

SZAKDOLGOZAT

RÁCZ-SZABÓ PIROSKA

2025



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

**Hibrid hústermékek fejlesztése alternatív fehérjeforrások
alkalmazásával**

Belső konzulens:	Dr. Jánosi Anna tudományos főmunkatárs
	Dr. Takács Krisztina tudományos főmunkatárs
Belső konzulens intézete/tanszéke:	Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
Készítette:	Rácz-Szabó Piroska

Budai Campus

2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	1
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. Bemutató.....	3
2.2. A hús szerepe a táplálkozásban.....	4
2.2.1. A húsról általánosságban	4
2.2.2. A húsfogyasztással kapcsolatos ökológiai problémák	4
2.2.3. A hús egészségre gyakorolt hatása	5
2.3. A hüvelyes növények szerepe a táplálkozásban	8
2.3.1. Növényi alapú étrendek	8
2.3.2. A hüvelyes növények termesztésének környezeti hatások	9
2.3.3. A hüvelyes növények tápanyagtartalma és az emberi egészség.....	10
2.4. Rovarok mint élelmiszerek	11
2.4.1. A rovarfogyasztás elterjedtsége és elfogadottsága	11
2.4.2. A rovartenyésztés környezeti hatása	12
2.4.3. A rovarok tápanyagtartalma	14
2.4.4. A rovarok feldolgozási módjai	17
2.4.5. A rovarfogyasztással kapcsolatos élelmiszerbiztonság kérdései	17
2.4.6. A rovarfelhasználással kapcsolatos fogyasztóvédelem és jogi szabályozás az EU-ban	18
2.5. Konklúzió	21
3. Alkalmazott anyagok és módszerek.....	23
3.1. Anyagok.....	23
3.1.1. Alapanyagok	23
3.1.2. Mintaelőkészítés.....	23
3.2. Alkalmazott módszerek	24
3.2.1. Sütési veszteség meghatározása.....	24
3.2.2. Színmérés	25
3.2.3. Texture Profile Analysis állománymérés.....	25
3.2.4. Összetételi vizsgálatok.....	26
4. Eredmények és értékelésük	28
4.1. Sütési veszteség eredményei	28
4.2. Színmérés eredményei.....	29
4.3. Az állománymérés eredményei.....	32
4.4. Az összetételi vizsgálatok eredményei	34
5. Következtetések és javaslatok	35
6. Összefoglalás	36
7. Irodalomjegyzék	37

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke	42
9. Mellékletek	43
10. Köszönetnyilvánítás	47

1. Bevezetés és célkitűzések

A kutatásom célja megismerni a húsok, hüvelyesek és rovarok élettani és környezeti hatásait, elterjedtségüket, felhasználási módjaikat és az azokat érintő fogyasztóvédelmi kérdéseket. Az így megismert tudást hasznosítom egy termékfejlesztési ötletben, ahol hibrid hústermékeket fejleszték, és az előállított élelmiszer a táplálkozás-élettan tekintetében kedvezőbb profilt képvisel, miközben a környezeti fenntarthatóság szempontjai is érvényesülnek. A termékfejlesztési folyamat nem csupán a releváns tudományos háttér ismereteire épül, hanem a fogyasztói preferenciák és elvárások integrált figyelembevételével törekszik olyan megoldás kidolgozására, amelyek egyaránt szolgálják az egészségmegőrzést, a fenntartható élelmiszer-előállítást és a piaci elfogadottságot.

Az elgondolásom szerint ez a cél a flexitáriánus étrendet követve valósulhat meg, ami a mérsékelt húsfogyasztást és a megemelt zöldség- és gyümölcsfogyasztást helyezi előtérbe az egészség fenntartása és megbetegedések megelőzése vagy kezelése szempontjából. Ehhez többek között az emberi szervezet számára szükséges tápanyagok bevitelére van szükség, ami szénhidrátot, zsírt és fehérjét, valamint vitaminokat és ásványi anyagokat jelent. Emellett a biológiai szükségleteken túlmutatva modern társadalmunkban megjelennek egyéb igények is az étkezéssel kapcsolatban, ilyen például annak élvezete vagy mérsékelt környezeti lábnyoma, és ezeknek az összetett igényeknek a kielégítésében megoldást jelenthet a flexitáriánus étrend.

A fejlett fogyasztói társadalomban, ahol hozzá vagyunk szokva az élelmiszerek könnyű eléréséhez, kifejezetten gyakori és közkedvelt étel a hamburger. Számos formában és helyen kapható világszerte, és gyakran születik kreatív alternatíva a hagyományos változathoz képest, ami nem meglepő sokoldalúságának köszönhetően. A kutatásom is hamburgerben fogyasztható húspogácsák innovatív termékfejlesztéséről szól, ahol a húspogácsa, és így a hamburger fogyaszthatóvá válik egy flexitáriánus étrend részeként.

Ehhez az ötlethez alapos kutatásra van szükség az eredeti alapanyag, vagyis a hús tulajdonságainak, kedveltsége okának és előnyeinek-hátrányainak megismeréséhez, valamint innovációra ahhoz, hogy megtaláljam azt az alternatív alapanyagot, ami pozitívan hozzájárulhat az eredeti alapanyag tulajdonságaihoz, és kedvező változást hoz valamilyen szempontból a hamburger fogyasztáshoz.

Eddigi tanulmányaim és kutatásaim alapján potenciális alapanyagként tekinthetjük erre a célra a hüvelyes növények termését (az én kutatásom a vöröslencsét tanulmányozza), és egy

Európában új, gyorsan fejlődő, multifunkcionális állattenyésztési ágazatot, a rovarokét. Azonban további kutatásra van szükség ezen témák körében egy valós és releváns termék fejlesztéséhez, ezért valósult meg ez a kutatás. Emellett céлом az is, hogy a fenntarthatóság jegyében megismerjem a rovartenyésztés lehetőségeit, és rávilágítsak potenciális előnyeire a hagyományos állattenyésztéssel szemben, továbbá felmérjem a rovarok lehetőségeit az életünkbe való integrálásban élelmiszerként. Célja ennek a kutatásnak az is, hogy tudatosságot teremtsen erről az alternatív alapanyagról az élelmiszer- és takarmányiparban, csökkentse a tudásbéli hiányosságokat, és összegezze a kapcsolódó eddigi kutatások eredményeit.

A húspogácsa alternatívájaként megjelenik a kutatásomban a vöröslencsés húspogácsa és a tücsöklisztes húspogácsa, amik különböző mennyiségben tartalmazzák az alternatív alapanyagot. Kutatásom összehasonlítja a hagyományos és alternatív minták sütési veszteségét (gazdasági tényező), színét, állományát (kedveltségi tényező), és beltartalmi értékeit (fehérjetartalom, zsírtartalom – egészségügyi tényező).

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. Bemutató

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül a fenntartható életmód, és folyamatos elemzés tárgya az emberi élet és tevékenységeinek hatása a környezetre, valamint a körforgásos gazdaság kialakítása. Ezek a témák kihívás elé állítják az emberiséget, hiszen társadalmunk élelmiszerének fenntartható kivitelezése érdekében új alapanyagokra, technológiákra, de mindenekfelett szemléletformálásra van szükség.

A táplálkozási szokásaink Európában magukba foglalják az állati eredetű termékek fogyasztását (hús és húskészítmények, tej és tejkészítmények, tojás), és így a takarmányozás és állattartás fejlesztése is előtérbe kerül, legyen szó szárnyasokról, sertésről vagy marháról. Az elmúlt években ugrásszerűen nőtt az állati eredetű élelmiszerek iránti igény, a fejlett országokban a fehérjefogyasztás felértékelődött a fellendülő fitness trendekkel és egészség-tudatos életmóddal párhuzamosan. Ennek következtében a vásárlási szokások is ezt tükrözik. Ez a trend nem meglepő, hiszen a megfelelő fehérjebevitel esszenciális része egy egészséges, kiegyensúlyozott étrendnek (Mittendorfer és munkatársai, 2019).

Azonban ez a növekedés az állattenyésztésre is hatást gyakorol, ami problémát jelenthet a fenntarthatóság miatt. Az állattenyésztés az üvegházhatású gázok egyik forrása (8-10%-ban felelős az üvegházhatású gázok kibocsátásáért), amely a következő években a megnövekedett élelmiszertermelés következtében növekedni fog, hacsak nem történik jelentős előrelépés a kibocsátáscsökkentő technológiák terén. A jelenleg rendelkezésre álló technológiákkal van lehetőség az üvegházhatású gázok kibocsátásának mérséklésére, de ezek korlátozottak, és költségeik korlátozzák a megvalósíthatóságot. Ez rávilágít arra, hogy új technológiák fejlesztésének, illetve a meglévő technológiák költséghatékony megvalósításának kéne fókuszba kerülnie (Mittendorfer és munkatársai, 2019; O'Mara, 2011).

Tehát egyre nagyobb nyomás helyeződik az élelmiszeriparra, hogy csökkenő területen, nagyobb mennyiségben, változó éghajlat mellett tegyen eleget a fogyasztói és gazdasági igényeknek, emellett a hulladékgazdálkodásra és a károsanyag-kibocsátásra is legyen tekintettel.

2.2. A hús szerepe a táplálkozásban

2.2.1. A húsról általánosságban

A húsfogyasztás társadalmunkban a népesség növekedésével jelentősen nő, habár a hús már évezredek óta jelen van az emberiség táplálkozásában (Swatland, 2010). Nemcsak egészségügyi és élvezeti értéke, hanem gazdasági, környezetvédelmi, kulturális és szociális jelentősége is van, emellett komplex társadalmi tényezők kapcsolódnak a húsfogyasztáshoz. Jelenleg is számos kultúrában a jóléthez és bőséghez kapcsolódik, sok családban az étkezés egyik fő elemének tekintik a húst. Hazánkban is a húsnak fontos társadalmi szerepe van, nem egy hagyományunk kötődik a húsfogyasztáshoz; például télen a felnevelt sertés levágása és feldolgozása biztosította egy családnak az elkövetkezendő évre az állati eredetű élelmet. Emellett a világon sokak számára a húsfogyasztás vagy -kerülés a vallási meggyőződést tükrözi. Ebből is látszik, hogy a húsfogyasztáshoz kapcsolódnak bizonyos étrendi minták, amiket kulturálisan öröklünk. Egyéb preferenciaként megjelenik a hús érzékszervi tulajdonságai iránti szeretet vagy undor, az állatokkal való etikus bánásmóddal kapcsolatos aspektusok, a biodiverzitás megőrzése, valamint az egészséggel és a környezetkíméléssel kapcsolatos aggodalmak is (Forestell, 2018).

2.2.2. A húsfogyasztással kapcsolatos ökológiai problémák

A húsfogyasztással kapcsolatban egyre növekszik az igény a húscsökkentett vagy húsmentes termékekre a húselőállítás a környezetre gyakorolt potenciális negatív hatásai miatt. Godfray és munkatársai (2018) szerint jelentős negatív következményekkel jár a föld- és vízhasználatra nézve az ipari mértékű állattenyésztés, majd húsfeldolgozás. Ez azért van így, mivel a hús előállítása több üvegházhatású gázt állít elő egységenként, mint a növényi eredetű élelmiszerek, ezenfelül is a kérődző állatok jelentenek nagyobb kibocsátást. Az Európai Unióban egységre vetítve a marhahús 22,6, a sertéshús 3,5, a tojás 1,7, a baromfi 1,6, a tej pedig 1,3 kg CO₂-egyenérték/kg mennyiségű terhelést jelent, azonban ezek az értékek jelentősen eltérhetnek országok között azok bevett gyakorlatai miatt (Lesschen és munkatársai, 2011). Emellett a mezőgazdasági terjeszkedés erdőirtáshoz vezet, valamint a mezőgazdaság a legtöbb édesvizet a húselőállításához és állattartáshoz használja fel, komoly nehézséget okozva a fenntartható rendszereknek. A húselőállítás a nitrogén, a foszfor és más szennyező anyagok fontos forrása lehet, és hatással van a biológiai sokféleségre, főként a legelők és szántóföldi takarmánynövények miatt.

