szennyeződés forrását, legyen az etetési, a feldolgozás vagy a csomagolás folyamata (SUSINCHAIN, 2023a).

Fejlesztési kihívások

Mivel a rovaralapú élelmiszerek viszonylag új kategóriát képviselnek az élelmiszeriparban, a hagyományos állati termékekre kidolgozott higiéniai és minőségirányítási rendszerek nem mindig alkalmazhatók közvetlenül. A rovarok sajátos biológiai tulajdonságai és fejlődési szakaszai miatt sok esetben fajspecifikus szabályokra van szükség, ami a minőségirányítási rendszerek fejlesztését is nehezíti. A jövőbeni szabályozások és kutatások célja ezért olyan higiéniai és biztonsági előírások kidolgozása, amelyek kifejezetten a rovarfeldolgozás sajátosságaira épülnek, biztosítva a fogyasztók egészségének védelmét és az iparág fejlődését (Fraqueza and Patarata, 2017).

3.4. A teljes rovar vagy rovarlárva, mint alapanyag feldolgozása

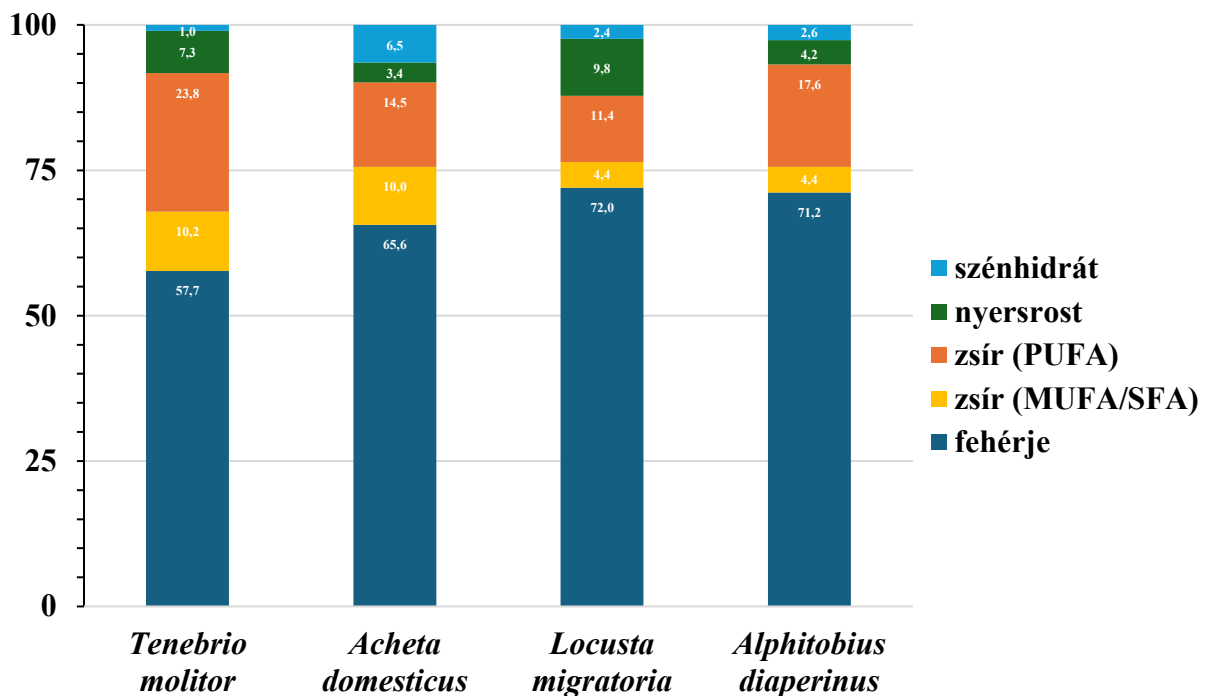
3.4.1. Rovarok makro- és mikroösszetétele a különböző fejlődési szakaszaik során

Az engedélyezett rovarfajok különböző fejlődési fázisainak külön-külön történő engedélyezése azért fontos, mert a kémiai összetételük jelentősen változhat az élelciklusuk során. Liu és mtsai. (2017) a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) teljes élelciklusán vizsgálták a tápanyag-összetétel változását, hogy megalapozottabb háttérrel biztosítsanak a rovar felhasználásához az élelmiszer- és takarmányiparban. A rovarok nyerszsír-tartalma a lárvákban érte el a csúcspontot, míg a nyersfehérje a kifejlett egyedeknél volt a legmagasabb. A lárvák zsír- és energiadúsabbak, míg a kifejlett egyedek fehérjében gazdagabbak voltak. Emellett az esszenciális zsírsavak és aminosavak értékei is jelentősen eltértek az életszakaszokban.

A Lisboa és mtsai. (2025) által több, mint 300 tanulmányból összeállított makrotápanyag-vizsgálat, mely eredményei a 3. ábrán összehasonlító diagramon láthatók, valamint Vehar és mtsai. (2025) vizsgálata szerint az Európai Unióban engedélyezett négy rovarfaj (*Tenebrio molitor*, *Acheta domesticus*, *Alphitobius diaperinus* és *Locusta migratoria*) szárazanyagban mért fehérjetartalma 55-75% között mozog. A lárvák (pl. lisztbogár, alombogár) energiadúsabbak, míg a házi tücsök és a vándorsáska soványabb, fehérjedús fajok.

3. ábra: Az engedélyezett rovarok hozzávetőleges makrotápanyag-eloszlása a szárazanyag-tartalomban (g/100 g).

(Forrás: saját szerkesztés Lisboa et al., (2025) alapján)



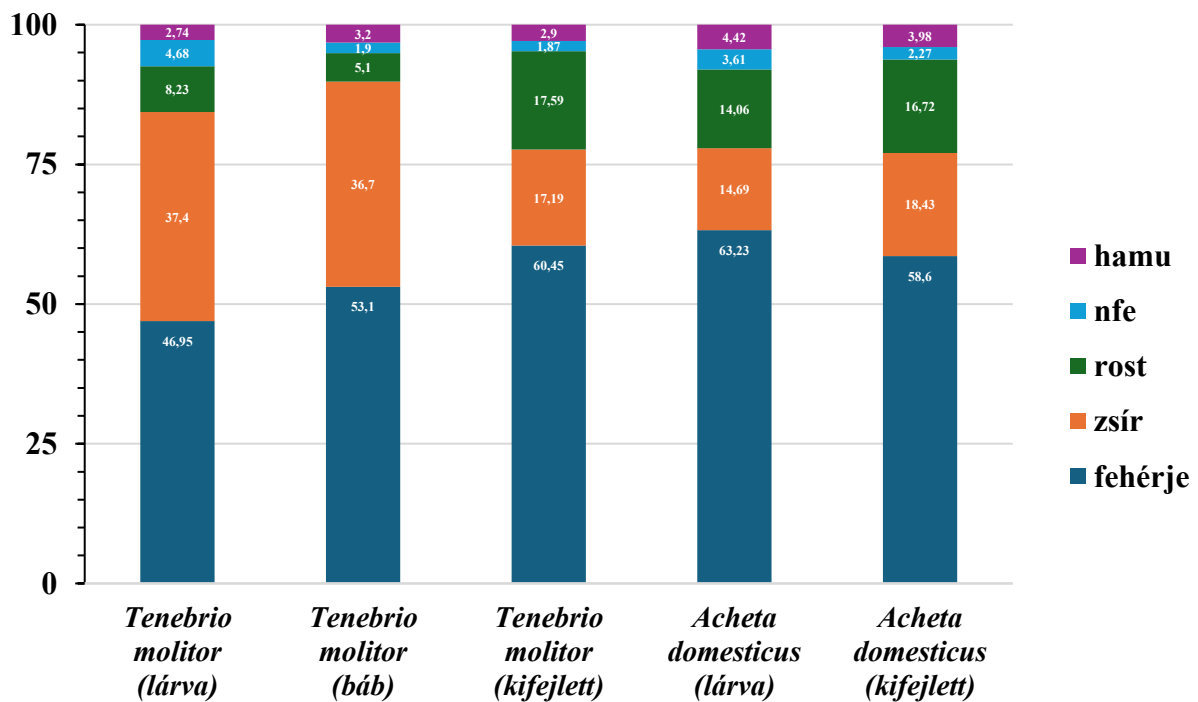
Hammer és mtsai. (2023) *Tenebrio molitor* és *Acheta domesticus* rovarokon végzett kutatása szerint a minimálisan feldolgozott, blansírozott rovarok ígéretes alternatív fehérjeforrások, mivel hasonló fehérje- és aminosav-összetételt, valamint in vitro emészthetőséget mutatnak, mint a csirkehús, bár DIAAS-értékük kissé alacsonyabb. Kedvező aminosav-értékük tehát a hagyományos állati fehérjékkel táplálkozás-élettani szempontból jól összevethető. Eredményeik bizonyítják, hogy a megfelelő feldolgozási technológia kulcsfontosságú a rovarfehérjék minőségének megőrzésében.

Kutatások (Huang et al., 2025; Vehar et al., 2025) kimutatták, hogy az egyes rovarfajok között a zsírtartalom mennyiségében és minőségében jelentős különbségek figyelhetők meg. A lisztbogár és az alombogár magasabb, 30% körüli lipidtartalmú, míg a házi tücsök és a vándorsáska alacsonyabb zsírtartalmú, de kedvezőbb zsírsavprofilú fajok, a kiegyensúlyozott n-6:n-3 esszenciális zsírsav arányuk táplálkozás-élettani szempontból kifejezetten kedvező. A kutatások szerint a rovarok ásványianyag-tartalma is eltér a fejlődési fázisokban. A kifejlett egyedek általában több ásványianyagot és hamut tartalmaznak, mint a lárvák. A vándorsáska magasabb hamutartalma kalcium- és magnéziumban gazdag összetételre utal, míg a házi tücsök kedvező Ca:P arányt mutat.

Rumpold és Schlüter (2013) feltételezése alapján tápanyag-összetétel eltérés nemcsak a fajok közötti különbségekből eredhet, hanem az eltérő ivarból, takarmányokból, származási helyekből és fejlődési fázisokból, valamint a mérési módszerek különbségeiből is. Ilyen különböző fejlődési fázisokból eredő eltérést szemléltet a 4. ábrán bemutatott két rovar makrotápanyag eloszlása. Emellett a betakarítási időszak, például a vándorló fajok vándorlási- és a nőstények tojásrakási stádiuma is befolyásolhatja az összetételüket (Xu et al., 2024).

4. ábra: A méréseimben szereplő rovarok különböző fejlődési stádiumainak hozzávetőleges makrotápanyag-eloszlása a szárazanyag-tartalomban (g/100 g).

(Forrás: saját szerkesztés Rumpold and Schlüter, (2013) alapján)



A fajspecifikus különbségek alapján a rovarfaj kiválasztását a céltermék táplálkozási és funkcionális követelményeihez kell igazítani. Ezek az eltérések a feldolgozás és a végtermék fejlesztése szempontjából különösen fontosak, például takarmányozási vagy funkcionális élelmiszerek esetében. A lisztbogár és az alombogár lárvák magas zsirtartalmuk miatt energiadús összetevőként alkalmazhatók (pl. energiaszeletekben, takarmányokban), míg a házi tücsök és a vándorsáska sovány, fehérjedús forrásként előnyösek fehérjeporokban vagy fehérjeszeletekben. A különböző fejlődési szakaszokhoz tehát eltérő feldolgozási technológiák szükségesek, így további kutatások indokoltak a tápérték optimalizálása és a rovarok emberi étrendbe való beillesztése érdekében.

3.4.2. Takarmány-szabályozás hatása az ehető rovarok tápértékére

Az ehető rovarok étrendjének módosítása hatékony módja a tápértékük javításának és a fenntarthatóbb, körforgásos gazdaság támogatásának. López-Gámez és mtsai. (2024) számos rovarfaj takarmányának változtatását vizsgálták, köztük a *Tenebrio molitor* és az *Acheta domesticus* takarmányozását is, kutatásuk pedig kimutatta, hogy a rovarok fehérje- és zsírtartalmát jelentősen befolyásolhatja a takarmány típusa. Az élelmiszeripar fehérjében gazdag melléktermékein, mint például szeszfőzdei szárított gabonatörkölyön, préselt repcepogácsán vagy sörélesztőn alapuló takarmányokon etetett rovarok fehérjetartalma nő, zsírtartalma pedig csökken a hagyományos gabonaalapú étrenddel etetett rovarokéhoz képest. Az élesztőalapú takarmányok biztosították a legmagasabb fehérjetartalmat, a *T. molitor* esetében a szárazanyag-tartalom meghaladta a 60%-ot, miközben csökkent a lipid felhalmozódás is. Az *A. domesticus* magasabb fehérjetartalmat és alacsonyabb zsírtartalmat mutatott, amikor sörfőzdei hulladékkal és más magas fehérjetartalmú melléktermékekkel etették. Eredményeik jól szemléltetik, hogy a takarmány-összetétel tudatos megválasztásával nemcsak a rovarok tápértéke növelhető, hanem az ipari melléktermékek újrahasznosítása, azaz egy fenntarthatóbb körforgásos termelési rendszer kialakítása is megvalósítható lenne.

3.4.3. Feldolgozási technológiák

A rovarok élelmiszerként és alapanyagként történő feldolgozása komplex technológiai folyamat, közvetlenül befolyásolja a termék minőségét, biztonságát és jogszabályi megfelelőségét. A feldolgozás a fajok és fejlődési fázisok gondos kiválasztásával kezdődik, mivel a fehérje-, zsír-, kitin- és ásványianyag-tartalom, valamint a lehetséges mikrobiológiai, allergén vagy toxikológiai kockázatok meghatározzák, mely technológiai eljárások alkalmazhatók hatékonyan. Így a technológia választás a végtermék tápértékét, funkcionális tulajdonságait és a feldolgozás sikerességét is befolyásolja (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Az előfeldolgozás minden feldolgozási útvonal alapvető lépése, amely a kiindulási alapanyag tisztaságát és stabilitását biztosítja. Ez a szakasz nemcsak az alapanyag-előkészítésben, hanem a végtermék minőségének meghatározásában is szerepet játszik. Magában foglalja a rovarok begyűjtését, takarmánymaradványoktól való elválasztását, 24 órás éheztetését a béltartalom kiürítése érdekében, a rovarok elpusztítását, esetlegesen a szárnyak és lábak eltávolítását, valamint a mosást. Az előkezelési technológiák célja a mikrobiális kockázatok csökkentése és a további feldolgozás hatékonyságának javítása. Ugyanakkor minden módszer befolyásolja a fehérjék, lipidek és a vitaminok stabilitását, valamint a végtermék érzékszervi tulajdonságait. A

rovarok elpusztításának módja is kiemelten fontos, mivel nagymértékben meghatározza a későbbi feldolgozás és a végtermék olyan jellemzőit, mint a mikrobiológiai állapot, a nedvességtartalom, a szín, az íz és az eltarthatóság (Melgar-Lalanne et al., 2019; Ojha et al., 2021).

A jelenlegi feldolgozási módszerek az élelmiszer- és takarmányiparban jól fejlett és bevált hőkezelési (blansírozás, szárítás, fagyasztás, liofilizálás...), mechanikai (darálás, préselés...) és frakcionálási (extrakció, centrifugálás...) módszerekre támaszkodnak (Parniakov et al., 2022). A hagyományos módszerek széles körben elérhetők és egyszerűen kivitelezhetők, ugyanakkor nagyobb tápanyagveszteséggel és minőségromlással járhatnak. A korszerűbb technológiák ezzel szemben jobban megőrzik a rovarok fehérje-, zsír- és rosttartalmát, csökkentik a mikrobiális terhelést, és kedvezőbb színt, állagot és ízt eredményeznek, bár alkalmazásuk költségesebb és technológiailag összetettebb (Melgar-Lalanne et al., 2019).

Az előkezelési eljárások közül a blansírozás az egyik legelterjedtebb, mivel hatékonyan inaktiválja az enzimeket, csökkenti a mikrobiális terhelést és javítja a színtabilitást, így gyakran alkalmazzák szárítás előtt. A fagyasztás kíméletes módszer, amely jól megőrzi a tápanyagokat, ugyanakkor a jégkristályok képződése a szerkezet károsodásához és barnuláshoz vezethet (Rumpold and Schlüter, 2013).

A szárítási technológiák célja a vízaktivitás csökkentése, a termék stabilitásának növelése és a mikrobiológiai kockázatok mérséklése. Az egyszerűbb módszerek, például a napon szárítás, olcsók és könnyen kivitelezhetők, azonban jelentős vitaminveszteséggel, oxidációval és korlátozott mikrobiális kontrollal járnak. A magasabb hőmérsékletű szárítási módok (pl. sütőben vagy mikrohullámban) hatékonyabbak mikrobiológiai szempontból, de fokozzák a Maillard-reakciókat, a fehérje denaturációt és a vitaminvesztést. Az ipari méretekben alkalmazott technológiák, mint a fluidágyas szárítás, habár nagyon hatékonyak, a magas hőmérséklet hatására itt is bekövetkezhet roncsolódás. A legjobb tápanyagmegőrzést a fagyasztva szárítás és a vákuumszárítás biztosítja, amelyek minimális barnulással és színváltozással járnak, viszont költséges és időigényes eljárások (Thanasakran et al., 2025).

Azonban a növekvő kereslet kielégítéséhez már szükséges lenne az ipari méretű feldolgozás, amely szabványosított alapanyagokat és gyártástechnológiákat, valamint szabályozási kereteket igényel. A legújabb fejlesztések már a rovarokból származó funkcionális összetevők, mint például a fehérjeporok és a hús- és tejtermék-alternatívákhoz való texturált fehérjék előállítására összpontosítanak (Kurek et al., 2022; Melgar-Lalanne et al., 2019).

3.4.4. Új technológiai lehetőségek a rovarfeldolgozás területén

Az újonnan megjelenő feldolgozási technológiák innovatív, nem termikus alternatívákat kínálnak a hagyományos rovarfeldolgozással szemben, céljuk a biztonság, a minőség és a hatékonyság javítása, miközben csökkentik a környezeti terhelést. Bár a hagyományos feldolgozás továbbra is domináns az egyszerűség és a megbízhatóság miatt, az olyan innovatív technikák, mint a hideg léghőmérsékletű plazma (CAPP), a nagy hidrosztatikai nyomás (HHP), a pulzáló elektromos tér (PEF) és az ultrahang több feldolgozási szakaszban is ígéretesnek bizonyultak.

A nagy hidrosztatikai nyomású technika (HHP) a mikroorganizmusok sejtfalát roncsolja, ezáltal inaktiválva azokat és fokozza a lipid- és fehérje-extrakciót a fehérje allergénitálásának csökkentésével együtt, emellett megakadályozhatja az enzimatikus barnulást is (Ojha et al., 2021). A pulzáló elektromos mezőben történő kezelés (PEF) fokozza a zsírcseppek homogén eloszlását és a sejtek áteresztő képességét, ezáltal csökkenti a mikrobiális terhelést. Emellett a PEF-kezelés során nem észleltek a bioaktív komponensekre ható negatív hatást sem, de bizonyos esetekben színváltozást vagy szerkezeti módosulásokat is okozhat (Parniakov et al., 2022). Az ultrahang felhasználható az extrakció hozamának növelésére azért, hogy üregeket hoz létre a szövetekben, és elősegíti a sejtfalak lebomlását. Az ultrahangot más kezelésekkel kombinálva a sterilizálásban és az enzimek inaktiválásában is alkalmazzák, lehetővé téve az eltarthatóság meghosszabbítását az élelmiszer érzékszervi tulajdonságainak megváltoztatása nélkül. Módosíthatja a zsírsav- és a fehérjeszerkezetet, ami jobb minőségű és funkcionálisabb összetevőket eredményez. Azonban nem megfelelő alkalmazása a hőmérséklet emelkedését okozhatja, ami negatív hatással van a tápértékre és az érzékszervi tulajdonságokra (Dong et al., 2021). A hideg léghőmérsékletű plazma (CAPP) lehetővé teszi a hőérzékeny termékek eltarthatóságának növelését, spórák és bizonyos enzimek inaktiválásával, valamint az allergének, peszticidek és mikotoxinok eltávolítására is alkalmazható. Ugyanakkor elősegítheti a lipioxidációt, ami ízhibákhoz vezethet. (Ojha et al., 2021).

Összességében ezek az új élelmiszer-feldolgozási technológiák kiegészíthetik vagy helyettesíthetik a hagyományos módszereket, javítva a rovaralapú termékek biztonságát, tápértékét, funkcionalitását és érzékszervi tulajdonságait, ezáltal fogyasztói elfogadottságát is, így lehetne biztosítani a különféle fogyasztási igényeknek megfelelő széles választékot (Liceaga, 2021). Ugyanakkor a hiányos tapasztalati ismeretek, a szabályozási követelmények és a magas beruházási költségek jelentős kihívást jelentenek.

A rovarok nem csak kiváló fehérjeforrások, hanem értékes olajokat is tartalmaznak, így fehérje- és zsírtartalmú összetevőik élelmiszeripari és ipari célokra egyaránt hasznosíthatók. A különböző tápanyagfrakciók elkülönítésére számos extrakciós módszer alkalmazható, amelyek célja a hozam maximalizálása és az olajminőség megőrzése. A módszer megválasztása a rovar zsírösszetételétől és az olaj tervezett felhasználásától függ. A leggyakrabban alkalmazott eljárások közé tartozik a vizes és oldószeres extrakció (Folch-, Soxhlet-), az enzimes kezelés, a száraz frakcionálás, a mechanikus préselés, az ultrahangos és a szuperkritikus CO₂-extrakció (Melgar-Lalanne et al., 2019; Ojha et al., 2021).

Az olaj eltávolítása elősegíti a fehérje kinyerését (Liceaga, 2021). A fehérjeextrakció hatékonyságát a rovarfaj, a feldolgozási módszer és az oldószer típusa befolyásolja. A lúgos extrakció (pH 10-12) magas oldhatóságot biztosít, de ronthatja a fehérjék minőségét, ezért gyakran alkalmaznak enyhébb, például NaCl-alapú vizes módszereket, amelyek megőrzik a fehérje funkcionális tulajdonságait, mint az emulgeáló- és habképző képesség (Ojha et al., 2021).

A technológiákat elsősorban rovarlárvák zsírtalanítására fejlesztették ki, így alacsony zsírtartalmú liszt, valamint értékes lipidek és kitin nyerhető ki. A kitin eltávolítása növeli a liszt fehérjetartalmát, ezáltal javítja annak techno-funkcionális tulajdonságait (Sindermann et al., 2021). A rovarliszt és por alkalmazása az élelmiszer-előállításban segíthet csökkenteni a fogyasztók idegenkedését a rovarfogyasztással szemben (Roma et al., 2020).

3.4.5. Kitin szeparáció technológiai kérdései

A kitin egy nitrogéntartalmú poliszacharid mely a rovarok külső vázának (exoskeleton) fontos építőeleme. Fehérjékkel együtt kemény, emészthetetlen kutikulát alkot. Az emberi vékonybélben a kitin nem képes lebomlani vagy felszívódni, ami két jelentős következménnyel jár, egyrészt csökkentheti a fehérjék emészthetőségét, másrészt megnehezíti a rovarok emészthető fehérjemennyiségének pontos meghatározását. A Kjeldahl-módszerrel végzett N-alapú fehérjetartalom becsléséhez mért nitrogén egy része az emészthetetlen kitinből származik, ezért a hagyományosan használt 6,25-ös konverziós faktor túlbecsüli a valódi fehérjetartalmat. A pontosabb érték meghatározásához a kitin nitrogéntartalmát le kell vonni, és fajspecifikus, alacsonyabb konverziós tényezőt kell alkalmazni (Rodríguez-Rodríguez et al., 2022). Éppen ezért felmerülhet a kérdés, hogy a kitin eltávolítása vajon javítaná-e a fehérje emészthetőségét és biológiai hasznosulását, hogy a rovar értékeesebb táplálékforrássá váljon? Ezt próbálták meg kutatásukkal kideríteni Hammer és mtsai. (2023), akik a lisztbogár lárva és a házi tücsök fehérje

és kitin emészthetőségét vizsgálták. Megállapították, hogy mindkét faj fehérje emészthetősége magas, azonban a kitin jelenléte ezt a tulajdonságot negatívan befolyásolhatja. Ennek feltárására a kutatók megpróbálták csökkenteni a kitin tartalmát a rovarmintákban. Habár sikerrel jártak, ez a folyamat jelentős változásokhoz vezetett a rovarok általános tápérték összetételében. Ez magába foglalta a zsírtartalom növekedését, a fehérjeszint csökkenését, valamint a fehérje összetételének és az esszenciális aminosav-tartalmának a megváltozását.

Ezek az eredmények arra utalnak, hogy bár a kitin eltávolítása bizonyítottan javítja a fehérje emészthetőségét, a rovarok tápértékeinek összetett összefüggései miatt további kutatásokra van szükség a kitintartalom pontos szerepének és hatásainak megértéséhez. A lisztben található fehérjének a kitin tartalma a termék techno-funkcionális jellemzőit is befolyásolja, mint például a gélképző-, habképző-, emulzióképző képesség és az oldhatóság, azonban már számos módszerrel próbálkoznak a kitin tartalom csökkentésére (Liceaga, 2019).

3.4.6. A kitin és kitozán bioaktivitása, funkcionális tulajdonságai és alkalmazásai

A teljes rovarokból készült liszt természetes módon tartalmaz kitint, mely a fehérje izolálása során az oldhatatlan frakcióban marad. Bár a kitin csökkentheti az ásványi anyagok biológiai hozzáférhetőségét, hozzájárul az élelmi rostbevitelhez, és megfelelő feldolgozással kitozánná tisztítható, mely kiemelkedő funkcionális tulajdonságokkal bír, így számos élelmiszeripari célra hasznosítható (Lisboa et al., 2025). Magas víz- és zsírmegkötő képességük lehetővé teszi alkalmazásukat természetes textúramódosítóként, zsírhelyettesítőként és stabilizátorként feldolgozott húsokban, növényi alternatívákban, fehérjeszeletekben és más fehérjedús készítményekben. Antimikrobiális és gombaellenes hatásuk révén természetes tartósítószerként szolgálhatnak, csökkentve a mikrobiális romlást és a lipioxidációt. Filmképző tulajdonságaik miatt ehető bevonatok és biológiailag lebomló csomagolások fejlesztésére is alkalmasak, továbbá szerkezetük lehetővé teszi bioaktív anyagok kapszulázását és italok derítését. Bioaktív hatásuk révén a kitin és a kitozán támogatja az immunsejtek aktiválását, elősegíti a sebgyógyulást, valamint antioxidáns tulajdonságaik miatt daganatellenes, öregedésgátló és immunmoduláló hatásúak (Mohan et al., 2020). Összességében a rovareredetű kitin és kitozán multifunkcionális, fenntartható alapanyag, amely megoldás lehet a következő generációs élelmiszerek, csomagolások és gyógyszerészeti alkalmazások számára.

4. Anyag és módszer

4.1. A munka során felhasznált anyagok

Alapanyagok

- kereskedelmi forgalomból származó, előre csomagolt sovány sertés darálthús (<7% zsírtartalom)
- főtt burgonya
- fagyasztott, hőkezelt és liofilezéssel szárított házi tücsök (kifejlett, kereskedelmi forgalomból származó)
- fagyasztott, hőkezelt és liofilezéssel szárított lisztbogár lárva (Debreceni Egyetem)
- Konyhavarázs Fokhagymás-borsos fűszerkeverék (összetevők: étkezési só, fokhagymapor, őrölt feketebors, fokhagyma granulátum, dextróz, fűszerpaprika féltermék granulátum, kukoricakeményítő, fűszerek)
- Lucillus füstölt, őrölt fűszerpaprika

4.1.1. Húskrém modell elkészítése

A húskrém, mint rögzített megnevezés jelenleg nem szerepel a Magyar Élelmiszerkönyv 1-3/13-1 számú előírása a húskészítményekről és egyes előkészített húsokról fejezetében. A kísérleti minta összeállításában így szélesebb a lehetőség a kísérletezésre. Ennek megfelelően próbáltam alacsonyabb zsírtartalmú darált húsból kiindulni és természetes alapanyagokat és hagyományos ízvilágú fűszerkeveréket felhasználni. A fűszerezés nem csak az ízvilág kialakításáért felel, hanem jelentősen befolyásolhatja a termék színét, ezáltal a fogyasztói kedveltségre is hatással lehet.