Azonban nem redukálhatjuk le ezt a problémát csupán az ökológiai aspektusra, hiszen a húsfogyasztás csökkentése nem jelentene megoldást erre a problémára a fejlődő országokban, vagy az alacsony keresetű háztartásokban, mivel sok esetben nincsen megfelelően tápláló, és gazdaságilag elérhető alternatíva (Parlasca és Qaim, 2022). Továbbá mérlegelnünk kell, hogy a növényi eredetű élelmiszerek ökológiai lábnyoma jelentősen különbözik-e a hússal kapcsolatos környezeti hatásoktól. Emellett fontos azt is kiemelni, hogy az állattenyésztés a világszerte nem élelmiszeripari termékeket is állít elő (O'Mara, 2011).

2.2.3. A hús egészségre gyakorolt hatása

A hús az emberi táplálkozás és egészséges étrend fontos részét képezi a mai napig, forrása a magas biológiai értékű fehérjéknek és alapvető tápanyagoknak. A húsnak a jóllakottsággal és a testsúlyszabályozással kapcsolatosan is van szerepe (Wyness, 2015).

Godfray és munkatársai (2018) szerint a hús jó energia- és tápanyagforrás, habár a benne megtalálható mikro- és makrotápanyagok húsfogyasztás nélkül is bevihetők kellő mennyiségben a szervezetbe, ha más élelmiszerek széles választéka áll rendelkezésre és kerül fogyasztásra. Emellett felhívják a figyelmet húsfogyasztás esetén a krónikus megbetegedések, például a vastagbélrák, szív- és érrendszeri betegségek megnövekedett kockázatára.

Hasonló kockázatokra hívja fel a figyelmet Boutron-Ruault és munkatársai (2017) kutatásukban, ahol a húsfogyasztás, krónikus megbetegedések és a halálozás közötti összefüggéseket vizsgálták. A magas húsfogyasztás része a „nyugati étrendnek”, amelyet alacsony gyümölcs- és zöldségfogyasztás, valamint a finomított gabonakészítmények, a zsír, a cukor és az ipari élelmiszerek magas fogyasztási szintje is jellemez. Ezért ezek az összefüggések nem vonatkoztathatóak egyértelműen a húsfogyasztásra, hiszen ezek a globális táplálkozási magatartások, valamint más egészségtelen viselkedési mintázatok befolyásolhatják azt. Azonban bizonyítékokat találtak arra, hogy a magas húsfogyasztás összefügghet bizonyos típusú rákos megbetegedések kockázatával, valamint az elhízással, cukorbetegséggel és a szív- és érrendszeri halálozással is, akár közvetlenül, akár a nyugati étrend más összetevőin keresztül.

Makrotápanyagokat tekintve a hús elsősorban fontos biológiai fehérjeforrás, amely a felnőttek számára szükséges mind a nyolc, a gyermekek számára pedig mind a kilenc esszenciális aminosavat tartalmazza. Ezek az aminosavak jobban hasznosulnak biológiai szempontból, mint az alternatív táplálékforrásokban, ami azért fontos, mert a fehérje a szervezet növekedéséhez, karbantartásához és javításához elengedhetetlen. A húsok átlagosan 20-24 g fehérjét tartalmaznak 100 grammonként, ezért magas fehérjeforrásnak tekinthetőek. A fejlett

országokban általában az átlagos fehérjebevitel meghaladja az egészséghez szükséges minimális fehérjeszükségletet, a fel nem használódott fehérje a szervezetben pedig energiaként raktározódik el, vagy használódik fel (Wyness, 2015).

Az egészségtudatos fogyasztói viselkedés nyomon követi a különböző életszakaszokban változó ajánlott napi fehérjebevitel mennyiségét. Ez azt jelenti, hogy amíg serdülőkorban, fiatal felnőtt korban van az ember, nagyobb a fehérjeigénye a szervezetének, mint időskorban. Emellett bizonyos élethelyzetek is befolyásolhatják a napi fehérjeszükségletünket az életkoron kívül, például a terhesség, betegségek vagy magas fizikai aktivitás. Az utóbbihoz kapcsolódik a fellendülőben levő fitness ipar, ami előnyben részesíti az alacsony szénhidrát- és zsírtartalmú, és a magas fehérje- és rosttartalmú ételeket; vagy éppen amelyet az adott diéta követése igényel. Viszont szinte minden alakformálást elősegítő étrendről elmondható, hogy nagy fehérjebevitelt igényel, aminek a követése a legegyszerűbben állati eredetű termékekkel valósítható meg (Day és munkatársai, 2022). Ezenkívül a fehérje jobban telít, mint a szénhidrát és a zsír, ami bizonyos alakformáló célok esetében kifejezetten kívánatos (Mittendorfer és munkatársai, 2019). A tápanyagok napi szükségletének mennyisége az életkor előrehaladtával és a különböző élethelyzetekben természetesen nem csak a fehérje esetében változik.

Másodsorban a zsír is fontos alkotóeleme a húsnak, mivel önmagában az a primer energiaforrása az emberi szervezetnek. A húsok zsírtartalma az állatfajtától, a takarmánytól, a darabolástól és a vágástól függően nagymértékben eltérhet, továbbá a zsír típusát, valamint a teljes zsírtartalmat fontos figyelembe venni, mivel nem egyfajta zsírovegyület létezik. Geranpour és munkatársai (2020) szerint a zsírsavak különböző típusú lipidek, amelyek közül léteznek esszenciálisak és nem esszenciálisak. Az emberi szervezet az előbbieket nem képes előállítani, ezért mindenképpen a táplálkozás során szükséges ezeket bevinnünk, például tengeri állatok, zöldségek, magvak és olajok által. Fogyasztásuk kifejezetten fontos a szervezet számára, mivel hiányuk komoly egészségügyi problémákat okozhat, például emésztőrendszeri megbetegedéseket. Továbbá a zsírsavaknak létezik egy olyan csoportja, amelyet bioaktív vegyületeknek nevezünk, ezek közepesen hosszú és hosszú szénláncú komplex molekulák. Ezek befolyással vannak az emberi szervezet gyulladási folyamataira és a homeosztázis fenntartására, azonban az egészségmegőrzésben és betegségmegelőzésben a többszörösen telítetlen zsírsavak a legfontosabbak. Ezek segítenek megelőzni a szív- és érrendszeri betegségeket, a neurológiai elváltozásokat és bizonyos rákos megbetegedéseket. A húspanban megtalálható főbb telített zsírsavak a palmitinsav, sztearinsav, mirisztinsav és a laurinsav.

Érdemes megemlíteni még, hogy az esszenciális zsírsavakat további két csoportba oszthatjuk: a szervezetünk által szintetizálódni nem képes esszenciális zsírsavak (omega-3 és omega-6), és az esszenciális funkciójú zsírsavak, amelyek valamelyik jelentős zsírsav előanyagai, ezért válnak esszenciálissá. Az omega-3 típusú zsírsavak közé három nevezetes zsírsavat sorolunk: a dokozahexaénsavat (DHA), az eikozapentaénsavat (EPA), és az α -linolénsavat (ALA). Az ALA az elsődleges közülük, hiszen előanyaga a DHA és EPA vegyületeknek, forrásai pedig lehetnek magok és olajok. Az omega-6 típusú zsírsavak közé főként a linolsavat (LA), a gamma-linolénsavat (GLA) és az arachidonsavat (ARA) soroljuk. Az LA és GLA gyakran megtalálható a táplálékban, és fő forrásai a növényi olajok; az ARA pedig főként zsírosabb állati termékekből fogyasztható, például húsból, tojásból és tejtermékekből (Geranpour és munkatársai, 2020).

Az élelmiszerek érzékszervi tulajdonságaiért a zsírok felelősek nagyrészt, ezáltal hozzájárulnak az ételek élvezeti értékéhez. Bár a zsírokban gazdag ételek emiatt általában ízletesebbek, ugyanakkor nagy az energiatartalmuk is, így magasabb a fogyasztó kitettsége az elhízással szemben (Drewnowski, 1997). Mégis elmondható, hogy a zsír nem hagyható el egyik étrendből sem, és hozzájárul a megfelelő anyagcseréhez, bélműködéshez, és krónikus megbetegedések elkerüléséhez az emberi szervezetben (Gómez-Cortés, és munkatársai, 2018).

A húsok hozzájárulnak az omega-3 és omega-6 zsírsavak beviteléhez, mivel tartalmazznak ALA, és LA zsírsavakat, és hozzájárulnak a DHA és EPA szintéziséhez. Nem elhanyagolható a húsok, hústermékek természetes alacsony transzszírsav-tartalma, amely az utóbbi időben kiemelt figyelmet élvez annak csökkentése érdekében. Érdemes még megemlíteni a konjugált linolsavat (CLA), ami számos potenciális egészségügyi előnnyel járhat a rák és a cukorbetegség tekintetében, valamint fokozza az immunfunkciót és befolyásolja a zsíranyagcserét. Az emberi szervezetben végzett kevés vizsgálat azonban ellentmondásos, mivel a kedvező hatások eléréséhez nagyon magas dózisok lehetnek szükségesek (Wyness, 2015).

Mikrotápanyagok szempontjából a hús számos biológiailag hasznosuló mikrotápanyagot tartalmaz, amelyek szükségesek az általános egészséghez és jóléthez; ilyen például a vas. A vas a húsból nagy hatékonysággal szívódik fel, és fokozza más típusú vasak felszívódását a gabonafélékből, zöldségekből és hüvelyesekből, amennyiben ezeket egyidejűleg fogyasztják. A hús és a húskészítmények a felnőttek (19-64 évesek) napi vasbevitelének 21 %-át, D-vitamin bevitelének 30 %-át, magnéziumbevitelének 15%-át, káliumbevitelének 18%-át és a cinkbevitelének 36%-át fedezik általánosságban. Az utóbbi tápanyagok szerepet játszanak többek között a megfelelő anyagcserefolyamatokban, idegrendszeri fejlődésben, kognitív

funkciók megfelelő ellátásában és az immunrendszer adekvát működésében (Domellöf és munkatársai, 2013, Prasad, 2008). Fontos kiemelni még a B₁₂-vitamint, ami elengedhetetlen eleme a vérképzésnek és az idegrendszeri folyamatoknak. Ennek a vitaminnak fő forrása a hús és tejtermékek, azonban a feldolgozási mód csökkentheti a mennyiséget (Gille és Schmid, 2015).

A húsfogyasztás kapcsán felmerülnek bizonyos aggodalmak az állatok által az emberi szervezetbe jutó antibiotikum-maradványok kapcsán is (Forestell, 2018). Ez egy kifejezetten összetett kérdés, és jelenleg kevés megbízható válasz áll rendelkezésünkre, mivel nagyon nehezen nyomom követhető a használt antibiotikumok útvonala. Az antibiotikumokat a haszonállatoknál megelőző és kezelő céllal alkalmazzák, de gyakran növekedésserkentőként is használják. Az aggodalom pedig elsősorban az emberben kialakuló antibiotikum-rezisztenciát érinti, ami hozzájárulhat az emberekben előnyös vagy előnytelen élő mikroorganizmusok túléléséhez, ez azonban még nem igazolt tudományosan. Az antibiotikumok szerepét az állattenyésztésben szigorúan szabályozni és ellenőrizni kell, valamint kutatások szükségesek az antibiotikum-maradványok lebontására szolgáló módszerek fejlesztésére az állati eredetű termékekben, hogy elkerülhető legyen az emberi egészség károsodása (Chang és munkatársai, 2014).