A vizsgálathoz különböző arányú rovarfehérje-tartalmú húskrémmodelleket állítottam elő, melyek alapanyagául zsírszegény (<7% zsírtartalmú) darált sertéshús, főtt burgonyából készült burgonyapüré, valamint fagyasztott, hőkezelt majd szárított rovarból előállított rovarlisztek szolgáltak. A burgonyát a laboratóriumban készítettem elő: hámoztam, kockáztam és bő vízben só nélkül megfőztem. A főtt burgonyát leszűrtem, villával összetörtem.

A rovarokat (*Tenebrio molitor* és *Acheta domestica*) egészben, fagyasztott formában tárolva kaptam. A tárolt rovarmintákat visszamelegedést követően vákuumfóliában 80°C-os vízfürdőben 30 percig hőkezelttem, majd liofileztem. Felhasználás előtt kávédarálóban finomra őröltem.

A keletkezett rovarlisztet 1%-os nátrium-aszkorbát oldattal hígítottam, amelynek célja az oxidációs folyamatok lassítása és a termékek színének megőrzése volt. A lisztbogár lárvá liszt 35 grammjához 50 ml Na-aszkorbát oldatot, a tücsök liszt 35 grammjához pedig 95 ml oldatot kevertem, egy megfelelő „homogén” krémes állag eléréséig. A rovar lisztek rehidratálás előtti és utáni állapota az 5. és 6. ábrákon láthatók.

5. ábra: Tücsök liszt

(Forrás: saját kép)



6. ábra: Rehidratált lisztbogár lárvá liszt

(Forrás: saját kép)



A darálthúst kevés vízben pároltam, majd késes darálóban homogenizáltam, a főtt burgonyát pépesítettem, ezután 80:20 arányban húskrémmel keveréket készítettem. Ezután a húskeverékhez hozzáadtam a rovar keveréket, hat különböző rovarliszt-mennyiségben: 0% (T0, L0), 5% (T5, L5), 10% (T10, L10), 20% (T20, L20), 50% (T50, L50) és 100% (T100, L100). Minden mintába 1,5 g fűszerkeveréket és 0,5 g fűszerpaprikát kevertem ízesítés gyanánt. A keverékeket egységes, 52 grammos adagokban (50 g krém, 2 g fűszer), hőálló üvegekbe töltöttem, majd zárt rendszerű vízfürdőben hőkezeltük 80 °C-on 45 percig. A különböző minták pontos összetétele a 3. táblázatban látható, az összes elkészített minta pedig a 7. ábrán látható.

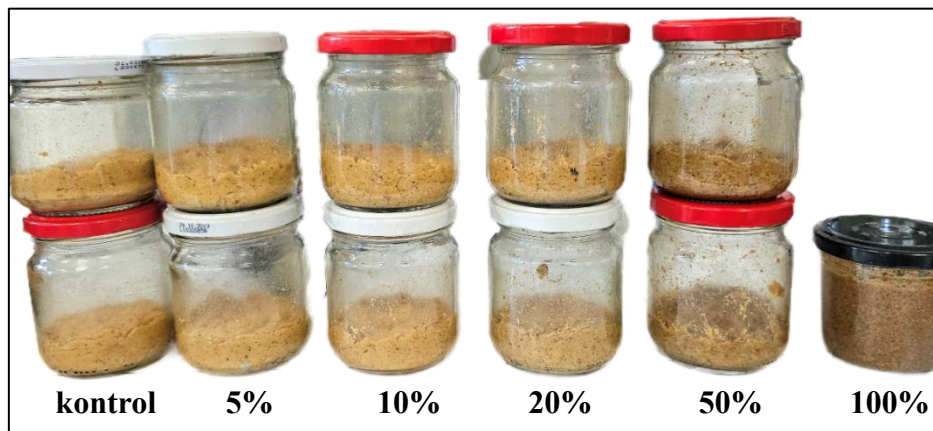
3. táblázat: A hat különböző minta összetétele a különböző alapanyagok mennyiségei alapján.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérés alapján)

a minta rovertartalma	húskeverék (g)		rovar (g)
	darálthús (g)	krumplipüré (g)	
0% (kontroll)	40	10	0
5%	38	9,5	2,5
10%	36	9	5
20%	32	8	10
50%	20	5	25
100%	0	0	50

7. ábra: Lisztbogár lárvá liszt különböző koncentrációinak felhasználásával elkészített húskrémek.

(Forrás: saját kép)



4.2. A munka során alkalmazott módszerek

4.2.1. Színmérés

A szín egy kulcsfontosságú minőségi tulajdonság, amely befolyásolja a fogyasztók érzékelését és véleményét egy étellemszerrel kapcsolatban, mivel a szín gyakran tükrözi a frissességet, valamint a hő vagy tárolás miatti esetleges minőségromlást. A vizuális megjelenést ezért széles körben használják a termék- és a feldolgozás minőségének jelzőjeként (Pathare et al., 2013).

Általánosságban elmondható, hogy az egyes étellemszertermékekhez a fogyasztók meghatározott színtulajdonságokat társítanak. A színek érzékelése azonban szubjektív, az emberek sokféleképpen értelmezik a színek kifejeződését, így a szín érzékszerveinken alapuló meghatározása nem biztos, hogy elég pontos. A színmérés a vizuális értékelés mellett műszeres elemzéssel is elvégezhető. Ebben az esetben a műszerek a színt a színkoordináták segítségével fejezik ki (Pathare et al., 2013).

A színmérésemet Minolta CR-410 koloriméterrel végeztem, amely a Hunter Lab színtérben (L^* , a^* , b^*) három paraméter segítségével közelíti meg az emberi színérzékelést. Az L^* paraméter a világosságot jelöli (0=fekete, 100=fehér), az a^* a vörösséget ($+a^*$) vagy zöldességet ($-a^*$), a b^* pedig a sárgasságot ($+b^*$) vagy kékeséget ($-b^*$). Ezekből az elsődleges koordinátákból kiszámítottam a chromát (C^*), a színkülönbséget (ΔE), a sárgasági indexet (YI) és a barnulási indexet (BI).

A chroma másnéven színtelítettség a színek élénkségét jelenti. Egy színárnyalat és egy azonos világosságú szürke szín közötti különbség mértékét adja meg. Minél magasabb az érték, annál nagyobb a minták színintenzitása, amelyet az emberek érzékelnek.

Számítása az alábbi egyenlettel történik (Pathare et al., 2013):

$$C = \sqrt{a^{*2} + b^{*2}} \quad (1)$$

A sárgasági index a minta színének a fehértől vagy színtelentől a sárga felé történő eltolódásának mértékét adja meg. A sárgaság a gyártás, feldolgozás, hőkezelés során bekövetkező szennyeződés, fény, hő vagy vegyi anyagok által okozott színváltozással hozható összefüggésbe. A sárgasági indexeket elsősorban az ilyen típusú lebomlás egyetlen értékkel történő kifejezésére számolják ki, a következő egyenlettel (Pathare et al., 2013):

$$YI = \frac{142,86 \times b^*}{L^*} \quad (2)$$

A barnulás is fontos jelenség az élelmiszer-kezelés és -feldolgozás során. A sárgasági indexnél említett okokból kifolyólag befolyásolhatja a megjelenést. Ezért mérésére barnulási indexet számolunk, az alábbi egyenlettel (Pathare et al., 2013):

$$BI = 100 \times \left(\frac{X - 0,31}{0,17} \right) \quad (3)$$

ahol

$$X = \frac{(a^* + 1,75L)a}{5,645L + a^* - 3,012b^*} \quad (4)$$

A teljes színkülönbség (ΔE) a kontroll és a vizsgálandó minták közötti színkülönbség nagyságát jelzi. A teljes színkülönbséget a következőképpen számítjuk ki (Pathare et al., 2013):

$$\Delta E^* = \sqrt{\Delta a^{*2} + \Delta b^{*2} + \Delta L^{*2}} \quad (5)$$

4.2.2. Nyersfehérje-tartalom meghatározás

A húskrémekek nyersfehérje-tartalmának méréséhez a Kjeldahl-féle roncsolásos módszert alkalmaztam, az AOAC 2001.11C szabványnak megfelelően. Ezzel a módszerrel a minta összes szerves N-tartalmából lehet nyersfehérje tartalmat számolni. Azonban mivel a rovarok N-tartalmának egy része az emészthetetlen kitinből származik, fajspecifikus faktorokat kell alkalmaznunk, így a teljes lisztbogár lárva esetében 5,08-as faktorial, a házi tücsöknél pedig 5,17-es faktorial számoltam a SUSINCHAIN (2023b) által ajánlott értékek átlaga alapján.

A mérést a Behrotest roncsoló és desztilláló berendezésben végeztem AOAC 2001.11C szabvány szerint. A bemért mintákat tömény kénsavval elroncsoltam, így a szerves nitrogén ammónium-ionná alakult. A keletkező felszabadult ammóniát ezután a desztilláló berendezésben (8. ábra) bórsavoldatban elnyelettem Tashiro indikátor jelenlétében, majd NaOH-val visszatitráltam a nitrogéntartalom meghatározásához. A titrálási folyamat során a színátcsapás pillanatát jól szemlélteti a 9. ábra, amelyen az indikátor által felvett különböző színekben láthatóak a mérési minták. A mérések eredményeiből az alábbi egyenletekkel számoltam ki a minták nyersfehérje-tartalmát:

$$Kjeldahl\ N\ (\%) = \frac{V_{sav} \times M_{sav} \times 14,01}{m_{minta} \times 10} \quad (6)$$

$$nyersfehérje\ (\%) = Kjeldahl\ N \times F \quad (7)$$

Ahol,

- V_{sav} : sósav fogyása (ml),
- M_{sav} : sósav molaritása (mol/l),
- 14,01: N atomtömege (g/mol),
- m_{minta} : bemért húskrémminta tömege (g),
- F: konverziós faktor.

8. ábra: Behrotest desztilláló berendezés.

(Forrás: saját kép)



9. ábra: Kjeldahl-módszerrel elroncsolt és átdestillált minták visszatitrálás előtt és után.

(Forrás: saját kép)



4.2.3. Nyerszsír-tartalom meghatározás

A nyerszsírtartalom méréséhez Soxhlet-extrakciót, egy gravimetriás módszert alkalmaztam. A módszer lényege, hogy a zsírmentes papírhüvelybe bemért mintát a készülékbe helyezzük, majd a mintából a zsírt petroléter extrahálószer segítségével nyerjük ki. A petroléter a készülékhez csatlakoztatott gömblombikban forralás, párologtatás és kondenzáció során folyamatosan kering, miközben kioldja a mintából a zsírokat. Az extrakció során tehát folyamatos párolgás és újrakondenzáció történik, miközben a kioldott zsírt tartalmazó oldószer visszaáramlik a lombikba. A folyamat befejeztével az oldószert elpárologtatjuk, és a visszamaradt zsírt tartalmazó lombikot szárítószekrényben szárítjuk, majd lehűtjük.

Fontos, hogy a mérést megelőzően megmérjük az üres gömblombik tömegét, a mérés befejeztével pedig a zsírt tartalmazó lombik tömegét. Ezekből az adatokból a következő egyenlet segítségével számítható ki a bemért minta nyerszsírtartalma:

$$\text{nyerszsír (\%)} = \frac{m_2 - m_1}{m_{\text{minta}}} \times 100 \quad (8)$$

Ahol,

- m_1 : üres gömblombik tömege (g),
- m_2 : zsírt tartalmazó gömblombik tömege (g),
- m_{minta} : bemért húskrém minta tömege (g).

5. Eredmények és kiértékelésük

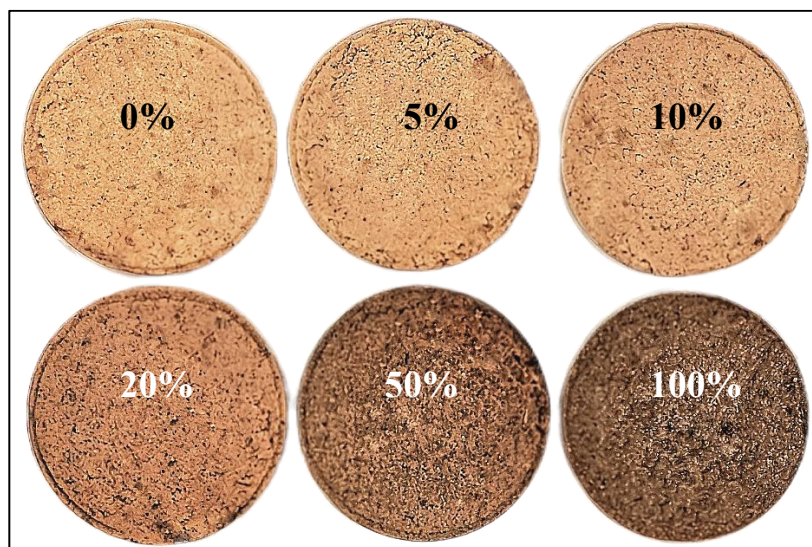
5.1. A húskrémek színmérés eredményei

Koloriméter segítségével megmértem a rovarokat különböző mennyiségben tartalmazó termékek L^* , a^* , b^* értékét, melyből ezután színtelítettséget, sárga- és barnaindexet számoltam. A rovarliszttekkel elkészített minták a 10. és 11. ábrán láthatók.

10. ábra: Tücsök liszt hozzáadásával készített, különböző koncentrációjú húskrémek.

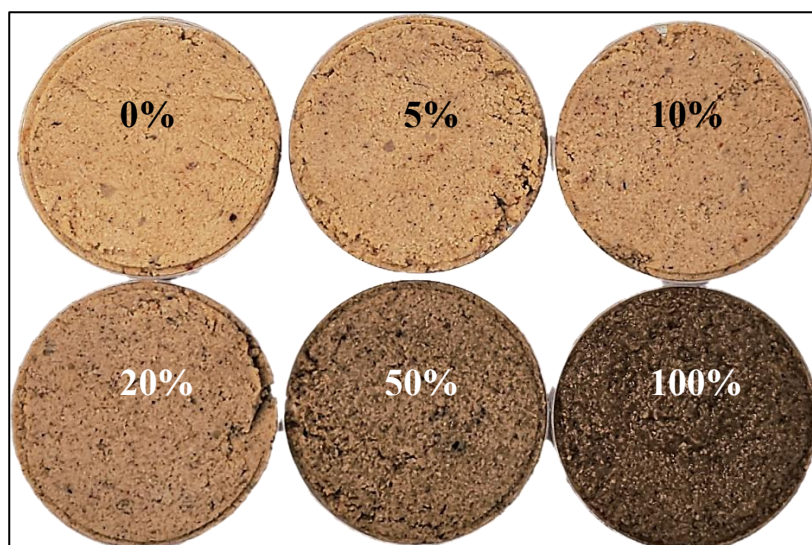
Növekvő rovartartalom balról jobbra, soronként.

(Forrás: saját kép)



11. ábra: Lisztbogár lárvá liszt hozzáadásával készített, különböző koncentrációjú húskrémek. Növekvő rovartartalom koncentráció balról jobbra, soronként.

(Forrás: saját kép)

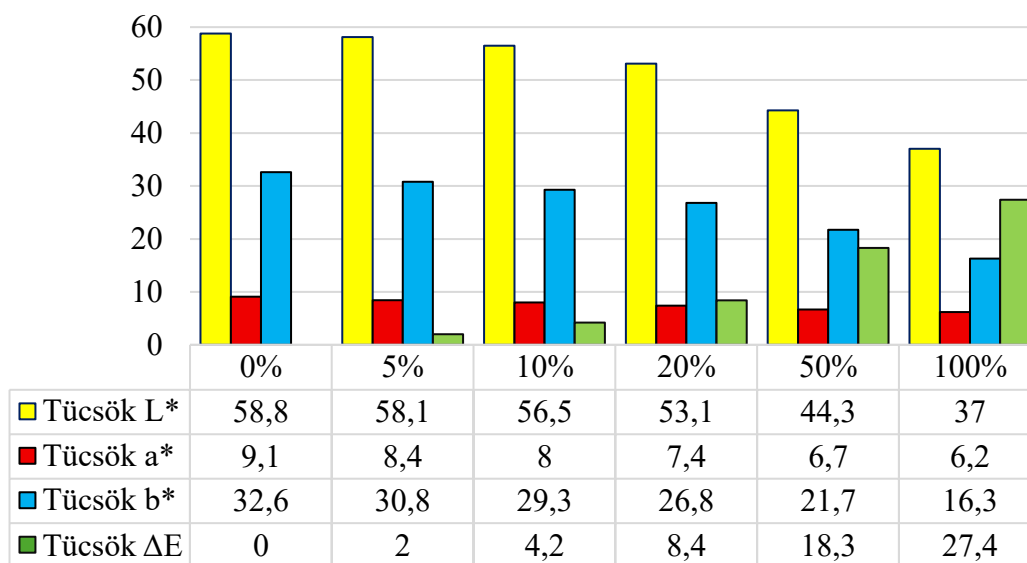


Színindexek és színkülönbség

A 12. és 13. ábrák a húskrémek színmérésének eredményeit mutatják be különböző koncentrációjú tücsök- és lisztbogár lárva liszttel készült minták esetében, ahol az L* (világosság), a* (piros-zöld), b* (sárga-kék) tengelyértékek mellett a ΔE (teljes színkülönbség) érték is szerepel.

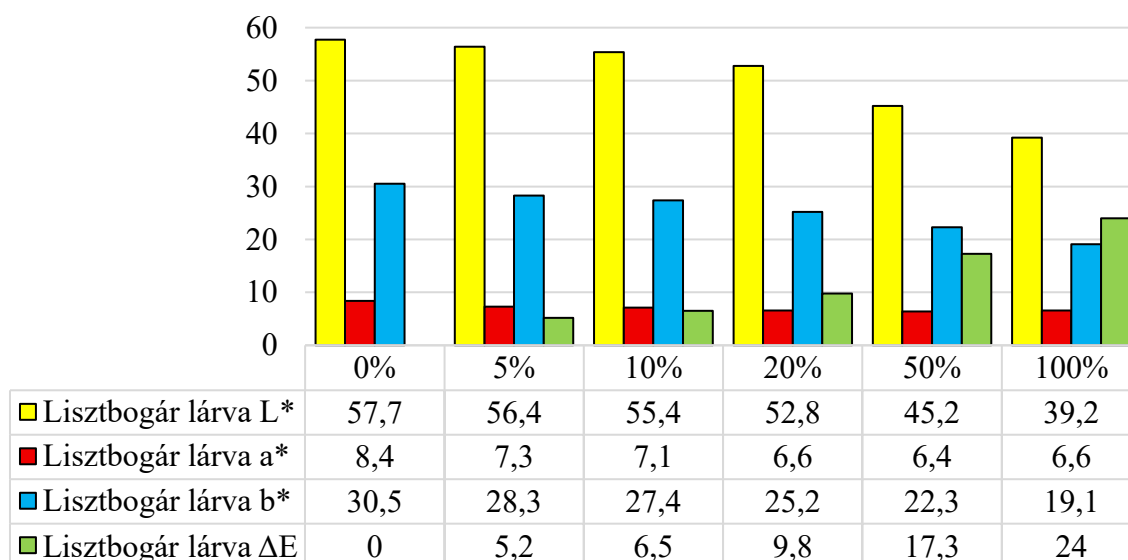
12. ábra: A tücsök liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színmérésének eredményei, és az ebből számított színkülönbség értékek.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)



13. ábra: A lisztbogár lárva liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színmérésének eredményei, és az ebből számított színkülönbség értékek.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)



A rovarliszt (tücsök vagy lisztbogár lárva) koncentrációjának emelésével a húskrémekek színe jelentősen megváltozik. Az L^* , a^* és b^* értékek csökkennek, vagyis a krémek sötétebbek lesznek, elveszítik a vöröses és sárgás árnyalatukat a rovarliszt mennyiségének növekedésével, tehát a termékek színe tompábbá, deszaturáltabbá válik. Az eredmények alapján a tücsök liszttel készült minták L^* értékei valamivel magasabbak ugyanazon koncentrációk mellett, mint a lisztbogár lárva mintáké, tehát a tücsökrémek kissé világosabbak. A legsötétebb termék az L100-as lisztbogár lárvaival készített minta lett, 39,2-es L^* értékkel.

Eközben a ΔE érték, azaz a kontrollhoz (0%) képest mért színelkülönbség a koncentráció növekedésével egyre inkább nő, így a rovarliszttel készült krémek színe egyre jobban eltér az eredeti húskrémétől. A ΔE a tücsök liszt mintákban meredekebben növekszik, 100%-nál 27,4-nél éri el a maximumát, szemben a lisztbogár minták 24,0-es értékével, ami azt jelzi, hogy a színváltozások a tücsök liszt hozzáadásával valamivel jobban észrevehetőek.

Különösen fontos a fogyasztói érzékelés szempontjából, hogy egyes források szerint $\Delta E < 1,0$ esetén a különbség olyan kicsi, hogy a legtöbb ember nem veszi észre. Ha $\Delta E < 3,5$, a változás általában látható, de még elfogadható, míg az 5 feletti értéknél a színek már egyértelműen eltérnek egymástól, a fogyasztók számára a szín már nem megfelelő (Sandy Liu, 2025). Ezzel összhangban saját méréseim szerint az 5% ($\Delta E = 2,0$) tücsöktartalmú húskrém mintám még elfogadható lenne a fogyasztók számára, a lisztbogár lárva liszttel kiegészített minták azonban egyik esetben sem férnek bele az elfogadható kategóriába.

Bogusz és mtsai. (2024) is hasonló tendenciákat találtak a lisztbogár lárva liszttel dúsított húskrémeik vizsgálata során. Az L^* érték 55,12-ről (kontroll) 50,46-ra, míg az a^* érték 5,21-ről 4,44-re csökkent 9%-os helyettesítés esetén. A ΔE érték közel 5-re nőtt, ami már szabad szemmel is érzékelhető színelkülönbséget jelez. Hasonló tendenciát mutatnak a saját eredményeim is, ahol az L^* értékek 57,7-ről 55,4-re, az a^* értékek 8,4-ről 7,1-re, míg a b^* értékek 30,5-ről 27,4-re csökkentek a lisztbogár lárva-tartalom 10%-ra növelésével.

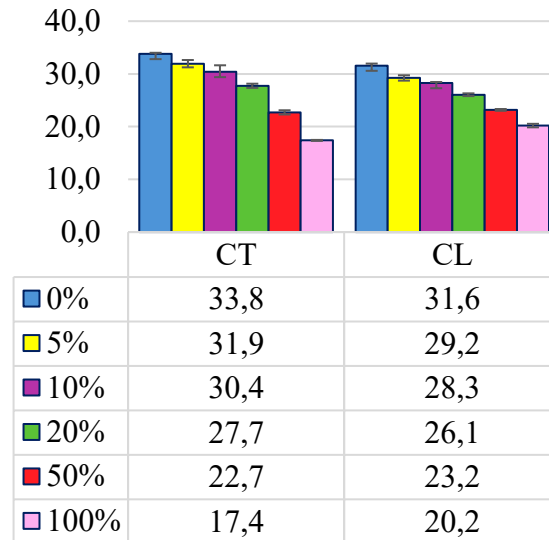
Ezek a trendek az elkészített hústerméktől függetlenek, ugyanis Kim és mtsai. (2016) szintén csökkenő L^* értékeket figyeltek meg lisztbogár lárva hozzáadásával készített kolbásznál, az értékek 74,74-ről (kontroll) 66,67-re (10%) csökkentek, ami jól egyezik vizsgálatom eredményeivel. Ugyanakkor Choi és mtsai. (2017) sertés-rovar virslikben eltérő irányú változást tapasztaltak. A kontroll mintájuk L^* (81,17), a^* (2,65) és b^* (9,75) értékeit a 20% sertéshúst és 30% lisztbogár lárva tartalmú minta esetében 55,05 (L^*), 4,37 (a^*) és 18,34 (b^*) értékek váltották fel, azaz itt a vöröses és sárgás komponensek jelentősen növekedtek, míg a világosság érték csökkent.

Színeltéttség

Ezután a színindex értékekből telítettséget számoltam, mely eredményei a 14. ábrán láthatók.

14. ábra: A tücsök és lisztbogár lárva liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színeltéttség eredményei.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)



[C] - színeltéttség, [T] - tücsök, [L] - lisztbogár lárva

A színeltéttség vizsgálata során jól látható, hogy a rovarliszt arányának növelése mind a tücsök-, mind a lisztbogár lárva liszt tartalmú húskrémekek esetén egyértelműen csökkenti a színeltéttségi értékeket, bár kisebb eltérések megfigyelhetők közöttük. A kontroll, azaz a rovarliszt mentes krém színeltéttsége a legmagasabb (~31-34), míg a tücsök liszttel történő teljes helyettesítésnél (T100) 17,4-et, lisztbogárliszt (L100) esetében pedig 20,2-t érnek el az értékek. Ez a különbség azt mutatja, hogy az eredeti húskészítmény intenzívebb színű, és a rovarlisztek hozzáadása jelentősen deszaturálja a mintát. Mindkét rovarfehérje esetében a színeltéttség folyamatosan csökken a koncentráció növelésével, ugyanakkor magas koncentrációknál a lisztbogár lárva lisztes minták kissé magasabb telítettséget adnak, mint a tücsökrémekek. Ez párhuzamba állítható a mért a^* és b^* értékekkel, melyekkel alátámasztható, hogy a krémekek a vöröses és sárgás árnyalatukat a rovarliszt mennyiségének növekedésével elvesztik.

Rodríguez-Párraga és mtsai. (2025) húspogácsa mintáinál a telíttség érték a nyers húspogácsák esetében 8,46-ról (kontroll) 4,10-re csökkent 20% tücsök liszt hozzáadásával, míg a hőkezelt mintákban 14,9-ről (kontroll) 3,02-re esett vissza ugyanezen aránynál. Hasonlóan ahhoz, amiket a saját mintáimnál tapasztaltam. Az én tücsök liszttel készült mintáimban a telíttség érték 33,8-ról (T0) 27,7-re (T20), majd 17,4-re csökkent 100%-os helyettesítés

esetén. Ugyanígy, a világosság (L^*) értékeik is igazolják a világosság csökkenését, mely 51,91-ről (kontroll) 37,01-re csökkent 20% tücsök liszt esetén a főtt húspogácsákban, míg az én eredményeim szerint az L^* 58,8-ről (0%) 53,1-re (20%), majd ennél is alacsonyabbra csökkent 100%-nál.

Ezt a jelenséget Cavalheiro és mtsai. (2023) is igazolják, tücsök liszttel készített virsliben mért eredményeik szerint az L^* 73,93-ről (0%) 68,38-ra (7,5%), az a^* pedig 7,37-ről 3,78-ra csökkent. Egy másik kutatásban szintén Cavalheiro és mtsai. (2024) marhahúspogácsát egészítettek ki tücsök liszttel. A főtt húspogácsák L^* , a^* és b^* értékei fokozatosan csökkennek a tücsökpor koncentrációjának növekedésével, az L^* 55,97-ről (kontroll) 50,32-re csökken 5%-os koncentrációnál, 50,11-re 7,5%-os koncentrációnál és 48,40-re 10%-os koncentrációnál. Az a^* 5,26-ről (kontroll) 5,15-re (5%), 4,55-re (7,5%) és 4,28-ra (10%) csökken, míg a b^* szignifikánsan csökken 11,77-ről (kontroll) 6,61-re (5%), 4,71-re (7,5%) és 4,19-re (10%).