Az elmúlt időszakban felmerült húsfogyasztással kapcsolatos kihívásokra a megoldást az egészségügyi, gazdasági, környezetvédelmi, kulturális és szociális szempontok figyelembevételével kell megtalálni. Fontos látnunk a probléma sokoldalúságát ahhoz, hogy megértsük, és megfelelő válaszreakciót, megoldást találjunk.

2.3. A hüvelyes növények szerepe a táplálkozásban

2.3.1. Növényi alapú étrendek

A hüvelyesek alatt azokat a növényeket értjük, amelyek hüvelyben termő magvakat hoznak létre, és ezeket fogyasztjuk megfelelő feldolgozás után. Az emberi fogyasztásra felhasznált hüvelyesek közé tartoznak a borsók (zöldborsó, csicseriborsó), babok (feketebab, zöldbab, szójabab), a lencsék (vöröslencse, sárgalencse), és a földimogyoró (Maphosa és Jideani, 2017). Ezek a növények szerves részét képezik a vegetáriánus és egyéb alternatív étrendeknek (mivel növények között magas fehérjetartalommal rendelkeznek), amelyek követése egyre nagyobb népszerűségnek örvend az elmúlt évtizedekben. Az, hogy az egyének milyen mértékben választják az állati termékek fogyasztását vagy kerülését, folyamatosan változik. Azokat, akik elutasítják az állati húst tartalmazó élelmiszerek fogyasztását, vegetáriánusoknak nevezik.

Azonban léteznek alkategóriái is a vegetáriánusoknak, amik a különböző állati eredetű termékek kerülésére vagy fogyasztására fókuszálnak (például a vegánok, peszkateriánusok, lakto-ovo vegetáriánusok, stb). Azok pedig, akik túlnyomórészt vegetáriánus étrend szerint étkeznek, de alkalmanként húst fogyasztanak, őket flexitáriánusoknak nevezzük (Forestell, 2018).

Jelenleg a társadalmunkban a mindenevők csoportja a legnagyobb, azonban egyre nő az érdeklődés a flexitáriánus étrendet követő egyének táplálkozási szokásai, vagyis húsok kerülése vagy fogyasztásának csökkentése iránt. Ez azért is adódhatott, mert a növekvő egészségtudatosság hozta magával azt a nézetet, miszerint a vegetáriánus étrend egészségesebb szervezetet és hosszabb életet eredményez. Ez az étrend a növényi élelmiszerek előtérbe helyezésével a betegségekre való kisebb kitettséget eredményez, azonban kutatások megállapították, hogy ezt az étrendet követő egyének más, a betegségek kockázatát csökkentő életmódbeli tényezőket is hajlamosabbak elfogadni, például kevesebbet dohányoznak, kevesebb alkoholt fogyasztanak és többet mozognak (Sadler, 2004). Forestell munkája (2018) szerint a húsok és húskészítmények számos releváns tápanyagot tartalmaznak, mégis a legújabb ajánlások szerint a zöldségekben, gyümölcsökben és teljes kiőrlésű gabonafélékben gazdag, húsokban szegényebb étrend a kívánatosabb egészségügyi eredményekkel jár.

Ebben a témakörben fontos megemlíteni a húsanalógokat, amik olyan élelmiszeripari készítmények, amelyek a húst hivatottak utánozni, helyettesíteni és alternatívát kínálni helyette. Jellemzően növényi eredetű alapanyagokból állítják őket össze valamilyen célból, például a fenntarthatóság nevében. Azonban nagyon nehéz munkája van a szakembereknek, hogy a beltartalmi értékek mellett az ízt, színt és állományt is reprodukálni tudják, hogy hasonló élvezeti értékkel bírjon, mint az utánozni kívánt termék. Sikeresen alkalmazták már húsanalógok előállítására többek között a szójababfehérjét és a búzasikért, valamint a gyapotmagfehérjét is (Joshi és Kumar, 2015).

2.3.2. A hüvelyes növények termesztésének környezeti hatások

A hüvelyesek termesztése és fogyasztása jelentősen hozzájárulhat a környezeti válságok enyhítéséhez. Termesztésük a mezőgazdaság 1,4%-át tette ki 2018-ban Európában, azonban az elmúlt évtizedekben csökkenő tendenciát mutat, valószínűleg a versenyképesebb gabonafajták miatt (Ferreira és munkatársai, 2021). Jótékony tulajdonságaik nem csak az emberi egészség területén érvényesülnek, hanem az ökoszisztémában való részvételben is. Ezek a növények beilleszthetőek akár a vetésforgóba, ezzel növelhető a talaj termékenysége, és az általános egészségi állapota. Emellett széles körben alkalmazkodnak a különböző talajokhoz és éghajlati

viszonyokhoz, ezért a változó éghajlat mellett is releváns szereplői maradhatnak az élelmiszeriparnak. Az élelmiszeriparon kívül a takarmány- és üzemanyagiparban is jelentős szereplővé válhatnak (Lal, 2017).

Joshi és Kumar munkája (2015) szerint a húsalapú étrend lényegesen nagyobb ökológiai lábnyomot hagy maga után, mint egy növényi alapú étrend, mivel az állatok takarmánya is jórészt növényekből tevődik össze. Jelenleg a szójabab és lóbab a meghatározó hüvelyesek Európában, viszont a szójabab termesztése növekedett jelentősen az elmúlt évtizedekben, mivel az állattenyésztésben takarmányozásra szolgáló, magas fehérjetartalmú alapanyagok között ez gazdaságosan kitermelhető. A termesztés mintegy kétharmadát fordítják takarmányozásra, egyötödét pedig emberi fogyasztásra. Egyéb, főként állati takarmányozásra használatos hüvelyes még a csillagfürt (Ferreira és munkatársai, 2021).

Habár a növénytermesztéssel és -fogyasztással kevesebb aggodalom kering a közéletben, problémát jelent a növényvédő szerek túlzott használata. Rani és munkatársai (2021) munkája szerint ezek a szerek - mint a gyomirtó, rovarirtó, gombaölő és füstölő szerek - hozzájárulnak ahhoz, hogy a mezőgazdaság jelenlegi formájában ki tudja szolgálni az emberek növényfogyasztási szükségleteit, és nem csupán a mezőgazdaságban, hanem házi termesztésben is megtalálhatóak. Fontos szerepet töltenek be abban, hogy távol tartsák a kártevőket, rágcsálókat a növényektől, és azok minősége és termékenysége a lehető legnagyobb lehessen. Mindemellett annak a kockázatát hordozzák magukban ezek a szerek, hogy nem bomlanak le megfelelően és időben, így a környezetben maradvá károsítják a talajt, vizeket, közvetett módon pedig az élőlényeket és az ökoszisztémát. Mivel napjainkban szükség van a peszticidek használatára, ezért azok szigorú ellenőrzése és a megfelelő tájékoztatás elengedhetetlen, és egyéb alternatív (környezetbarát és költséghatékony) növényvédő szerek vagy technológiák kutatása is folyamatban van.

2.3.3. A hüvelyes növények tápanyagtartalma és az emberi egészség

Egyre nagyobb hangsúlyt kapnak a hüvelyesek és olajos magvak, főként a belőlük származó fehérjék, különböző funkcionális élelmiszerek gyártásához, mivel kiegyensúlyozott aminosav-összetételt biztosítanak gabonafélékkel együtt fogyasztva. Amennyiben száraz magok formájában kerülnek begyűjtésre, fehérjében, mikrotápanyagokban és rostban gazdagok, ezért fontos alternatív élelmiszeripari alapanyagként tartjuk ezeket számon. Továbbá a gabonafélék után a második legfontosabb tápanyagforrásként értékelt hüvelyesek fehérjetartalma 20-45%, szénhidrátartalma ~60%, rosttartalma 5-37%, alacsony zsírtartalmúak és nem tartalmaznak koleszterint, valamint alapvető ásványi anyagokat és vitaminokat biztosítanak. Táplálkozási

jótejkony tulajdonságaik mellett gazdasági, kulturális és gyógyászati szerepük is lehet, mivel tartalmaznak bioaktív vegyületeket, amelyek többsége antioxidáns hatású. Így hozzájárulhatnak egyes rákos megbetegedések, szívbetegségek, csontritkulás és más degeneratív betegségek megelőzéséhez. Beltartalmi tulajdonságaikat tekintve előnyösök lehetnek speciális étrendet követő emberek számára, mint a cöliákiások, cukorbeteg (alacsony glikémiás index), valamint aktív sportolók és egészségtudatos fogyasztók (Maphosa és Jideani, 2017; Zander és munkatársai, 2016).

Komoly kihívást jelentenek az élelmiszeripar számos ágazatában a mikotoxinok, amelyek a legfontosabb szennyezőanyagok az élelmiszerekben, és általában penészgombák (*Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium*) által termelt másodlagos metabolikus anyagok. A hüvelyesek esetében is fontos kiemelni a mikotoxinok előfordulásának lehetőségét, mivel ideális táptalajt nyújthatnak az azokat termelő gombáknak. Azonban a jelenlevő mikotoxin-típusok régiótól és fajtától függhetnek (Acuña-Gutiérrez és munkatársai, 2022).

A korábban említett növényvédő szerek a környezeti kockázat mellett élelmiszerbiztonsági kockázatot is hordoznak magukban, mivel a növény szövetébe vagy rá kerülve előfordulhat, hogy emberi fogyasztásra kerülnek ezek az erősen mérgező szerek, így akut vagy krónikus egészségügyi problémát okozhat a fogyasztónak, például rákos megbetegedések, cukorbetegség, reproduktív, légzőszervi vagy idegrendszeri rendellenességek (Rani és munkatársai, 2021).

A hüvelyesek esetében gyakran emlegetett kellemetlen mellékhatás a puffadás, valamint diszkomfort érzet. Ezt főként a bennük található oligoszacharidok okozzák, amik emészthetetlen molekulák, és a bélrendszeren végighaladva végül a vastagbélben található bélbaktériumok bontják őket, ami gázképződéssel járhat. Ez a kellemetlen hatás mérsékelhető vízbe áztatással, mivel a víz kioldhatja a szénhidrátok egy részét. Emellett ezek a szénhidrátok prebiotikus hatással is lehetnek, vagyis támogathatják a jótejkony bélbaktériumokat (Maphosa és Jideani, 2017).