Ezek a változások jól mutatják, hogy a tücsökliszt hozzáadásával a sárga (b^*) és vörös (a^*) pigmentek, vagyis az élénkség értékei, valamint a világosság (L^*) fokozatosan csökken, ahogy növekszik a rovarliszt koncentrációja. Ez a tendencia a termékek színintenzitásának gyengülését mutatja, amelyet a tücsökliszt sötétebb alapszíne és magasabb pigmenttartalma okozhat. A tápanyagok mellett így a vizuális minőség is nagymértékben módosul, hiszen kevésbé vonzó, szürkés, fakóbb termékek születnek már kisebb arányú helyettesítés esetén is.

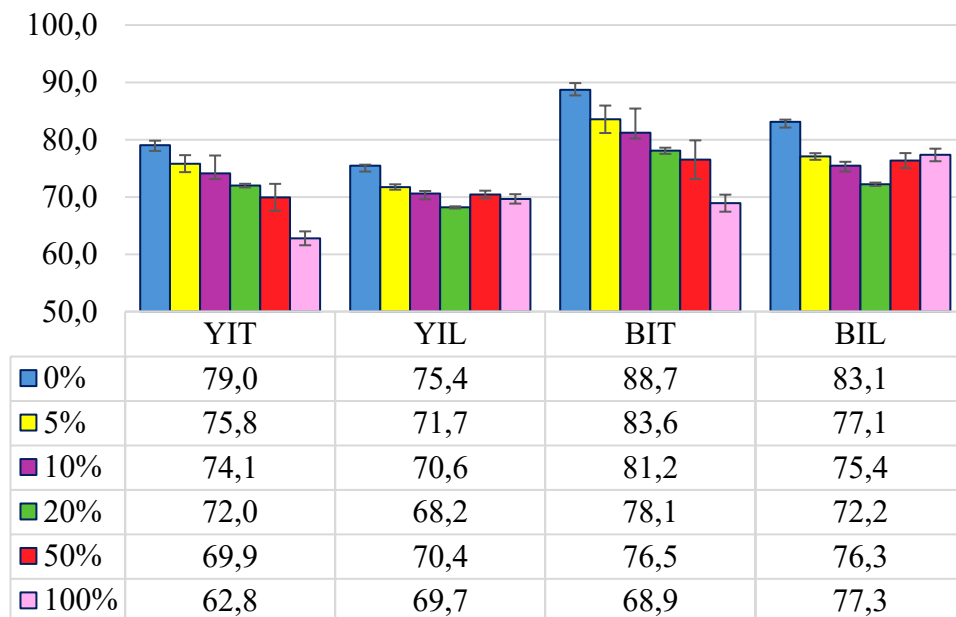
Ezek az eredmények nemcsak a tücsök lisztet tartalmazó minták esetén jelentkeznek, hanem szoros összefüggést mutatnak a lisztbogár lárva liszt hozzáadása során tapasztalt színindex-változásokkal is. Mindkét rovar esetében jól kitapintható, hogy a maximális lisztkoncentrációnál érjük el a legalacsonyabb színelítettségi és világosság értékeket, tehát a rovarlisztek adagolása összességében a hústermékek egyre fakóbb színéhez vezet.

Sárgaindex, barnaindex

A 15. ábra azt mutatja, hogy a tücsök- vagy lisztbogár lárvá liszt koncentrációjának növelése hogyan befolyásolja a húskrémek sárgaság indexét (YI) és barnulási indexét (BI).

15. ábra: A tücsök és lisztbogár lárvá liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek sárga- és barnaindex eredményei.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)



[YI] - sárgaindex, [BI] - barnaindex, [T] - tücsök, [L] - lisztbogár lárvá

A rovarliszt koncentrációjának növekedésével minden mért index (YI és BI) csökken, függetlenül a rovar típusától, ami azt jelzi, hogy a krémek elveszítik sárga és barna árnyalataikat. A sárgaindex értékek például a kiinduló 0%-os mintákban 79,0 (tücsök) és 75,4 (lisztbogár lárvá) voltak, azonban 100% liszt koncentráció esetén lecsökkennek 62,8-ra és 69,7-re. Ez jól mutatja, hogy a sárgaság index kiszámításához szükséges b^* , vagyis a sárga színek csökkenése határozza meg a YI csökkenését. A barnaindex (BI) esetében a kontroll 88,7 (tücsök) és 83,1 (lisztbogár lárvá) értékről a 100%-os helyettesítéssel 68,9, illetve 77,3-re csökken az index. Ez is azt erősíti, hogy a BI változása az érték számításához szükséges a^* (vörösesség) és b^* (sárgáság) csökkenésével magyarázható, ám ez a csökkenés jóval mérsékeltebb.

5.2. A húskrémekek fehérjetartalmának változása

Az alábbi táblázatok az elkészített húskrémekek fehérjetartalmát mutatják növekvő lisztbogár lárva liszt (4. táblázat) és tücsök liszt (5. táblázat) koncentrációkkal. Az értékek kiszámítása a standard Kjeldahl-N fehérje konverziós faktor (6,25) és egy kitinnel korrigált faktor (5,08 lisztbogár lárva, 5,17 tücsök esetében) alkalmazásával történt.

4. táblázat: Lisztbogár lárva kombinációval készült húskrém nyersfehérje-tartalma az összetétel függvényében.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)

Minta	Fehérjetartalom g/100g (lisztbogár lárva liszt mennyiség függvényében)	
	Mért nyersfehérje-tartalom (N=6,25)	Kalkulált nyersfehérje-tartalom (N=5,08)
L0	17,56±0,14	-
L5	17,89±0,17	17,71±0,18
L10	18,23±0,17	17,88±0,16
L20	18,81±0,25	18,17±0,1
L50	20,2±0,96	18,33±0,87
L100	24,38±0,21	19,81±0,17

[L] - lisztbogár lárva liszt

Az elkészített húskrémekek fehérjetartalmában jelentős változások figyelhetők meg a rovarlisztek mennyiségének növelésével. Ahogy a lisztbogár lárva liszt aránya nő, a mért fehérjetartalom (6,25-ös faktor esetén) folyamatosan emelkedik, 17,56 g/100 g-ról 0%-os koncentrációnál 24,38 g/100 g-ra 100%-nál. A kitinnel korrigált fehérjetartalom kissé alacsonyabb a 6,25-ös faktorialtal számolt értékeknél, de ugyanazt a növekvő tendenciát követi, 17,71 g/100 g-ról (L5) 19,81 g/100 g-ra (L100), ami igazolja, hogy a lisztbogár lárva hatékony fehérje-forrás. A mért fehérjetartalom növekedése a koncentráció növekedésével azt jelzi, hogy a lisztbogár lárva liszt gazdagabb nitrogéntartalmú vegyületekben, mint az alap sertéshúskrém. Az alacsonyabb, kitinnel korrigált értékek a kitinből származó nem fehérje N korrekcióját tükrözik (mivel a kitin növeli a Kjeldahl-nitrogént, de a valódi fehérjetartalmat nem). Így lehetséges az, hogy a korrigált nyersfehérje-tartalom kevésbé meredeken nő, mint amit a hagyományos faktorialtal számított alapján várnánk.

Kim és mtsai. (2016) kutatásának eredményei megerősítik ezt a tendenciát, kolbászaik fehérjetartalma 22,63 g/100 g-ról 26,08 g/100 g-ra nőtt a teljes, 100%-os húshelyettesítés során. Hospital és mtsai. (2025) szalámikban figyeltek meg hasonló tendenciát. Termékeik fehérjetartalma 32,54 g/100 g (kontroll), 33,36 g/100 g (5%), 34,00 g/100 g (10%), és 34,62 g/100 g (15%) volt szárazanyag-tartalomra vetítve. Wendin és mtsai. (2021) pedig növényi alapú pástétomokban tapasztalták ugyanezt a növekvő tendenciát, 2,9 g/100 g (kontroll), 7,7 g/100 g (10%) és 17,1 g/100 g (30%) fehérjetartalommal a termékeikben.

Ezek az eredmények együttesen azt mutatják, hogy a lisztbogár lárva liszt arányának növelése jelentősen növeli a termék fehérjetartalmát.

Az 5. táblázatban pedig a tücsök liszttel készített húskrémelek fehérjemérés eredményei láthatók.

5. táblázat: Tücsök liszt kombinációval készült húskrémelek minta nyersfehérje-tartalma az összetétel függvényében.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)

Minta	Fehérjetartalom g/100g (tücsök liszt mennyiség függvényében)	
	Mért nyersfehérje-tartalom (N=6,25)	Kalkulált nyersfehérje-tartalom (N=5,17)
T0	15,37±0,23	-
T5	15,68±0,16	15,52±0,16
T10	16,39±0,05	16,12±0,03
T20	16,43±0,25	15,87±0,24
T50	16,98±0,18	15,53±0,17
T100	14,08±0,08	11,66±0,08

[T] - tücsök liszt

A saját vizsgálatomban a tücsök liszt hozzáadásával készített minták fehérjetartalma eltérő tendenciát mutatott. A 6,25-ös faktossal számolt fehérjetartalom 15,37 g/100 g-nál (T0) kezdődik, maximum 16,98 g/100 g-ra (T50) emelkedik, 100%-os rovartartalom esetén azonban 14,08 g/100 g-ra csökken. A kitenre korrigált számítás (N=5,17) hasonló tendenciát követ, a 16,12 g/100 g 10%-os koncentrációnál éri el maximumát, majd fokozatosan csökken és 100%-nál eléri a 11,66 g/100 g-ot.

A fokozatos növekedés, majd csökkenés arra utal, hogy a tücsök liszt húshoz való hozzáadása kezdetben növeli a fehérjetartalmat, de a hús teljes mértékű kiváltása esetén a termék veszíthet a nitrogéntartalmú vegyületeiből, valószínűleg a tücsök liszt összetétele miatt. Az alacsonyabb kitinre korrigált érték ismét a nem fehérje eredetű nitrogén korrigálásának fontosságát mutatja. Ezeket az eredményeket Rumpold és Schlüter (2013), illetve Lisboa és mtsai. (2025) is igazolják kutatásaikban, miszerint a lisztbogár lárva és a tücsök magas fehérjetartalommal rendelkeznek, így húskrémmhez történő hozzáadásuk jelentősen megemelheti a mért fehérjeszintet, míg a kitinnel korrigált faktor használata alacsonyabb, táplálkozási szempontból pontosabb eredményeket ad.

Hasonlóan megerősíti ezt Smarzyński et al., (2019) vizsgálatának eredményei, tücsök liszttel dúsított pástétomaik fehérjetartalma 15,97%-ról (0%) 21,01%-ra (10%) emelkedett. Az én méréseim szerint a fehérjetartalom 15,37 g/100 g-ról (T0) 16,43-ra (T20) nőtt, és 16,98-nál tetőzött (T50), majd 14,08-ra (T100) csökkent. Kovál és mtsai. (2024) pedig arról számoltak be tanulmányukban, hogy a tücsök liszttel dúsított kolbászok fehérjetartalmának növekedése 17,99 g /100 g (kontroll), 19,21 g /100 g (3%), 22,89 (6%) és 25,37 (12%) volt. Az eredmények fokozatos növekedése megegyezik az általam mérttel, ami alátámasztja, hogy a fehérjetartalom a tücsökliszt mennyiséggel emelkedik.

Összességében mind a külső tanulmányok, mind a saját mérési eredményeim alapján a lisztbogár lárva liszt jelentősebben növeli a fehérjetartalmat, mint a tücsök liszt, különösen a hagyományos (nem kitinnel korrigált) faktorról számolva. A kitinnel korrigált faktor használata rovaralapú élelmiszerek esetén pontosabb, táplálkozás-élettani szempontból relevánsabb értékeket szolgáltat, amelyeket saját vizsgálatomban is sikerült igazolni. A rovarlisztek optimális mennyisége és hatása a termékek komplex összetételétől is függ, így minden eredmény közvetlenül a fejlesztett húskészítményekre, azok technológiai és beltartalmi jellemzőire utal vissza.

5.3. A húskrémek zsírtartalmának változása

Végül az elkészített húskrémek zsírtartalmát mértem meg, mely eredményei láthatók a 6. táblázatban.

6. Táblázat: Különböző kombinációval készült húskrém minta zsírtartalma az összetétel függvényében.

(Forrás: saját szerkesztés saját mérések alapján)

Minta	zsírtartalom g/100g a rovarmennyiség függvényében					
	Kontrol	5%	10%	20%	50%	100%
Lisztbogár lárva lisztes húskrém	6,2±0,25	6,35±0,19	6,59±0,28	7,01±0,32	8,25±0,28	10,14±0,45
Tücsök lisztes húskrém	5,63±0,18	5,48±0,22	5,43±0,15	5,18±0,21	4,85±0,24	3,75±0,21

A különböző koncentrációjú lisztbogár lárva lisztet és tücsök lisztet tartalmazó krémek zsírtartalmi eredményei egyértelmű tendenciát mutatnak, a lisztbogár lárva liszt arányának növekedésével a termék zsírtartalma is emelkedik, a tücsök liszt hozzáadásával elkészített krémek értékei pedig fokozatosan csökkennek. 100%-os lisztbogár lárva liszt esetén a zsírtartalom eléri a 10 g/100 g-ot, míg a 100%-os tücsök liszt esetében ez az érték kevesebb, mint 4 g/100 g. Ez azt jelzi, hogy a lisztbogár lárva liszt zsírtartalma jelentősen magasabb, mint a tücsök liszté. Ezt az eredményt a szakirodalomban említett Lisboa és mtsai. (2025) és Rumpold és Schlüter (2013) által végzett kutatások is alátámasztják, akik megállapították, hogy a *Tenebrio molitor* lárvák sokkal magasabb zsírtartalommal rendelkeznek (~35 g/10 g), mint az *Acheta domesticus* (15-18 g/100 g). A lisztbogár lárva liszt tehát nagymértékben növeli a krémek zsírtartalmát, összhangban a szakirodalomban kifejtett eredményekkel, amely ezeket a lárvákat nagyon energia- és zsírdúsaknak írja le. A tücsök liszt azonban nem növeli ugyanolyan mértékben a zsírtartalmat, ami szintén tükrözi a szakirodalomban említett eredményeket.

A zsírtartalom alakulása a termék típusától függően is eltérő képet mutat. Hospital és mtsai. (2025) lisztbogár lárva liszttel készített kolbászokban enyhe csökkenést tapasztaltak. Mérésük eredménye 52,93 g/100 g (kontroll), 51,95 g/100 g (5%), 51,08 g/100 g (10%), 50,41 g/100 g (15%) zsír lett. Ezzel szemben Zhang és mtsai. (2022) lisztbogár lárva liszttel készített virsli

termékekben csupán kismértékű növekedést mértek, 21,08% zsírtartalmat kontroll minta esetén, 21,57% zsírtartalmat 15%-os helyettesítés esetén.

Jankauskiené és mtsai. (2024) szintén növekvő tendenciát írtak le kolbász mintáikban, 23,20 g/100 g (kontroll), 24,27 g/100 g (10%), 24,50 g/100 g (20%), 28,65 g/100 g (30%) eredményekkel, ami megerősíti, hogy a rovarliszt magas lipidtartalma a termékben is magas zsírtartalmat eredményez.

Walkowiak és mtsai. (2019) által készített húskrémben a zsírtartalom 27,46%-ról (0% tücsök) 28,29%-ra (2%), majd 30,68%-ra (6%) emelkedett, míg Smarzyński és mtsai. (2019) húskrém adatai szerint az értékek 27,46%-ról (0%) 28,89%-ra (2%), 30,68%-ra (6%), végül 31,11%-ra (10%) nőttek. Ezzel szemben az én tücsök lisztel készült krémjeim esetében a zsírtartalom 5,63 g/100 g (kontroll) értékről fokozatosan 5,48 g/100 g, 5,43 g/100 g, 5,18 g/100 g, 4,85 g/100 g, majd 3,75 g/100 g-ra csökkent a tücsök liszt arányának növekedésével.

Míg több szakirodalmi forrás enyhe zsírtartalom-növekedést mutat nagyobb tücsöktartalom mellett, az én eredményeim csökkenő tendenciát jeleznek. Ezek az eltérések jól mutatják, hogy az összetétel és a receptúra jelentősen befolyásolhatja, miként változik a zsírtartalom a tücsök lisztel történő dúsítás hatására. Jelen esetben a csökkenést az okozhatja, hogy a minta előzetesen rehidratálásra, hígításra került annak érdekében, hogy a krém állagát ne változtassa meg jelentősen.

6. Következtetések és javaslatok

A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy a rovarok, különösen a lisztbogár lárva (*Tenebrio molitor*) és a házi tücsök (*Acheta domesticus*) milyen mértékben alkalmazhatók a hús részleges helyettesítésére egy spreadelhető húskrém termékben. A vizsgálatok során kiértékelésre kerültek a beltartalmi (fehérje-, zsírtartalom), fizikai-kémiai (színparaméterek), ezáltal érzékszervi tulajdonságok. Az eredmények összességében megerősítik, hogy a rovarok élelmiszeripari felhasználása technológiailag megvalósítható és táplálkozási szempontból ígéretes, ugyanakkor a szín- és aromabeli jellemzőik, valamint a kitin jelenléte továbbra is kihívást jelent a fogyasztói elfogadás szempontjából.

A lisztbogár lárva liszt arányának növelése a fehérje- és zsírtartalom egyértelmű emelkedését eredményezte, ami megfelelt a szakirodalomban vizsgált korábbi kutatások eredményeivel. Ezzel szemben a tücsökliszt esetében a relatív fehérje- és zsírtartalom alacsonyabb volt és csökkenő tendenciát mutatott, feltehetőleg a nagyobb hígítási folyadékmennyiség (95 ml 1%-os nátrium-aszkorbát oldat) miatt. Ez nem a tücsökliszt alacsonyabb tápértékét, hanem a rehidratálásból származó hígulási hatást tükrözi, miszerint az értékes tápanyagok helyére a felvett víz került a krémbe. A jövőbeni vizsgálatok során ezért javasolt lehet a hígítási arány standardizálása, hogy a különböző rovarfehérje-alapú formulák összehasonlíthatók legyenek. A zsírértékek alakulása is ezt a tendenciát követte, a lisztbogár lárva liszt növekvő arányával a húskrém zsírértéke a kontroll 6,2 g/100 g-os értékéről 10,14 g/100 g-ra nőtt, míg a tücsökliszt hozzáadásával a zsírérték a kontroll 5,63 g/100 g-járól fokozatosan csökkent. 100%-os aránynál, a csak hígítással rehidratált tücsök lisztet tartalmazó minta esetén 3,75 g/100 g-ra esett vissza. Ez is alátámasztja, hogy a víztartalom jelentősen befolyásolja a végtermék tápanyagsűrűségét.

A Kjeldahl-módszerrel mért fehérjetartalom a kitin nitrogéntartalmát is figyelembe veszi, ezért a nyersfehérje-értékek rendszeresen túlbecsültek. A kitinre korrigált számítások (N=5,08 és 5,17) pontosabb képet adtak. Lisztbogár lárva esetében a fehérjetartalom 17,56-24,38 g/100 g-ról korrigálva 17,71-19,81 g/100 g-ra módosult. A tücsökliszt esetében a fehérjetartalom a hígítás hatására 15,37-16,98 g/100 g között alakult, kitinre korrigálva pedig 11,66-16,12 g/100 g közötti értékeket mutatott, 100%-os helyettesítésnél pedig mindkét esetben csökkent. Ezek az adatok megerősítik, hogy a rovaralapú fehérjék megfelelő arányban alkalmazva hatékony kiegészítői lehetnek a fehérjedús élelmiszereknek, de a kitin korrekció elengedhetetlen a valós tápértékük kiszámításához. A kitinre korrigált fehérjeértékek alapján kiemelhető a kitin

extrakció, mint szükséges technológiai lépés. Emellett ez a lépés technológiai szempontból is indokolt, mivel a kitin jelenléte nagyobb darabokban irritációt, akár bélgyulladást is okozhat az emberi szervezetben. Hagyományosan kémiai extrakcióval távolítják el, de már elérhetőek környezetkímélőbb módszerek is. Ezen technológiák alaposabb vizsgálata hozzájárulhatna a kitin hatékony és biztonságos izolációjához, minimalizálva a rovarfogyasztással járó egészségügyi és környezeti kockázatokat.

A színmérési eredmények (L^* , a^* , b^* , chroma, YI, BI) csökkenése azt mutatta, hogy a termék a rovartartalom növelésével fokozatosan egyre sötétebb és színtelenebb lett. A számított ΔE értékek alapján az 5%-os tücsökliszt helyettesítés még elfogadható kategóriába esett, ekkor a szabad szemmel észlelhető eltérés nem volt zavaró. A 20% feletti helyettesítési arányoknál viszont a különbség már kifejezetten szembetűnővé vált, a barnulási index eredményei sem adtak feltétlen előnyt a lisztbogár lárva esetében. Egy bizonyos rovararány felett a termék színe már látványosan eltért a kontroll mintáétól, ami korlátozná a termékek piaci vonzerejét.

A színromlás oka lehet a rovarfehérjék természetes eredetű pigmentjeinek, például a mioglobin és a karotinoidok hiánya, így a termék elveszti a húsról jellemző színeket, árnyalatokat. A színintenzitás csökkenését a mintakészítés technológiai tényezői és a hőkezelés is tovább fokozhatják.

A lisztbogár lárva liszt enyhén kedvezőbb színeredményeket mutatott, de a különbség nem volt érzékszervileg döntő. A magyaros fűszerezés (paprika, bors, fokhagyma) bizonyos mértékben ellensúlyozhatja a tompább színt és későbbi fejlesztések során a rovaros ízjegyeket, de magas rovartartalomnál ez már nem minden esetben elegendő. Emellett a fogyasztói ízlésnek megfelelő illatjegyek kialakításához is nagymértékben hozzájárulhat a rovarokra jellemző kellemetlen szagok elmaszkolásával.

A rovarok, különösen a lisztbogár lárva és a házi tücsök tehát technológiailag ígéretes és fenntartható alternatívát kínálnak a hús részleges helyettesítésére. Megfelelő mennyiségben, kitintartalmukra korrigálva és optimalizált receptúrák és technológiák alkalmazásával jelentősen növelhetik a húskrémek fehérjetartalmát, ugyanakkor a zsír- és színparamétereket, valamint a fogyasztói élményt mindig a feldolgozás és az érzékszervi vizsgálatok eredményei alapján kell finomítani. A jelen kutatás hozzájárul a rovarfehérjék élelmiszeripari felhasználásának gyakorlati megértéséhez, és alapot ad további, fogyasztóbarát, magas tápértékű rovarokat tartalmazó termékek fejlesztéséhez.

7. Összefoglalás

A világ népességének növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb igény mutatkozik megfelelő tápértékű élelmiszerekre, mint például a hús, ami jelentősen növeli a mezőgazdasági földhasználat és a környezeti terhelés mértékét. Fenntarthatósági, egészségügyi és állatjóléti szempontokból ezért sürgetővé válik a hagyományos hús alternatíváinak feltárása.

A rovarok, melyeket régóta és széles körben fogyasztanak nemzetközileg, különösen ígéretesek, mivel gazdagok esszenciális aminosavakban, zsírban, vitaminokban és ásványi anyagokban, miközben tenyésztésük jóval kisebb erőforrásigényű és környezeti lábnyomú a hagyományos állattenyésztéshez képest.

Európában azonban a rovarfogyasztás társadalmi, érzékszervi és jogszabályi akadályokba ütközik. Az emberekben még mindig idegenkedést, undort vált ki, és inkább a különlegességek, illetve a speciális élelmiszerek területén jelenik csak meg.

A dolgozat célja annak vizsgálata volt, hogy a lisztbogár lárvá és a tücsök felhasználhatóak-e alternatív fehérjeforrásként húskrémm típusú termékekben, részben vagy teljesen helyettesítve a hagyományos húst. A húskrémeket különböző arányú rovarlisztek felhasználásával készítettem el, növényi komponens hozzáadásával a kívánt stabilitás elérése érdekében. A vizsgálat középpontjában pedig ezen húskrémmek elemzése állt, hogy a rovarok miként befolyásolják a krém makrotápanyag-összetételét, fizikai jellemzőit és élvezeti értékét.

A kutatás során Minolta CR-410 koloriméterrel végeztem színmérést, hogy objektíven értékeljem a termékek színindexeit és a rovaralapanyag hatását a mintákra. Az érzékszervi és színmérési vizsgálatok alapján igazolható, hogy a rovarliszt arány növelésével a késztermék színe romlik, világossága és színtelítettsége csökken, egy adott koncentráció felett már szabad szemmel is zavaró színbeli eltérések jelentkeznek.

A fehérje- és zsírtartalmat Kjeldahl-féle roncsolásos módszerrel, illetve Soxhlet-extrakcióval mértem. A kísérletek rámutattak arra, hogy a lisztbogár lárvá liszt jelentősen növelte a termékek fehérje- és zsírtartalmát, míg a tücsökliszt esetében a nagyobb hígítás miatt a makrotápanyag-értékek stagnáltak vagy csökkentek. A fehérjeértékek esetében kitinkorrigált faktorról számolva minden minta esetében alacsonyabb, realisabb nyersfehérje eredményt kaptam, ami igazolja a kitin extrakció szükségességét a biológiai érték pontos felméréshez.

A szakirodalommal összhangban kimondható, hogy a rovarok a fenntartható élelmezés egyik ígéretes útját jelentik, élelmiszeripari alkalmazásuk akkor lehet realis alternatíva, ha a

végtermék nemcsak tápértéke, de élvezeti értéke és megjelenése alapján is elfogadható marad a fogyasztók számára. A kívánt tápérték és élvezeti érték eléréséhez azonban a rovaralapanyagot célszerű növényi komponensekkel, illetve fűszerekkel kombinálni. A főbb eredmények alapján a lisztbogár lárva és a tücsök megfelelően feldolgozva húshelyettesítőként részben alkalmazhatók, de a fogyasztói elfogadottság maximalizálásához a kinézet, állag, íz és illat optimalizálása, a kitintartalom szabályozása, valamint a megfelelő technológiai és gasztronómiai fejlesztések elengedhetetlenek.

A dolgozat összességében hozzájárul a fenntartható fehérjeforrások lehetőségeinek jobb megértéséhez és a rovaralapú élelmiszerfejlesztés elfogadottságának növeléséhez. A további kutatások, különösen a mikrobiológiai, toxikológiai, érzékszervi és technológiai vizsgálatok bővítése elősegíthetik a rovaralapú termékek biztonságos és szélesebb körű alkalmazását.