2.4. Rovarok mint élelmiszerek

2.4.1. A rovarfogyasztás elterjedtsége és elfogadottsága

Az entomofágia, vagyis rovarevés habár Európában és Észak-Amerikában egy megosztó jelenség, az ázsiai, afrikai, közép- és dél-amerikai kultúrákban már régóta tradíció. (Nesic és Zagon, 2019). Mivel a Földön több mint 1 millió leírt faj él, és a világ különböző részein már több mint 2000 fajt fogyasztanak, az ebben a sokszínű erőforrásban rejlő lehetőségek látszólag

végtelenek (Dossey és munkatársai, 2016). Annak ellenére, hogy olyan nemzetközi szervezetek, mint az ENSZ Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezete, szorgalmazzák az entomofágia táplálkozási, környezeti és gazdasági előnyeit, a nyugati társadalmakban továbbra is fennállnak a szemléletbeli akadályok. Wilkinson és munkatársainak (2018) tanulmánya a rovarok táplálékként való ismertségét és elfogadását vizsgálta. Ebben a tanulmányban egy online kérdőív keretein belül 820 fogyasztói választ kaptak, miszerint a résztvevők 68%-a hallott már az entomofágiáról, de csak 21%-uk evett korábban rovarokat. Ezek közül a leggyakrabban kóstolt rovarok a lárvák, hangyák, szöcskék és tücskök voltak. A résztvevő fogyasztóknak a legfontosabb tényezők az íz, a megjelenés, a biztonság és a minőség voltak, amelyek befolyásolták a fogyasztók hajlandóságát arra, hogy kipróbálják a rovarok fogyasztását. A rovarok már létező termékekbe (pl. kekszekbe, péksüteményekbe, tésztákba) vagy főtt ételekbe való beépítése szintén növelte azok népszerűségét.

Ezeket az eredményeket az élelmiszeripar felhasználhatja olyan termelési és marketingstratégiák kidolgozásához, amelyekkel leküzdhetők a rovarfogyasztás előtt álló akadályok. A társadalmi normák változása lassú, de létező folyamat, amihez az egyén, az egészségügyi szervezetek és a kormányzatok összehangolt munkája járulhat hozzá (Godfray és munkatársai, 2018).

2.4.2. A rovartenyésztés környezeti hatása

Az intenzív rovartenyésztés európai viszonylatban nagyjából egy évtizedes múlttra tekint vissza, takarmányozási és élelmezési célú feldolgozásuk pedig az utóbbi években egyre nagyobb figyelmet von magára, mivel a rovarok feldolgozása és fogyasztása kis környezeti lábnyommal rendelkezhet összehasonlítva más fehérjeforrásokkal. Ez a kisebb ökológiai lábnyom a földhasználatban, a takarmány értékes fehérjévé történő átalakításának hatékonyságában, valamint az üvegházhatású gáz- és ammóniakibocsátásban nyilvánulhat meg (van Huis és Vantomme, 2014). Ennek oka, hogy a rovarok kevesebb földterületet igényelnek a tenyésztésükhöz, kevesebb vizet és takarmányt az élelmezésükhöz, miközben hatékonyabban hasznosítják az elfogyasztott tápanyagokat. Ide tartozik az is, hogy a rovarok képesek az alacsony értékű szerves melléktermékeket jó minőségű élelmiszerré vagy takarmánnyá alakítani, így a hulladékkezelés tekintetében szől mellettük érv (Kovács és Szűcs, 2024).

Derrien és Boccuni (2018) szerint ki kellene terjeszteni az EU jogalkotási lehetőségeit, hogy más értékes erőforrásokat is fel lehessen használni szabályozott módon a rovarok segítségével. A kutatás egyik kiemelt témája lehetne az eladatlan, illetve a gyártási vagy csomagolási hibák miatt kiselejtezett termékek, valamint a vendéglátóhelyektől, gyáraktól származó élelmiszer-

hulladékok biztonságos felhasználásának feltételeinek feltárása. Természetesen ebben az esetben is az engedélyezés akkor válhat valós opcióvá, amennyiben bizonyosságot nyer az, hogy ez a tevékenység nem jár biztonsági kockázatokkal, sem pedig káros egészségügyi hatásokkal a célállatokra és az emberekre nézve.

Ahogy korábban említettem, az állattenyésztési rendszerek környezeti hatásai a takarmány előállításából és az állattartásból erednek. A mezőgazdasági területek 70%-át és a Föld összes földterületének 30%-át most is állattenyésztésre használják (Dossey és munkatársai, 2016). Oonincx és munkatársai (2015) szerint a rovarok hatékonyan alakítják át a takarmányt testtömeggé, és ezért fenntarthatóbb élelmiszer- és takarmányforrást képezhetnek. Ebben a kutatásban négy különböző takarmányt állítottak össze az élelmiszeripar melléktermékeiből úgy, hogy eltérő beltartalmi értékekkel rendelkezzenek (zsír- és fehérjeösszetételt tekintve). Ezeket a takarmányokat argentin csótányoknak (*Blaptica dubia*), fekete katonalegyeknek (*Hermetia illucens*), közönséges lisztbogaraknak (*Tenebrio molitor*) és házi tücsköknek (*Acheta domesticus*) adták. Az első két faj potenciális takarmány-összetevő lehet, amíg az utóbbi kettő az emberek ételmezésében vehet részt. A kutatásban meghatározták a takarmányhasznosítási hatásfokot, a fejlődési időt, valamint a kémiai összetételt (nitrogén, foszfor és zsírsavakra vonatkoztatva). Az eredmények a következők: az argentin csótány és a fekete katonalegy hatékonyabban alakította át a takarmányt, mint a közönséges lisztbogár és a házi tücsök. Az első kettő a hagyományos haszonállatoknál hatékonyabb volt, míg az utóbbi kettő hasonló hatékonysággal alakította át, mint a baromfi vagy a sertés. Továbbá a rovarfajok összetétele megváltoztatható az étrendjükön keresztül, és a rovarok hatékonyabban hasznosították a fehérjét, mint a hagyományos haszonállatok. Ezért jogosan tekinthetünk a rovarokra a haszonállatok alternatívájaként ebből a szempontból.

Fontos szempont a rovarok esetében az is, hogy a Föld ökoszisztémáját és biológiai sokféleségét tenyésztésük ne befolyásolja negatívan. A trópusi országokban az ehető rovarokat a természetből gyűjtik, de a túlzott kiaknázás, az élőhelyek megváltozása és a környezetszennyezés veszélyezteti ezt az élelmiszerforrást, így mindenképpen zárt rendszerekről beszélünk, ha tenyésztésükről van szó, ahol egységesen fenntartható betakarítási gyakorlatokat kell kidolgozni és bevezetni. A rovartenyésztés történhet kisgazdaságokban vagy nagyüzemi tenyésztő létesítményekben (van Huis és Oonincx, 2017). Az európai rovartermesztési szektor jelenlegi állása szerint a termelők túlnyomó többsége zárt, beltéri rendszerekben végzi a tenyésztést, amelyek biztosítják az optimális körülményeket a rovarok fejlődéséhez. Kiemelkedő technológiai megoldások születtek, amelyek az automatizációra,

valamint a nevelési környezet és takarmány-összetétel precíz optimalizálására épülnek. Ezek az innovációk elengedhetetlenek a rovarok nagyüzemi előállításához. Az ilyen előrelépések révén az európai rovaripar ma a világ élvonalába tartozik az innováció és technológiai fejlesztések területén (Derrien és Boccuni, 2018).

2.4.3. A rovarok tápanyagtartalma

A rovarokat általában értékes fehérjeforrásnak tekintik, ezt támasztja alá Nesic és Zagon (2019) kutatása is. Szerintük magas fehérjetartalmuk, kiegyensúlyozott aminosav-összetételük és egyéb tápanyagtartalmuk miatt, állati takarmányként való felhasználásuk mellett a hagyományos állati eredetű élelmiszerek vonzó alternatívájává válhatnak az emberi táplálkozásban. A rovarfajoktól függően a fehérjetartalom akár 63% is lehet, mint például a fekete katonalégy és a házilégy (*Musca domestica*) lárvái esetében. Ha takarmánynövényekkel vetjük őket össze, aminosav-tartalmuk is kedvezőbbnek bizonyul az esszenciális aminosavakat tekintve. Ezen légyfajták nagy részét lipidek alkotják, így a belőlük előállított liszt zsírtartalma 14-27% között alakul. A bennük található fő zsírsavak a palmitinsav, palmitoleinsav és az olajsav. Egy másik kutatás szerint a rovarok átlagosan 35-62% fehérjét, 3-57% zsírt és 3-12% kitint tartalmaznak (Rahman és munkatársai, 2023).

Azonban a fehérjetartalom meghatározása nem lehetséges kifejezetten egyértelmű módszerrel, mint egy adott vegyület kimutatása, hiszen nem egyetlen vegyületet jelent. A fehérjék peptidkötések által összetartott aminosavak csoportja, emellett a fehérjékhez az élő szervezetekben és az élelmiszerekben gyakran egyéb vegyületek is kapcsolódnak. Ezért a fehérjék összmenyisége kerülhet meghatározásra, mégpedig olyan módon, hogy egy jellegzetes összetevőjét vagy egy egész vegyületcsoportra jellemző tulajdonságot mérünk (például oldalláncok vagy peptidkötések reakciói, UV abszorbanciája). Elterjedt nyersfehérje-meghatározási módszer a Kjeldahl-féle módszer. Ez a módszer azt használja ki, hogy a bizonyos fehérjetípusok átlagos nitrogéntartalma vehető állandó értéknek. Ezt az értéket 16%-nak tekintik, de specifikusan gabona-, állati vagy egyéb típusú fehérjék esetében is ismertek ezek az értékek. Így a mérés során a nitrogéntartalmat határozzuk meg, amit aztán korrigálunk az átlagérték reciprokával ($100/16=6,25$), hogy megkapjuk a százalékos fehérjetartalmat, ez a ma használatos szabvány. Ezzel kapcsolatban fontos tudni, hogy a szabvány eltekint az átlagos nitrogéntartalomban létező különbségektől. A módszer röviden ismertetve roncsolásból, desztillációból és visszatitrálásból áll (Amtmann és munkatársai, 2016).

A rovarok bizonyítottan nagy fehérjetartalommal rendelkeznek, bár a mérési módszer tökéletlenségét támasztja alá a rovarok esete. A rovarok külső váza, a kitinváz kitinrostokból

épül fel, amelyek számos N-acetilglükózaminból álló poliszacharidok. Ebből adódik, hogy az emészthető fehérjetartalmat könnyen túlbecsülhetjük 6,25-ös nitrogén-fehérje átváltási tényező használata miatt, mivel a kitin nem-fehérje alapú nitrogént is tartalmaz. Emellett más, az ember számára nem emészthető, hozzáférhetetlen fehérjéket is tartalmazhatnak a rovarok, ez is a túlbecslést eredményezi. A módszer korrigálását jelentené az, ha a rovarokra jellemző átváltási tényezőt sikerülne meghatározni, azonban a különböző rovarfajok, és életszakaszok esetében a kitintartalom igen változó (Jonas-Levi és Martinez, 2017). Oonincx és munkatársai (2015) a négy rovarfajt tanulmányozó kutatásukban arra lettek figyelmesek, hogy az amerikai csótányoknál húgysav (amely tartalmaz nitrogént) halmozódik fel, amikor nagy fehérjetartalmú étrendet fogyasztanak. Ha ez az argentin csótányokra is igaz, akkor a valódi fehérjetartalmukat torzítaná ez a vegyület.

Finke (2007) kutatása szerint a vizsgált rovarok becsült kitintartalma 2,7-137,2 mg/kg között alakult, vizsgálati módszertől függően. Ezek az adatok azt indikálják Finke (2007) szerint, hogy a vizsgált fajok esetében a kitinből származó nitrogén mennyisége meglehetősen kicsi, így a nyersfehérje-meghatározás eredménye reális becslést ad a fehérjetartalomról. Továbbá a kitin meghatározása lehetséges egy gravimetriás módszerrel, ahol a kitin azonosítható savval oldható rostfrakció fehérjementes részeként. Ennek értelmében ez a frakció, vagyis a kitin befolyásolja a tápanyagok emészthetőségét, valamint Sándor és munkatársai (2023) munkája szerint a korábbi vizsgálatok alapján ez a befolyásoltság negatív irányba történik, ez pedig egészségügyi kockázatot hordozhat magában.