8. Irodalomjegyzék

- Acosta-Estrada, B.A., Reyes, A., Rosell, C.M., Rodrigo, D., Ibarra-Herrera, C.C., 2021. Benefits and Challenges in the Incorporation of Insects in Food Products. *Front. Nutr.* 8. <https://doi.org/10.3389/fnut.2021.687712>
- Ahmad, R.S., Imran, A., Hussain, M.B., 2018. Nutritional Composition of Meat. *Meat Sci. Nutr.* <http://dx.doi.org/10.5772/intechopen.77045>
- Bailey, H.M., Mathai, J.K., Berg, E.P., Stein, H.H., 2020. Most meat products have digestible indispensable amino acid scores that are greater than 100, but processing may increase or reduce protein quality. *Br. J. Nutr.* 124, 14–22. <https://doi.org/10.1017/S0007114520000641>
- Bogusz, R., Latoszevska, M., Szymańska, I., Jaworska, D., Szulc, K., Lipińska, E., Florowska, A., Nowacka, M., Pietrzak, D., 2024. The Assessment of the Possibility of Using Yellow Mealworm Powder in Chicken and Pork Pâté Production. *Appl. Sci.* 14, 9038. <https://doi.org/10.3390/app14199038>
- Brody, T., 1999. PROTEIN, in: *Nutritional Biochemistry*. Elsevier, pp. 421–489. <https://doi.org/10.1016/B978-012134836-6/50011-1>
- Cámara, M., Giner, R.M., González-Fandos, E., López-García, E., Mañes, J., Portillo, M.P., Rafecas, M., Domínguez, L., Martínez, J.A., 2021. Food-Based Dietary Guidelines around the World: A Comparative Analysis to Update AESAN Scientific Committee Dietary Recommendations. *Nutrients* 13, 3131. <https://doi.org/10.3390/nu13093131>
- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Pintado, T., Avelar de Sousa, C.C., Sant’Ana Falcão Leite, J., Costa Alves da Silva, M., 2024. Potential of Cricket (*Acheta domestica*) Flour as a Lean Meat Replacer in the Development of Beef Patties. *Foods* 13, 286. <https://doi.org/10.3390/foods13020286>
- Cavalheiro, C.P., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A.M., Pintado, T., Cruz, T.D.M.P., Da Silva, M.C.A., 2023. Cricket (*Acheta domestica*) flour as meat replacer in frankfurters: Nutritional, technological, structural, and sensory characteristics. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 83, 103245. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2022.103245>
- Choi, Y.-S., Kim, T.-K., Choi, H.-D., Park, J.-D., Sung, J.-M., Jeon, K.-H., Paik, H.-D., Kim, Y.-B., 2017. Optimization of Replacing Pork Meat with Yellow Worm (*Tenebrio molitor* L.) for Frankfurters. *Korean J. Food Sci. Anim. Resour.* 37, 617–625. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.5.617>
- Conway, A., Jaiswal, S., Jaiswal, A.K., 2024. The Potential of Edible Insects as a Safe, Palatable, and Sustainable Food Source in the European Union. *Foods* 13, 387. <https://doi.org/10.3390/foods13030387>
- Dakin, B.C., Ching, A.E., Teperman, E., Klebl, C., Moshel, M., Bastian, B., 2021. Prescribing vegetarian or flexitarian diets leads to sustained reduction in meat intake. *Appetite* 164. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105285>
- Day, L., Cakebread, J.A., Loveday, S.M., 2022. Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends Food Sci. Technol.* 119, 428–442. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020>
- De Gier, S., Verhoeckx, K., 2018. Insect (food) allergy and allergens. *Mol. Immunol.* 100, 82–106. <https://doi.org/10.1016/j.molimm.2018.03.015>
- Dong, X., Wang, J., Raghavan, V., 2021. Critical reviews and recent advances of novel non-thermal processing techniques on the modification of food allergens. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 61, 196–210. <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1722942>
- EFSA NDA Panel (EFSA Panel on Nutrition, Novel Foods and Food Allergens), Turck, D., Bohn, T., Castenmiller, J., De Henauw, S., Hirsch-Ernst, K.I., Maciuk, A., Mangelsdorf, I., McArdle, H.J., Naska, A., Pelaez, C., Pentieva, K., Siani, A., Thies, F., Tsabouri, S.,

- Vinceti, M., Cubadda, F., Frenzel, T., Heinonen, M., Marchelli, R., Neuhäuser-Berthold, M., Poulsen, M., Prieto Maradona, M., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Ververis, E., Knutsen, H.K., 2021. Safety of frozen and dried formulations from whole yellow mealworm (*Tenebrio molitor* larva) as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA J.* 19(8), 30. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2021.6778>
- Európai Bizottság, 2021. A Bizottság (EU) 2021/882 végrehajtási rendelete (2021. június 1.) a szárított *Tenebrio molitor* lárva (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról, OJ L.
- Európai Parlament és Tanács, 2009. Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet), OJ L.
- European Union, 2015. REGULATION (EU) 2015/ 2283 OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL - of 25 November 2015 - on novel foods, amending Regulation (EU) No 1169/ 2011 of the European Parliament and of the Council and repealing Regulation (EC) No 258/ 97 of the European Parliament and of the Council and Commission Regulation (EC) No 1852/ 2001, Official Journal of the European Union.
- Evans, N.M., Shao, S., 2022. Mycotoxin Metabolism by Edible Insects. *Toxins* 14, 217. <https://doi.org/10.3390/toxins14030217>
- FAO, 2020. The State of Food and Agriculture 2020, Overcoming water challenges in agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- FAO, 2013. Dietary protein quality evaluation in human nutrition: report of an FAO Expert Consultation, FAO food and nutrition paper. Presented at the Expert Consultation on Protein Quality Evaluation in Human Nutrition, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- FAO, 2004. Protein sources for the animal feed industry, FAO animal production and health proceedings. Presented at the Expert Consultation and Workshop on Protein Sources for the Animal Feed Industry, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Fraqueza, M.J.R., Patarata, L.A.D.S.C., 2017. Constraints of HACCP Application on Edible Insect for Food and Feed, in: Mikkola, H. (Ed.), *Future Foods*. InTech. <https://doi.org/10.5772/intechopen.69300>
- Garofalo, C., Milanović, V., Cardinali, F., Aquilanti, L., Clementi, F., Osimani, A., 2019. Current knowledge on the microbiota of edible insects intended for human consumption: A state-of-the-art review. *Food Res. Int.* 125, 108527. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108527>
- Geiker, N.R.W., Bertram, H.C., Mejbörn, H., Dragsted, L.O., Kristensen, L., Carrascal, J.R., Bügel, S., Astrup, A., 2021. Meat and Human Health—Current Knowledge and Research Gaps. *Foods* 10, 1556. <https://doi.org/10.3390/foods10071556>
- Gubicskóné Kisbenedek, A., Szabó, Z., 2015. Élelmiszer-tudományi ismeretek. *Medicina Könyvkiadó Zrt.*, Budapest.
- Hammer, L., Moretti, D., Abbühl-Eng, L., Kandiah, P., Hilaj, N., Portmann, R., Egger, L., 2023. Mealworm larvae (*Tenebrio molitor*) and crickets (*Acheta domesticus*) show high total protein in vitro digestibility and can provide good-to-excellent protein quality as determined by in vitro DIAAS. *Front. Nutr.* 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1150581>

- Handley, E., 2023. The devastating water footprint of animal agriculture. Open Access Gov. URL <https://www.openaccessgovernment.org/devastating-water-footprint-animal-agriculture/163485/> (accessed 1.14.25).
- Hospital, X.F., Hierro, E., Fernández, M., Martín, D., Escudero, R., Navarro del Hierro, J., 2025. Use of Mealworm (*Tenebrio molitor*) Flour as Meat Replacer in Dry Fermented Sausages. *Foods* 14, 1019. <https://doi.org/10.3390/foods14061019>
- Hossain, A., Krupnik, T.J., Timsina, J., Mahboob, M.G., Chaki, A.K., Farooq, M., Bhatt, R., Fahad, S., Hasanuzzaman, M., 2020. Agricultural Land Degradation: Processes and Problems Undermining Future Food Security, in: Fahad, S., Hasanuzzaman, M., Alam, M., Ullah, H., Saeed, M., Ali Khan, I., Adnan, M. (Eds.), *Environment, Climate, Plant and Vegetation Growth*. Springer International Publishing, Cham, pp. 17–61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-49732-3_2
- House, J., 2019. Insects are not ‘the new sushi’: theories of practice and the acceptance of novel foods. *Soc. Cult. Geogr.* 20, 1285–1306. <https://doi.org/10.1080/14649365.2018.1440320>
- Huang, G., Zhang, Y., Liu, F., Xiao, J., Huang, D., 2025. Fatty acid profile of insect oil and regulation mechanism as nutritious and functional oil: An integrative review. *J. Food Compos. Anal.* 137, 106809. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2024.106809>
- Jankauskienė, A., Kiselišienė, S., Aleknavičius, D., Miliūnaitė, I., Kerzienė, S., Gaižauskaitė, Ž., Juknienė, I., Zaviztanavičiūtė, P., Kabašinskienė, A., 2024. Innovative Applications of *Tenebrio molitor* Larvae in the Production of Sustainable Meat Sausages: Quality and Safety Aspects. *Foods* 13, 1451. <https://doi.org/10.3390/foods13101451>
- Keller V., Dernóczy-Polyák A., Huszka P., 2017. Húsfogyasztási szokások: Fókuszban az attitűd. *Élelm. Táplálk. És Mark.* XIII., 19–24.
- Kennady, V., Chakraborty, S., Biswal, J., Rahman, H., 2023. Sustainable Livestock Production: A Systematic Review of Different Constraints Associated with Sustainable Livestock Production. *Eur. J. Agric. Food Sci.* 5, 1–11. <https://doi.org/10.24018/ejfood.2023.5.2.663>
- Kim, H.-W., Setyabrata, D., Lee, Y.J., Jones, O.G., Kim, Y.H.B., 2016. Pre-treated mealworm larvae and silkworm pupae as a novel protein ingredient in emulsion sausages. *Innov. Food Sci. Emerg. Technol.* 38, 116–123. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2016.09.023>
- Kováč, A., Nedomova, S., Slováček, J., Kos, I., Hendrychová, V.B., Kouřil, P., Roztočilová, A., 2024. Effect of cricket powder addition on technological properties and quality of sausages. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 14, e11668–e11668. <https://doi.org/10.55251/jmbfs.11668>
- Központi Statisztikai Hivatal, 2010. Az élelmiszer-fogyasztás alakulása, 2008. Statisztikai Tükör 4.
- Központi Statisztikai Hivatal, n.d. STADAT-táblák: Egy főre jutó éves húsfogyasztás Magyarországon, 1980–2010 (JOV0031 táblázat) [WWW Document]. URL https://www.ksh.hu/stadat_files/jov/hu/jov0031.html (accessed 1.8.25).
- Kurek, M.A., Onopiuk, A., Pogorzelska-Nowicka, E., Szpicer, A., Zalewska, M., Póltorak, A., 2022. Novel Protein Sources for Applications in Meat-Alternative Products—Insight and Challenges. *Foods* 11, 957. <https://doi.org/10.3390/foods11070957>
- Lamb, M.W., Harden, M.L., 1973. Protein as a Source of Amino Acids, in: *The Meaning of Human Nutrition*. Elsevier, pp. 153–191. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-017079-4.50012-9>
- Liceaga, A.M., 2021. Processing insects for use in the food and feed industry. *Curr. Opin. Insect Sci.* 48, 32–36. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2021.08.002>

- Liceaga, A.M., 2019. Approaches for Utilizing Insect Protein for Human Consumption: Effect of Enzymatic Hydrolysis on Protein Quality and Functionality. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 112, 529–532. <https://doi.org/10.1093/aesa/saz010>
- Lisboa, H.M., Andrade, R., Lima, J., Batista, L., Costa, M.E., Sarinho, A., Pasquali, M.B., 2025. Harnessing Insects as Novel Food Ingredients: Nutritional, Functional, and Processing Perspectives. *Insects* 16, 783. <https://doi.org/10.3390/insects16080783>
- Liu, X., Chen, X., Wang, H., Yang, Q., Ur Rehman, K., Li, W., Cai, M., Li, Q., Mazza, L., Zhang, J., Yu, Z., Zheng, L., 2017. Dynamic changes of nutrient composition throughout the entire life cycle of black soldier fly. *PLOS ONE* 12, e0182601. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182601>
- López-Gámez, G., del Pino-García, R., López-Bascón, M.A., Verardo, V., 2024. From feed to functionality: Unravelling the nutritional composition and techno-functional properties of insect-based ingredients. *Food Res. Int.* 178, 113985. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.113985>
- Lotta, F., 2019. Insects as Food: The Legal Framework, in: Sogari, G., Mora, C., Menozzi, D. (Eds.), *Edible Insects in the Food Sector: Methods, Current Applications and Perspectives*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3>
- Mancini, S., Paci, G., Ciardelli, V., Turchi, B., Pedonese, F., Fratini, F., 2019. *Listeria monocytogenes* contamination of *Tenebrio molitor* larvae rearing substrate: Preliminary evaluations. *Food Microbiol.* 83, 104–108. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2019.05.006>
- Mancini, S., Sogari, G., Espinosa Diaz, S., Menozzi, D., Paci, G., Moruzzo, R., 2022. Exploring the Future of Edible Insects in Europe. *Foods* 11, 455. <https://doi.org/10.3390/foods11030455>
- Mathai, J.K., Liu, Y., Stein, H.H., 2017. Values for digestible indispensable amino acid scores (DIAAS) for some dairy and plant proteins may better describe protein quality than values calculated using the concept for protein digestibility-corrected amino acid scores (PDCAAS). *Br. J. Nutr.* 117, 490–499. <https://doi.org/10.1017/S0007114517000125>
- Meijaard, E., Abrams, J.F., Slavin, J.L., Sheil, D., 2022. Dietary Fats, Human Nutrition and the Environment: Balance and Sustainability. *Front. Nutr.* 9, 878644. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.878644>
- Melgar-Lalanne, G., Hernández-Álvarez, A.-J., Salinas-Castro, A., 2019. Edible Insects Processing: Traditional and Innovative Technologies. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 1166–1191. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12463>
- Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M., 2014. A Comprehensive Look at the Possibilities of Edible Insects as Food in Europe – A Review. *Pol. J. Food Nutr. Sci.* 64, 147–157. <https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8>
- Mohan, K., Ganesan, A.R., Muralisankar, T., Jayakumar, R., Sathishkumar, P., Uthayakumar, V., Chandirasekar, R., Revathi, N., 2020. Recent insights into the extraction, characterization, and bioactivities of chitin and chitosan from insects. *Trends Food Sci. Technol.* 105, 17–42. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.08.016>
- Müller, A., Wiedmer, S., Kurth, M., 2019. Risk Evaluation of Passive Transmission of Animal Parasites by Feeding of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae and Prepupae. *J. Food Prot.* 82, 948–954. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-18-484>
- NÉBIH, 2025. Melyek az engedélyezett rovar alapú élelmiszerek? [WWW Document]. <https://portal.nebih.gov.hu/>. URL <https://portal.nebih.gov.hu/gyakran-ismetelt-kerdesek-uj-elelmiszer> (accessed 1.20.25).
- Ojha, S., Bußler, S., Psarianos, M., Rossi, G., Schlüter, O.K., 2021. Edible insect processing pathways and implementation of emerging technologies. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0121>

- Parniakov, O., Mikhrovska, M., Wiktor, A., Alles, M., Ristic, D., Bogusz, R., Nowacka, M., Devahastin, S., Mujumdar, A., Heinz, V., Smetana, S., 2022. Insect processing for food and feed: A review of drying methods. *Dry. Technol.* 40, 1500–1513. <https://doi.org/10.1080/07373937.2021.1962905>
- Pathare, P.B., Opara, U.L., Al-Said, F.A.-J., 2013. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. *Food Bioprocess Technol.* 6, 36–60. <https://doi.org/10.1007/s11947-012-0867-9>
- Pereira, P.M. de C.C., Vicente, A.F. dos R.B., 2013. Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet. *Meat Sci.* 93, 586–592. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.09.018>
- Petti, A., Palmieri, B., vadalà, M., Laurino, C., 2017. Vegetarianism and veganism: not only benefits but also gaps. A review. *Prog. Nutr.* 19, 229–242. <https://doi.org/10.23751/pn.v19i3.5229>
- Piskin, E., Cianciosi, D., Gulec, S., Tomas, M., Capanoglu, E., 2022. Iron Absorption: Factors, Limitations, and Improvement Methods. *ACS Omega* 7, 20441–20456. <https://doi.org/10.1021/acsomega.2c01833>
- Rodríguez-Párraga, J., Botella-Martínez, C.M., Viuda-Martos, M., Santos, E.M., Pérez-Álvarez, J.Á., Lucas-González, R., Fernández-López, J., 2025. Enhancing Pork Patties with Cricket (*Acheta domesticus*) Powder: A Feasibility Study on Quality Attributes. *Appl. Sci.* 15, 11260. <https://doi.org/10.3390/app152011260>
- Rodríguez-Rodríguez, M., Barroso, F.G., Fabrikov, D., Sánchez-Muros, M.J., 2022. In Vitro Crude Protein Digestibility of Insects: A Review. *Insects* 13, 682. <https://doi.org/10.3390/insects13080682>
- Roma, R., Ottomano Palmisano, G., De Boni, A., 2020. Insects as Novel Food: A Consumer Attitude Analysis through the Dominance-Based Rough Set Approach. *Foods* 9, 387. <https://doi.org/10.3390/foods9040387>
- Rumpold, B.A., Schlüter, O.K., 2013. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 57, 802–823. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201200735>
- Sandy Liu, 2025. Color Difference Formula and ΔE : CIE Standards and Color Tolerance [WWW Document]. URL <https://skychemi.com/color-difference-formula-delta-e/>
- Schlüter, O., Rumpold, B., Holzhauser, T., Roth, A., Vogel, R.F., Quasigroch, W., Vogel, S., Heinz, V., Jäger, H., Bandick, N., Kulling, S., Knorr, D., Steinberg, P., Engel, K.-H., 2017. Safety aspects of the production of foods and food ingredients from insects. *Mol. Nutr. Food Res.* 61. <https://doi.org/10.1002/mnfr.201600520>
- Schrögel, P., Wätjen, W., 2019. Insects for Food and Feed-Safety Aspects Related to Mycotoxins and Metals. *Foods* 8, 288. <https://doi.org/10.3390/foods8080288>
- SLU, S.U. of A.S., Department of Biomedical Sciences and Veterinary Public Health, Sweden, Fernandez-Cassi, X., Supeanu, A., Jansson, A., Boqvist, S., Vagsholm, I., 2018. Novel foods: a risk profile for the house cricket (*Acheta domesticus*). *EFSA J.* 16, e16082. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.e16082>
- Smarzyński, K., Sarbak, P., Musiał, S., Jeżowski, P., Piątek, M., Kowalczewski, P.Ł., 2019. Nutritional analysis and evaluation of the consumer acceptance of pork pâté enriched with cricket powder - preliminary study. *Open Agric.* 4, 159–163. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0015>
- Sogari, G., Mora, C., Menozzi, D. (Eds.), 2019. *Edible Insects in the Food Sector: Methods, Current Applications and Perspectives*. Springer International Publishing, Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-22522-3>
- Stone, H., FitzGibbon, L., Millan, E., Murayama, K., 2022. Curious to eat insects? Curiosity as a Key Predictor of Willingness to try novel food. *Appetite* 168, 105790. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2021.105790>

- SUSINCHAIN, 2023a. Deliverable D6.6 - Guidelines for good practices for safe insect production [WWW Document]. URL <https://susinchain.eu/wp-content/uploads/2024/04/D6.6-Guidelines-for-good-practices-for-safe-insect-production.pdf> (accessed 10.17.25).
- SUSINCHAIN, 2023b. Best practice - Use of the correct nitrogen-to-protein conversion factor (Kp) [WWW Document]. URL <https://susinchain.eu/wp-content/uploads/2023/05/Best-practice-Nitrogen-to-protein-conversion-factor.pdf> (accessed 10.23.25).
- Szakály M., Soós M., 2021. Fogyasztói preferenciák vizsgálata a növényi alapú táplálkozással kapcsolatban. *Táplálkozásmarketing* 8, 3–20. <https://doi.org/10.20494/TM/8/1/1>
- Thanasakran, S., Abu Hasan, H., Chong, A.S.-C., Baidurah, S., 2025. A Review of Pre-treatments, Drying Methods, and Processing of High-protein Insect Products. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.* 48. <https://doi.org/10.47836/pjtas.48.4.12>
- Torres-Castillo, J.A., Olazarán-Santibáñez, F.E., 2023. Insects as source of phenolic and antioxidant entomochemicals in the food industry. *Front. Nutr.* 10. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1133342>
- Twine, R., 2021. Emissions from Animal Agriculture—16.5% Is the New Minimum Figure. *Sustainability* 13, 6276. <https://doi.org/10.3390/su13116276>
- Van Huis, A., 2016. Edible insects are the future? *Proc. Nutr. Soc.* 75, 294–305. <https://doi.org/10.1017/S0029665116000069>
- Vandeweyer, D., De Smet, J., Van Looveren, N., Van Campenhout, L., 2021. Biological contaminants in insects as food and feed. *J. Insects Food Feed* 7, 807–822. <https://doi.org/10.3920/JIFF2020.0060>
- Vandeweyer, D., Lievens, B., Van Campenhout, L., 2020. Identification of bacterial endospores and targeted detection of foodborne viruses in industrially reared insects for food. *Nat. Food* 1, 511–516. <https://doi.org/10.1038/s43016-020-0120-z>
- Varotto Boccazzi, I., Ottoboni, M., Martin, E., Comandatore, F., Vallone, L., Spranghers, T., Eeckhout, M., Mereghetti, V., Pinotti, L., Epis, S., 2017. A survey of the mycobiota associated with larvae of the black soldier fly (*Hermetia illucens*) reared for feed production. *PLOS ONE* 12, e0182533. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0182533>
- Vehar, A., Potočnik, D., Strojnik, L., Zuliani, T., Heath, D., Mencin, M., Vrhovšek, U., Škvorová, P., Kouřimská, L., Kulma, M., Heath, E., Ogrinc, N., 2025. Nutritional composition of farmed insects: impact of species, developmental stage, and sex. <https://doi.org/10.1163/23524588-bja10234>
- Verhoeckx, K.C.M., van Broekhoven, S., den Hartog-Jager, C.F., Gaspari, M., de Jong, G.A.H., Wichers, H.J., van Hoffen, E., Houben, G.F., Knulst, A.C., 2014. House dust mite (*Der p 10*) and crustacean allergic patients may react to food containing Yellow mealworm proteins. *Food Chem. Toxicol.* 65, 364–373. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2013.12.049>
- Walkowiak, K., Kowalczewski, P.Ł., Kubiak, P., Baranowska, H.M., 2019. EFFECT OF CRICKET POWDER ADDITION ON ¹H NMR MOBILITY AND TEXTURE OF PORK PÂTÉ. *J. Microbiol. Biotechnol. Food Sci.* 9, 191–194. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.2.191-194>
- Wendin, K., Berg, J., Jönsson, K.I., Andersson, P., Birch, K., Davidsson, F., Gerberich, J., Rask, S., Langton, M., 2021. Introducing mealworm as an ingredient in crisps and pâtés – sensory characterization and consumer liking. *Future Foods* 4, 100082. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100082>
- Xu, C.-F., Liu, P.-C., Chapman, J.W., Wotton, K.R., Qi, G.-J., Wang, Y.-M., Hu, G., 2024. Energy Reserve Allocation in the Trade-Off between Migration and Reproduction in Fall Armyworm. *Insects* 15, 809. <https://doi.org/10.3390/insects15100809>
- Zhang, F., Cao, C., Kong, B., Sun, F., Shen, X., Yao, X., Liu, Q., 2022. Pre-dried mealworm larvae flour could partially replace lean meat in frankfurters: Effect of pre-drying

methods and replacement ratios. *Meat Sci.* 188, 108802.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2022.108802>

Zielińska, E., Pankiewicz, U., 2023. The Potential for the Use of Edible Insects in the Production of Protein Supplements for Athletes. *Foods* 12, 3654.
<https://doi.org/10.3390/foods12193654>

9. Ábra jegyzék

1. ábra: Allati eredetű húсарuk termelési mennyisége Magyarországon 2019-től 2023-ig.....	8
2. ábra: Egy főre jutó húsfogyasztás korcsoportonként Magyarországon (2015-2020)	9
3. ábra: Az engedélyezett rovarok hozzávetőleges makrotápanyag-eloszlása a szárazanyag-tartalomban (g/100 g).....	19
4. ábra: A méréseimben szereplő rovarok különböző fejlődési stádiumainak hozzávetőleges makrotápanyag-eloszlása a szárazanyag-tartalomban (g/100 g).....	20
5. ábra: Tücsök liszt	27
6. ábra: Rehidratált lisztbogár lárva liszt	27
7. ábra: Lisztbogár lárva liszt különböző koncentrációinak felhasználásával elkészített húskrémek.	28
8. ábra: Behrotest desztilláló berendezés.	30
9. ábra: Kjeldahl-módszerrel elroncsolt és átdestillált minták visszatitrálás előtt és után. ...	30
10. ábra: Tücsök liszt hozzáadásával készített, különböző koncentrációjú húskrémek. Növekvő rovartartalom balról jobbra, soronként.	32
11. ábra: Lisztbogár lárva liszt hozzáadásával készített, különböző koncentrációjú húskrémek. Növekvő rovartartalom koncentráció balról jobbra, soronként.....	32
12. ábra: A tücsök liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színmérésének eredményei, és az ebből számított színkülönbség értékek.	33
13. ábra: A lisztbogár lárva liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színmérésének eredményei, és az ebből számított színkülönbség értékek.	33
14. ábra: A tücsök és lisztbogár lárva liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek színtelítettség eredményei.	35
15. ábra: A tücsök és lisztbogár lárva liszt hozzáadásával elkészített, a lisztet különböző koncentrációkban tartalmazó húskrémek sárga- és barnaindex eredményei.....	37

10. Táblázat jegyzék

1. táblázat: Különböző eredetű fehérjék százalékban megadott biológiai értékének összehasonlítása.	6
2. táblázat: Az EU-ban fogyasztásra engedélyezett rovarfajok és felhasználási formájuk listája.	12
3. táblázat: A hat különböző minta összetétele a különböző alapanyagok mennyiségei alapján.	27
4. táblázat: Lisztbogár lárva kombinációval készült húskrém nyersfehérje-tartalma az összetétel függvényében.	38
5. táblázat: Tücsök liszt kombinációval készült húskrém minta nyersfehérje-tartalma az összetétel függvényében.	39
6. Táblázat: Különböző kombinációval készült húskrém minta zsírtartalma az összetétel függvényében.	41

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

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

4.2. sz. melléklete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Szabó Gréta Mária
A Hallgató Neptun kódja:	YWFLO
A dolgozat címe:	Rovarok, mint alternatív fehérjeforrások felhasználása húskrém modellben
A megjelenés éve:	2025
A konzulens intézetének neve:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Táplálkozástudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

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

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

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

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

- nem titkosított dolgozat a védelmet követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitóri rendszerében.

2025. 10. 31.

Hallgató aláírása

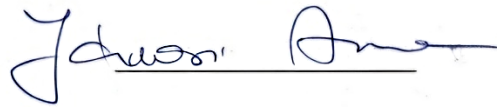
NYILATKOZAT

Szabó Gréta Mária (YWFLLO) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

2025. 10. 31.





belső konzulens

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Szabó Gréta Mária
Neptun-kódja:	YWFLLO
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb:
Tantárgy neve/kódja*:	Szakedolgozat
A munka címe:	Rovarak, mint alternatív fehérjeforrások felhasználása húskrémmel

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

I. TÁBLÁZAT: Asszisztensi vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)

(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)
hivatkozások keresése; nyelvhelyességi hibák ellenőrzése; fejezetek, alfejezetek logikus sorrendjének felállítása; szöveg gördülékenyebbé tétele (hosszú, összetett mondatok tagolása, koherens átfogalmazása)	Chat GPT-5	

II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)

(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve, verziója, elérhetősége	Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

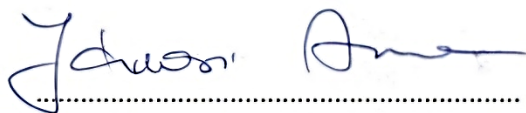
4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

Budapest, 2025. 10. 31.


.....

Hallgató aláírása


.....


.....

Konzulens/Témavezető aláírása