Perez-Santaescolastica és munkatársai (2023) tanulmánya hét ehető rovarfaj zsírsav- és aminosavprofilját elemzi (*Acheta domesticus*, *Alphitobius diaperinus*, *Blaptica dubia*, *Galleria mellonella*, *Locusta migratoria*, *Tenebrio molitor* és *Zophobas morio*). Az elemzés szerint a rovarokban az olajsav és a linolsav volt a domináns a zsírsavösszetételben, ezek mellett jelentős mennyiségű ALA zsírsavat és DHA zsírsavat találtak, ezek kifejezetten előnyös zsírsavprofil mutatnak emberi fogyasztásra. Az aminosavak szempontjából a rovarok glutaminsavban gazdagok, nagy mennyiségben tartalmaznak glutamint, alanint, tirozint, aszparagint és aszparaginsavat. Fajtól függően változott a kénes és az aromás aminosavtartalom. Az összes vizsgált rovarfajból nyert fehérje kiváló minősítést kapott eszerint a kutatás szerint. Azonban fontos megjegyezni itt is, hogy az aminosavak jelenléte függ a rovarok takarmányától, feldolgozástól és az egyéb élelmiszer-összetevőkkel való kölcsönhatástól. Ebben a kutatásban szóba került az is, hogy egy tápanyagnak nem csak a mennyisége, hanem a minősége is meghatározó, tehát hogy emészthető-e az emberi szervezet számára. Az emészthetőséget

befolyásolhatja a rovar típusa, életszakasza, a feldolgozási módszer, a kitin jelenléte és mennyisége, valamint az antinutritív anyagok jelenléte. Az antinutriensek olyan természetes anyagok, amelyek gátolták az emészthető és hasznos tápanyagok felszívódását. Ezek az anyagok gyakrabban fordulnak elő növényi alapú élelmiszerekben, mint állati termékekben, mégis a különböző rovarfajtákban kimutattak tannin, oxalát, hidrogén-cianid, fitát, szaponin és alkaloid anyagokat, amelyek eltávolítására még a módszer kidolgozásra vár (Imathiu, 2020).

Poliszacharid-tartalmuk domináns részét a kitin adja, ami a rovarok külső vázának fő alkotóeleme. Összeségében Mlcek és munkatársai (2014) áttekintése szerint az ehető rovarok szénhidrát-tartalma 6,71% és 15,98% között változik.

Oonincx és munkatársai (2015) korábban említett kutatása a rovarok zsírsavprofiljának omega-3 és omega-6 zsírsavtartalmát is vizsgálta. Az emberi és állati egészség szempontjából az omega-3 és az omega-3/omega-6 zsírsavak aránya meghatározó főként. Négy rovarfaj esetében (argentin csótány, fekete katonalégy, közönséges lisztbogár, házi tücsök) azt találták, hogy az omega-3 zsírsavak kis koncentrációban ($\leq 1,5\%$), míg az omega-6 zsírsavak magasabb koncentrációban voltak jelen a rovarokban. A két zsírsav aránya 5 felett optimálisnak tekinthető, és ezen rovarok esetében ez az érték 5,8-102,1 között alakult, viszont fontos megjegyezni, hogy az étrend befolyásolja ezt az értéket. Egyéb fontosabb zsírsavak esetében kaprinsav és laurinsav volt kimutatható különböző mennyiségben az egyes fajok esetében, ebből arra lehet következtetni, hogy az összetétel nem csak étrendtől függ, hanem fajspecifikus is. Egyik rovarfajban sem találtak vajsavat, kapronsavat, kaprilsavat, undecilénsavat vagy erukasavat.

A rovarok vitamintartalma is igen fajspecifikus, de elmondható, hogy az ehető rovarok főként A-, B₁-, B₂-, B₆-, C-, D-, E- és K-vitamint tartalmazznak. Ásványi anyag-tartalmukat vizsgálva azt láthatjuk, hogy a tücsök és lisztbogár nagy mennyiségben tartalmazznak káliumot, nátriumot, kalciumot, rezet, vasat, cinket, mangánt, foszfort (Mlcek és munkatársai, 2014).

Payne és munkatársai (2015) kutatása a kereskedelmi forgalomban kapható ehető rovarok tizenkét kiválasztott fajtájáról szisztematikus áttekintést készített. Főbb megállapításai az eredmények alapján a következők lettek: az INFOODS/EuroFIR ajánlásokhoz képest az ehető rovarok tápanyag-összetételét leíró adatok alacsony minőséget mutattak. Az összetételt tekintve az adatok egyértelmű fajon belüli eltérést mutattak, mind a makro-, mind a mikrotápanyagok arányában. Ez rávilágít a külső tényezők (például takarmány-összetétel) jelentőségére.

2.4.4. A rovarok feldolgozási módjai

Egy ígéretes iparág van fejlődőben, amely a rovarok felhasználására támaszkodik, és célja a rovarok innovatív hasznosítása az élelmiszer- és takarmányipar területén elsősorban. A rovarok adta lehetőségek kiaknázása érdekében érdemes biztosítani azok fenntartható előállítását, ez pedig a rovartenyésztési technológiák továbbfejlesztésével érhető el. A rovarok hasznosíthatóak alapanyagként porokban, pasztákban, folyadékokban, zsírokban, vagy egyéb termékfejlesztési ötletekben, biofrakcionált vagy teljes formában (Dossey és munkatársai, 2016). Ahhoz, hogy a frakciók felhasználhatóak legyenek élelmiszer- és takarmányipari készítményekben, fontos ismerni azok fizikai és kémiai tulajdonságait, amiket jelentősen befolyásolnak a frakcionálás lépései (Rahman és munkatársai, 2023).

Feldolgozási formák lehetnek még a pörkölés, párolás, szárítás, marinálás, sütés vagy főzés, ezek javíthatják az élelmiszerbiztonságot, az élvezeti értéket és az eltarthatóságot. Azonban ezek a feldolgozási módszerek, csomagolás és tárolás általában kedvezőtlen hatással vannak a beltartalmi értékekre, azonban ezzel kapcsolatosan ellentmondásosak a kutatások (Imathiu, 2020). Továbbá problémát jelenthet a fogyasztói elfogadottságban az, hogy Ribeiro és munkatársai (2023) kutatása szerint a feldolgozás során barnulás figyelhető meg, valamint idegen illat és íz jelenhet meg a rovarfajtától és a feldolgozási módtól függően.

2.4.5. A rovarfogyasztással kapcsolatos élelmiszerbiztonság kérdései

A rovarok fogyasztásának kardinális kérdése annak ártalmatlansága az emberi egészségre nézve, amivel az élelmiszerbiztonság foglalkozik. Ennek hiányában vagy korlátozott meglétében nem lehet a rovarok élelmiszer célú feldolgozásában gondolkodni. A kapcsolódó kockázatokat három csoportba sorolhatjuk: kémiai, biológiai és allergén kockázatok.

A mikotoxinok, és az azokat termelő penészgombák jelen lehetnek a rovertakarmányban, azonban kiküszöbölhető a jelenlétük és termelődésük megfelelő feldolgozási módszerekkel. A mikotoxinok mellett a nehézfémek (például ólom, higany, arzén és kadmium) is visszatérő problémát jelentenek az ipar számára. Jól ismert, hogy már kis koncentrációban is kedvezőtlen egészségügyi hatást tudnak kifejteni a szervezetben. Felhalmozódásuk több tényezőtől is függ, mint a rovarfaj, ételszakasz és takarmány, és a kitettség kockázata a kontrollált körülményeknek köszönhetően erősen lecsökkenne. További kockázatot hordoznak magukban a növényvédő szerek maradványai a rovarok szervezetében abban az esetben, ha vadon élő rovarok fogyasztásáról beszélünk. Azonban zárt tenyésztési körülmények között lehetséges a peszticidmentes rovarok előállítása.

Az élelmiszerbiztonság jelentős részét képezik a mikrobiológiai eredetű szennyeződések felismerése és elkerülése. A rovarok hordozhatnak különböző baktériumokat és vírusokat, és feldolgozásuk, tárolásuk során lehetőség adódik a kórokozók elszaporodására. Azonban az EFSA (Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság) szerint nagyban függ ez a szennyezettség a rovarfajtól, takarmánytól és a feldolgozás közbeni higiéniai gyakorlatoktól. Érdemes kiemelni az *Escherichia*, *Staphylococcus* és *Bacillus* patogén mikroorganizmus nemzetségeket, amik nagy kockázatot jelentenek megbetegedés szempontjából mind a rovarokra, mind az emberre. Az állati termékek esetében különös tekintettel vannak a mikrobiológiai előírások a *Enterobacteria*, *Clostridium* és *Salmonella* fajokra (Derrien és Boccuni, 2018). Potenciális veszélyt jelenthetnek a rovarokban a paraziták is, például *Dicrocoelium dendriticum*, *Entamoeba histolytica*, *Giardia lamblia* és *Toxoplasma* fajok jelenléte. Szinte már magától értetődő, hogy ezen kockázatok jelentősen csökkenthetők a kontrollált rovartenyésztési módszereknek köszönhetően. Az élelmiszerbiztonságot és eltarthatóságot elősegíti még valamilyen fajta hőkezelés, mivel a megfelelő hőkezelési méretezés képes elpusztítani a legtöbb potenciálisan veszélyes mikroorganizmust.

Az élelmiszerekre adott allergiás reakciókat az allergén anyagok okozzák, és komoly megbetegedésekhez, halálhoz is vezethetnek. Ezért az élelmiszerlánc minden tagjának felelőssége van abban, hogy az allergének detektálhatóak és elkerülhetőek legyenek. Azonban ez nagy kihívást jelent a szakembereknek, mivel sok esetben a fogyasztó nem tud az allergiájáról, illetve számos allergén létezhet attól függően, hogy az adott fogyasztó mire érzékeny. A rovar esetében főként a fehérjék okozhatnak allergiás reakciót, például az arginin-kináz, vagy az α -amiláz és a tropomiozin (Murefu és munkatársai, 2019). Mivel a rákfélékhez közel állnak, a hasonló vegyületek hasonló allergiás reakciót válthatnak ki a rákokra allergiás egyéneknél. Ezenfelül a rovarok durva, őrölt formában bélirritáló hatásúak lehetnek. Ezen kockázatok miatt megelőző intézkedéseket kell kidolgozni és alkalmazni a fogyasztók egészségének védelme érdekében. A rovarokkal kapcsolatos élelmiszerbiztonsági kérdések még további kutatásokat igényelnek a megfelelő ártalmatlanság biztosítása érdekében (Imathiu, 2020).

2.4.6. A rovarfelhasználással kapcsolatos fogyasztóvédelem és jogi szabályozás az EU-ban

Habár már elkezdődött az ehető rovarok jogi szabályozása, még sok tekintetben kidolgozásra várnak az egyértelmű iránymutatások. Jelenleg az Európai Unióban a következő négy rovarfaj van engedélyezve forgalomba hozatalra és fogyasztásra: közönséges lisztbogár, házi tücsök,

keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*), alombogár (*Alphitobius diaperinus*) - különböző formákban, például szárított, porított vagy fagyasztott állapotban. Az ilyen élelmiszereket kizárólag uniós engedélyezés után lehet forgalomba hozni, amelyet a 2015/2283 rendelet szabályoz (Nemzeti Élelmiszer-biztonsági Hivatal, 2024). Ez alapján a rovartermékeknek az Európai Élelmiszerbiztonsági Hatóság által végzett biztonsági értékelés alapján engedélyt kell kapniuk ahhoz, hogy jogszerűen forgalomba hozhatók legyenek a piacon. Ennek érdekében a rovartermelő vállalatnak átfogó kérelmezési dokumentációt kell benyújtania, amely a termék emberi fogyasztásra való biztonságosságát igazoló bizonyítékokat tartalmaz. Ez a jogszabály 2018. január 1-je óta van érvényben. (Európai Parlament és Tanács (EU) 2015/2283 rendelete, 2015). A következő esettanulmány jól szemlélteti ennek a rendeletnek a gyakorlatát.

Az Európai Bizottság kérésére az EFSA Táplálkozási, Új Élelmiszerekkel és Élelmiszerallergénekkal foglalkozó Testülete (NDA) véleményt adott ki a zsirtalanított házi tücsök por formájában létező élelmiszer biztonságosságáról az (EU) 2015/2283 rendelet alapján. Így a Testület a következő megállapításokat tette: a szennyező anyagok koncentrációja ebben az élelmiszerben a rovarok takarmányától függhet, emellett a stabilitásával kapcsolatban nincsenek biztonsági aggályok, amennyiben a termék teljes eltarthatósági ideje alatt megfelel a javasolt előírásoknak. Ez az élelmiszer az Európai Bizottság javaslata szerint különféle élelmiszerek összetevőjeként kerülne felhasználásra, és célzott fogyasztói csoportként az általános lakosságot jelölték meg. A Testület szerint összetétele és javasolt felhasználási feltételei alapján az új élelmiszer fogyasztása táplálkozási szempontból nem hátrányos. Az alapanyag korábbi felhasználásából fakadó biztonsági aggályok hiányában a Testület bizonyos fehérjékkel szembeni allergénhatáson kívül más kockázatot nem azonosított. Az allergénhatás kiterjedhet a rákfélékre, atkákra és puhatestűekre allergiás egyénekre is, ezen túlmenően a takarmányban lévő allergének is bekerülhetnek az élelmiszerbe. Mindent összevetve a Testület arra jutott, hogy a házi tücsök a javasolt felhasználási módok és szintek mellett emberi fogyasztásra biztonságos (Turck és munkatársai, 2022).

Mivel egy folyamatosan fejlődő, új iparágról van szó, a jogalkotásban is várhatóak még további reformok. Az IPIFF (International Platform of Insects for Food and Feed) elkötelezett az ügyben, hogy a fent ismertetett rendeletek végrehajtása megfelelően teljesüljön, és ennek érdekében jelenleg a rovartermesztés helyes higiéniai gyakorlatáról szóló uniós iránymutatást dolgozott ki. Ez a dokumentum leírja azokat az általános minimumkövetelményeket, amelyeket a rovarágazati vállalkozók a termelési tevékenységük során követniük kell, miközben támogatja

őket az uniós élelmiszer- és takarmánybiztonsági jogszabályokból eredő általános követelmények hatékony alkalmazásában (IPIFF, 2024).

Az élelmiszeripar működését és élelmiszer-kereskedelmet az országok vezetői gazdasági célokból alakítják, különböző egészségpolitikai ügyek mentén. Világszinten nincsen egyetértés abban, hogy milyen mértékben kellene az államnak egészségügyi, környezetvédelmi vagy állatjóléti megfontolások alapján szabályoznia a hús előállítását olyan beavatkozások révén, amik a termelést, feldolgozást, értékesítést, és a fogyasztói magatartást befolyásolják.

Annak érdekében, hogy a fogyasztók, vásárlók megfelelő tájékoztatást kapjanak, majd megalapozott, tudatos döntést tudjanak hozni vásárlásaik során, az adózási rendszer, tanúsítási rendszerek és a csomagolás címkézése együttesen szerepet játszanak a fogyasztóvédelemben. Ennek köszönhetően az ilyen élelmiszereket az üzletekben elkülönítve kell árusítani, és a csomagoláson egyértelműen fel kell tüntetni az összetevőket. Fontos megjegyezni, hogy a rovarok csak feldolgozott formában hozhatók forgalomba, élő vagy nyers állapotban való értékesítésük emberi fogyasztásra nem megengedett. Az ilyen élelmiszerek esetében különleges biztonsági és minőségi előírások is érvényesek, amelyeket szintén az EU végrehajtási rendeletei rögzítenek (Derrien és Boccuni, 2018; Godfray és munkatársai, 2018).

2.5. Konklúzió

Az általános összehasonlító elemzés elvégzése nem egyszerű, mivel az egyes alapanyagok összetétele függ az élőlény életszakaszától, annak táplálkozási szokásaitól és a feldolgozás módszerétől. Ebben a kutatásban általános összehasonlítást végeztem a rovarok esetében fajra és életszakaszra való tekintet nélkül.

Orkus (2021) kutatása szerint a húsról és rovarokról is jellemző a magas fehérjetartalom, ami tartalmazza az összes esszenciális aminosavat, emellett a nagy telítetlen zsírsav-, vitamin- és ásványi anyag-tartalom. Azonban észrevehető, hogy a rovaroknak általánosságban nagyobb az energiatartalma, a tápanyagokat tekintve pedig a tokoferol-, riboflavin-, kalcium-, cink-, réz- és mangántartalma. A hússal szemben a rovarok élelmi rost- és C-vitamin forrásként is szolgálnak. Mindazonáltal a hússal szemben a rovarok nagyobb mennyiségben tiamint, niacint, kobalamint és vasat tartalmaznak, és nagyobb a telített és egyszerűen telítetlen zsírtartalmuk is. Bizonyos ehető rovarfajok esetében azonban az energiatartalom, valamint a fehérje-, zsír-, többszörösen telítetlen zsírsav- és koleszterinszint magasabb, mint a vágóállatok húsaiban.

A rovar és sertéshús összetételére vonatkozóan végzett összehasonlító elemzés alapján nem lehet egyértelműen arra következtetni, hogy a rovarok tápanyagtartalma értékeesebb és hasznosíthatóbb lenne az ember számára, illetve egyes tápanyagok mennyisége jelentősen eltér (Orkus, 2021). Ezt erősíti meg Payne és munkatársai (2016) kutatása, amelyben népszerű húsfajtát (marha-, sertés- és csirkehús) és hat kereskedelmi forgalomban kapható rovarfaj tápanyagösszetételét és energiatartalmát vizsgálják, és hasonlítják össze. A rovarok tápanyagösszetétele nagy változatosságot mutatott fajtól függően, emellett egyik rovar sem minősült „egészségesebbnek” vagy „kevésbé egészségesebbnek”, mint a hússok. Azt a következtetést vonták le, hogy a rovarok tápanyag-összetétele rendkívül változatos az általánosan fogyasztott hússokhoz képest, és hatékonyak lehetnek az alutápláltság elleni küzdelemben.

A különböző hússok és rovarfajok tápanyagtartalmának ismerete hozzájárulhat az élelmiszerek tudatos tervezéséhez és elkészítéséhez, biztosítva a megfelelő tápanyagbevitelt. Ez elősegítheti az étkezési szokások megváltoztatását, ami hosszú távon az emberi egészség általános javulásához vezethet, és pozitívan befolyásolhatja az ember ökológiai lábnyomát.

Összességében az entomofágia több szempontból is támogatható. A megfelelően tenyésztett rovarok egészséges, fenntartható és tápláló tápanyagforrást jelenthetnek más állati eredetű élelmiszer- és takarmányforrásokkal mellett. Emellett alacsony környezeti terhelésük és kedvező gazdasági tényezőik is az előnyeik közé sorolhatók. Végül, de nem utolsósorban, a

döntés a fogyasztók kezében kell, hogy maradjon, hogy milyen mértékben és hogyan integrálják a rovarokat az étrendjükbe. Mindez hozzájárulhat ahhoz, hogy a jövőben a fogyasztók szélesebb körben elfogadják ezt az új típusú élelmiszert és takarmányt (Derrien és Boccuni, 2018). Mindemellett a húsok és hüvelyesek helye is meg van az étrendben, egyedi tápanyag-összetételüknek köszönhetően. A fenntarthatósággal és egészségüggyel kapcsolatos aggodalmak megoldása az élelmiszertípusok mérsékelt fogyasztásában rejlik, tehát bizonyos termékek teljes mellőzése helyett azok korlátozása az étrendben kompromisszumos megoldást jelenthet az egészség és a fenntarthatóság jegyében (Forestell, 2018).

3. Alkalmazott anyagok és módszerek

3.1. Anyagok

A kutatásom alapkonceptiója az, hogy érdemes lenne kiaknázni a húsok és hüvelyesek, valamint a feltörekvő ehető rovarok előnyös tulajdonságait, és egy funkcionális élelmiszerben ötvözni azokat. Így a kutatásom során húscsökkentett hibrid hamburger-pogácsákat készítettem főtt vöröslencse és tücsökőrlemény felhasználásával.

3.1.1. Alapanyagok

A kísérlet során felhasznált alapanyagok:

- kereskedelmi forgalomból származó sertés darálthús (30%-os zsírtartalom, Spar Üzletlánc)
- kereskedelmi forgalomból származó vöröslencse (Spar üzletlánc)
- hőkezelt, szárított teljes tücsökőrlemény
- kereskedelmi forgalomból kapható hamburger fűszerkeverék (Lucullus - BBQ pikáns hamburger, összetevők: szárított zöldségek (vöröshagyma, fokhagyma, metélőhagyma), tengeri só, fűszerek (mustármag, cayenne bors, feketebors), barna nádcukor, ecetpor (maltodextrin, ecet), ízfokozó (nátrium-glutamát), vörösbor por (maltodextrin, vörösbor)).

3.1.2. Mintaelőkészítés

A kísérletekhez a vöröslencsét hideg vízzel leöblítettem, majd kétszeres mennyiségű vízben 20 percig főztem. A főzést követően leszűrtem és kihűlés után használtam fel a mintakészítéshez.

A fagyasztott házi tücsök mintákat vákuumfóliáztam, majd 80°C-on 30 perces hőntartással kezeltem, utána fagyasztottam. A szárítás liofilezéssel történt, majd felhasználás előtt a szárított egész rovar ledarálásra került. Az őrleményt a felhasználás előtt 2,16-szoros mennyiségű desztillált víz és 1% nátrium-aszkorbát oldattal rehidratáltam, hogy az ne a húsból vonjon el nedvességet. A nátrium-aszkorbátra azért volt szükség, hogy a tücsökőrlemény okozta barnulás mérsékelhető legyen.

Két fajta kombinációt hoztam létre, egy hús-vöröslencse alternatívát, 5-10-15-20-30%-os vöröslencse-tartalommal (VL jelölés), és egy hús-tücsök alternatívát hasonlóan 5-10-15-20%-os tücsök-tartalommal (TL jelölés), így a százalékban azonos összetételű mintákat könnyen össze lehet hasonlítani. Próbaméréseink során a nagyobb vöröslencse-tartalom (>40%) morzsolódós állományt mutatott, és könnyen szétesett, így ez nem felelt meg a

termékgyártáshoz. A magasabb tücsök-tartalom pedig erős színváltozást eredményezett sütés után, ami kedvezőtlen a fogyasztók szemszögéből.

Egy kontroll hamburger-pogácsa (csak húst és fűszert tartalmaz) kiindulási tömege 120 g, ebből számoltam az alternatív alapanyagok összetevőit, majd ehhez adtam még a fűszert. Az 1. táblázat foglalja össze vizsgált mintákat és azok fő összetevőit.

1. táblázat: A minták összetétele
(Forrás: saját munka)

összetevő neve / minta megnevezése	% -os mennyiség		
	sertéshús	vöröslencse	tücsökliszt
<i>Kontroll</i>	100	0	0
<i>5%-os VL</i>	95	5	0
<i>10%-os VL</i>	90	10	0
<i>15%-os VL</i>	85	15	0
<i>20%-os VL</i>	80	20	0
<i>30%-os VL</i>	70	30	0
<i>5%-os TL</i>	95	0	5
<i>10%-os TL</i>	90	0	10
<i>15%-os TL</i>	85	0	15
<i>20%-os TL</i>	80	0	20

3.2. Alkalmazott módszerek

3.2.1 Sütési veszteség meghatározása

A magas hőmérsékleten történő hőkezelés (légkeveréses sütés 180°C-on) különböző fizikai és kémiai folyamatokat indít el az élelmiszerekben, így annak szerkezete és összetétele megváltozik. A sütési veszteség is ennek következtében alakul ki, hiszen ezen a hőmérsékleten többek között a hús vizet és zsírt veszít a tömegéből, valamint a fehérjék denaturációja is bekövetkezik.

Emellett a sütési veszteség egy fontos gazdasági paraméter, mivel annak a minimalizálása hozzájárul a termelés hatékonyságának növeléséhez, ami pedig a jövedelmezőségét biztosítja egy terméknek.

A sütési veszteség számítása a következőként történik:

$$\text{sütési veszteség (\%)} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_0} \cdot 100, \text{ ahol}$$

m_0 : kiindulási tömeg (g),

m_1 : sütés utáni tömeg (g).

3.2.2. Színmérés

A színt a Minolta CR 400 típusú tristimulusos színmérő készülékkel végeztem el. A kapott eredményeket a CIELAB színrendszer szerint kaptam meg és értékeltem. Ez egy nemzetközileg szabványosított, háromdimenziós színtér, amelynek célja, hogy a színeket az emberi látásnak megfelelően, egyenlő távolságokra rendezze. A három komponense az L^* (világosság, fekete-fehér tengely), az a^* (zöld–vörös tengely), és a b^* (kék–sárga tengely). A CIELAB rendszer széles körben alkalmazott a színmérésben, nyomdaiparban, textiliparban, valamint a digitális képfeldolgozásban, mivel jól modellezi az emberi színérzékelést, és alkalmas különböző eszközök közötti színtonverzióra is. Ezekből a komponensekből pedig további színtulajdonságokat lehet meghatározni, mint a színkülönbség (ΔE), színtelítettség (C^*), sárga és barna index (YI és BI).

A színkülönbség az eltérő színek közötti távolságot jelenti a CIELAB térben. Minél kisebb a ΔE értéke, annál kisebb az észlelhető különbség két szín között ($\Delta E \approx 1$ alatt: emberi szem által alig érzékelhető különbség, $\Delta E \approx 2-3$: kis különbség, legtöbb esetben elfogadható, $\Delta E > 5$: jól észrevehető eltérés). A színtelítettség a szín élénkségét mutatja meg. Minél nagyobb a C^* értéke, annál telítettebb, intenzívebb a szín. A sárga index a minták sárgulásának mértékét jelzi, főleg fehéres anyagok esetén. A barna index hasonló célú mutató, de ez a barna elszíneződés mértékét számszerűsíti.

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

$$C^* = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$YI = 142,86 \cdot b \cdot L$$

$$BI = \frac{[100 \cdot (x - 0,31)]}{0,17} \text{ ahol } x = \frac{(a + 1,75 \cdot L)}{(5,645 \cdot L + a - 3,012 \cdot b)}$$

3.2.3. Texture Profile Analysis állománymérés

Az állománymérést az SMS TA.XT Plus típusú állománymérő készülékkel végeztem el, és a TPA (Texture Profile Analysis) módszert alkalmaztam. Ennek a módszernek a lényege az emberi harapás szimulálása, vagyis a próbatest kétszeri összenyomása annyira, hogy a belső szerkezete megroppanjon. Az így kapott felvett erő – deformáció (idő) görbét elemezve

megismerjük a vizsgált minta állománytulajdonságait. Azonnal leolvasható a görbéről a keménység, a deformáció mértékéből számítható a rugalmasság, a kohézió az összenyomások során befektetett munkából, a rághatóság pedig a fent említett adatokból számítható.

$$K = \frac{W_2}{W_1}, \text{ ahol}$$

K: kohézió

W_1, W_2 : az adott deformáció eléréséhez szükséges munka az első, illetve második összenyomás során, a görbe alatti terület az első, illetve a második összenyomásig (J)

$$R = F \cdot E \cdot K, \text{ ahol}$$

R: rághatóság (J),

F: keménység (N),

E: rugalmasság (mm).

3.2.4. Összetételi vizsgálatok

A nyerszsírtartalom meghatározását gravimetriás elven működő Soxhlet-extrakciós módszerrel végeztem. Az eljárás során a készülékben folyamatosan párologtatott petroléter oldószer kondenzálódik, majd a minta felületén áthaladva kioldja annak zsírtartalmát. Az oldott zsírt tartalmazó oldószer meghatározott folyadékszint elérésekor visszafolyik az oldószertartályba, ahol ismét felmelegszik és elpárolog, így az extrakciós folyamat ciklikusan ismétlődik. A párologás során az oldószer eltávozik, míg a kivont zsír az extrakciós lombikban marad vissza. A folyamat végén a zsírt tartalmazó lombikot szárítoszekrényben, 105 °C-on, 1 óra hőkezelés után szárítottam, majd lehűtést követően a minta mérése következett.

A nyerszsírtartalom százalékos értékét a következő egyenlet adja meg:

$$\text{nyerszsírtartalom (\%)} = \frac{m_1 - m_2}{m_0} \cdot 100, \text{ ahol}$$

m_1 : a lombik, a horzsakő és az extraktum együttes tömege (g),

m_2 : az üres lombik és a horzsakő együttes tömege (g),

m_0 : a bemért minta tömege (g).

A nyersfehérje-tartalmat a Kjeldahl-féle módszerrel határoztam meg, amely a minta összes nitrogéntartalmának meghatározásán alapul. A méréseket az AOAC 2001.11C szabvány előírásai szerint végeztem el, N-mentes papírba bemért, ismert tömegű minták felhasználásával, automata Behr Labor-Technik (Behrotest) roncsoló- és desztillálóberendezés segítségével. A titrálást Tashiro-indikátor alkalmazásával hajtottam végre.

A nyersfehérje-tartalom százalékos értékben az alábbi egyenlet segítségével számítható, fehérjekonverziós faktor figyelembevételével:

$$\text{Nyersfehérjetartalom (\%)} = \text{Kjeldahl-N} \cdot F, \text{ ahol}$$

$$\text{Kjeldahl-N} = \frac{V_s \cdot M \cdot 14,01}{W} \cdot 10, \text{ ahol}$$

V_s : a titrálás során elfogyott sósav térfogata (ml),

M: a standard sósav oldat molaritása,

W: bemért minta tömege (g),

F: fehérje konverziós faktor (általános értéke 6,25).

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Sütési veszteség eredményei

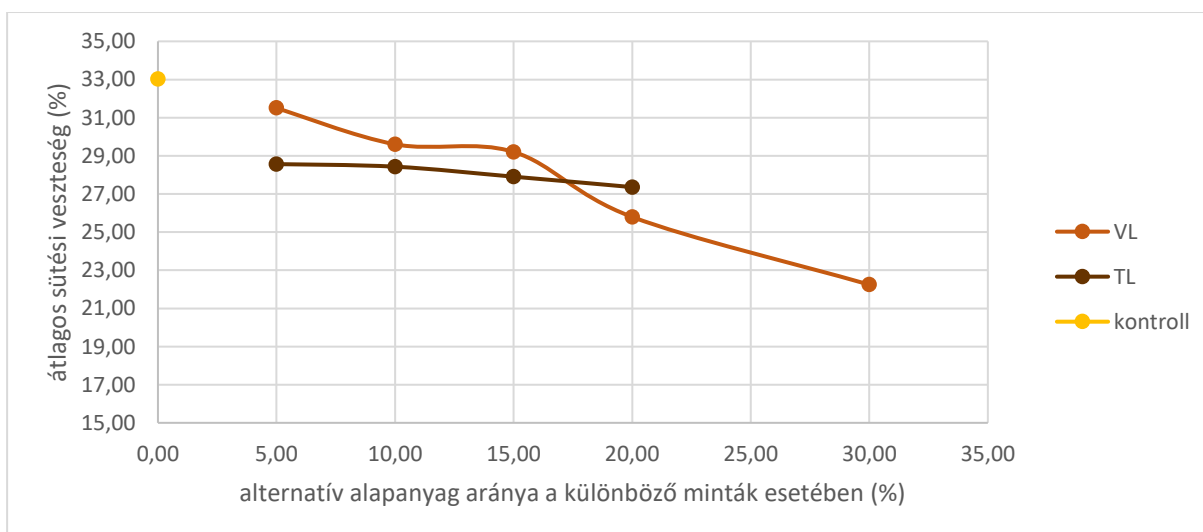
Minden típusú mintából két párhuzamos mintát készítettem. A vizsgálni kívánt mintákat előkészítés után megsütöttem, és visszamértem a tömegüket, amiből sütési veszteséget számoltam. A sütési veszteség eredményeit a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: Átlagos sütési veszteség
(Forrás: saját munka)

Átlagos sütési veszteség (%)						
minta	kontroll	5%	10%	15%	20%	30%
VL	33,03	31,51	29,60	29,20	25,79	22,25
TL		28,56	28,43	27,91	27,36	-

A sütési veszteség az alternatív fehérjéket tartalmazó húspogácsák esetében minden mintánál kisebb volt, mint a kontroll minta esetében. A tücsöklisztet tartalmazó minták többségében kisebb sütési veszteséget mutattak a vöröslencsét tartalmazó húspogácsákhoz képest, ami a koncentráció csökkenésével együtt csökkent. Az 1. ábrán látható eredmények azt sugallják, hogy magasabb arányú alternatív alapanyag fokozottan csökkenteni tudja a sütési veszteséget. A teljes tücsökliszt esetében ez valószínűleg a kitintartalmának köszönhető, mivel a víz- és zsírmegkötő-képessége kifejezetten jó, és javítja a szerkezeti stabilitást.

1. ábra: Átlagos sütési veszteség ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)

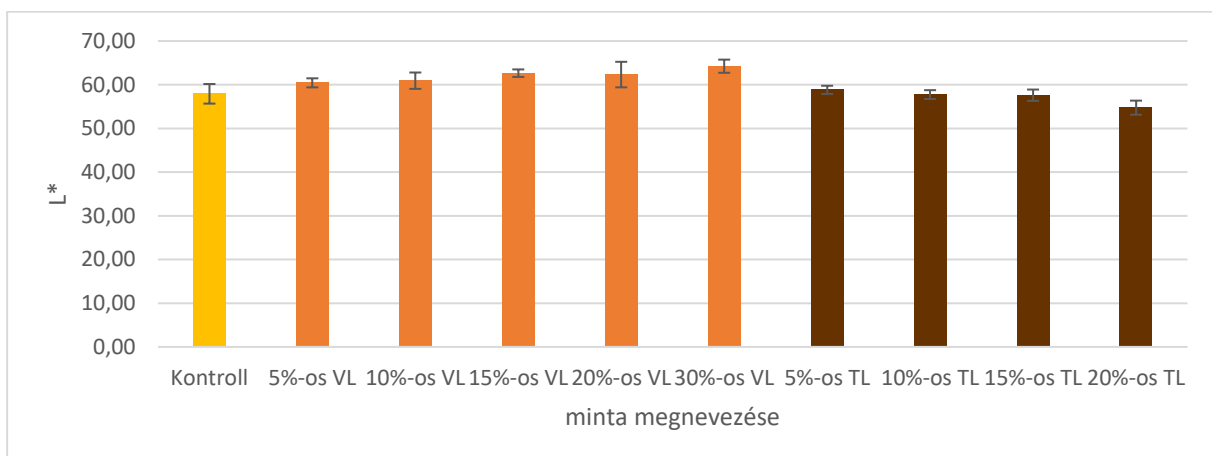


4.2. Színmérés eredményei

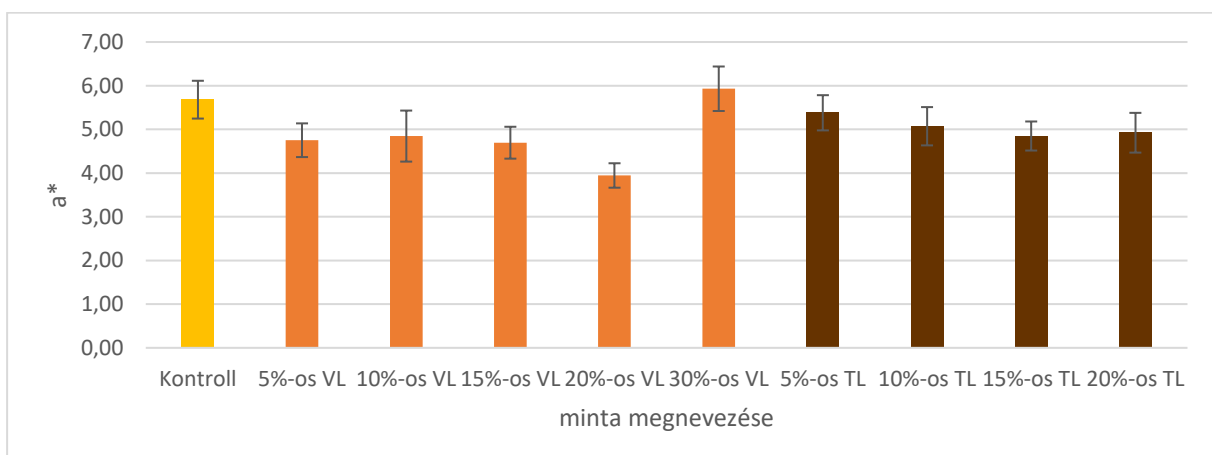
A húspogácsák kisütése után felvágtam a mintákat, és megmértem azok belső felületének színét 3 párhuzamos méréssel mintánként, ezeknek a méréseknek az eredménye a Mellékletek fejezetben 3. és 4. táblázatban láthatóak.

A színeredményeket a 2., 3., 4., 9. és 10. ábrák prezentálják. Ezek alapján elmondható, hogy a tücsöklisztes minták kisebb eltérést mutattak a kontroll mintához viszonyítva, mint a vöröslencses minták, ezáltal hasonlóbbak, könnyebben elfogadhatóbbak lehetnek a fogyasztók számára. Az utóbbi minták a kontroll mintához képest világosabbak (L^*), kevésbé pirosasak (a^*) és sárgásabbak (b^*) voltak. Ezeket az eredményeket a színkülönbség (ΔE) is megerősíti, ami az 5. ábrán látható, hiszen a kontroll mintához képest a tücsöklisztes húspogácsák különbségei emberi szemmel alig észrevehetőek voltak alacsonyabb koncentráció esetében.

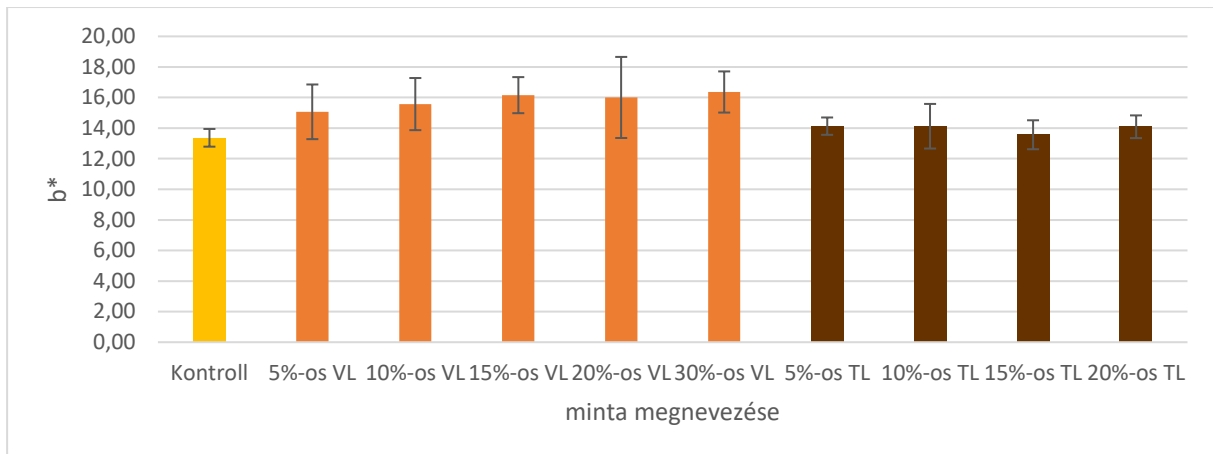
2. ábra: L^* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



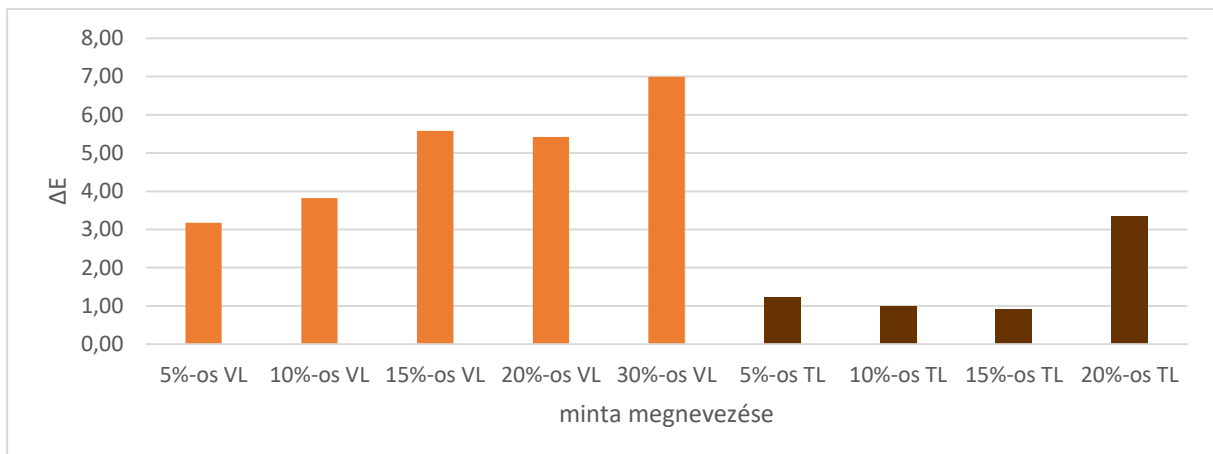
3. ábra: a^* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



4. ábra: b^* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)

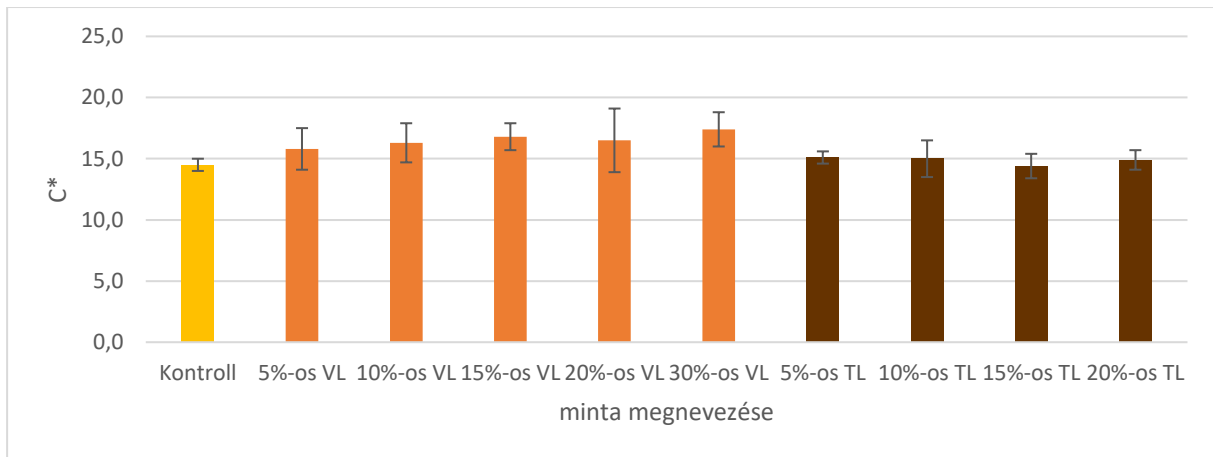


5. ábra: Színezeti különbség eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)

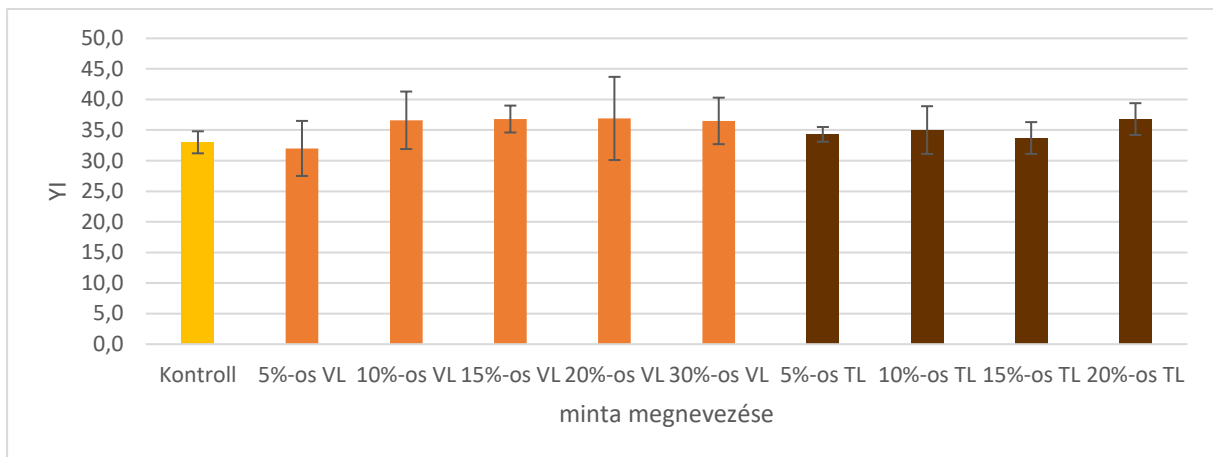


A 6., 7. és 8. ábrákon látható, hogy a kontroll és tücsöklisztes minták ebben az esetben is kis mértékben különböztek, ez a következtetés is erősíti azt a konklúziót, hogy a fogyasztók számára kedveltebb lehet külalak szempontjából ez az alternatíva. A vöröslencsés minták rendelkeztek a legintenzívebb színnel (C^*), kicsivel nagyobb mértékben sárgultak a többi mintához képest (YI), a barnulás pedig kifejezetten hasonló volt mind a három típusú minta esetében (BI).

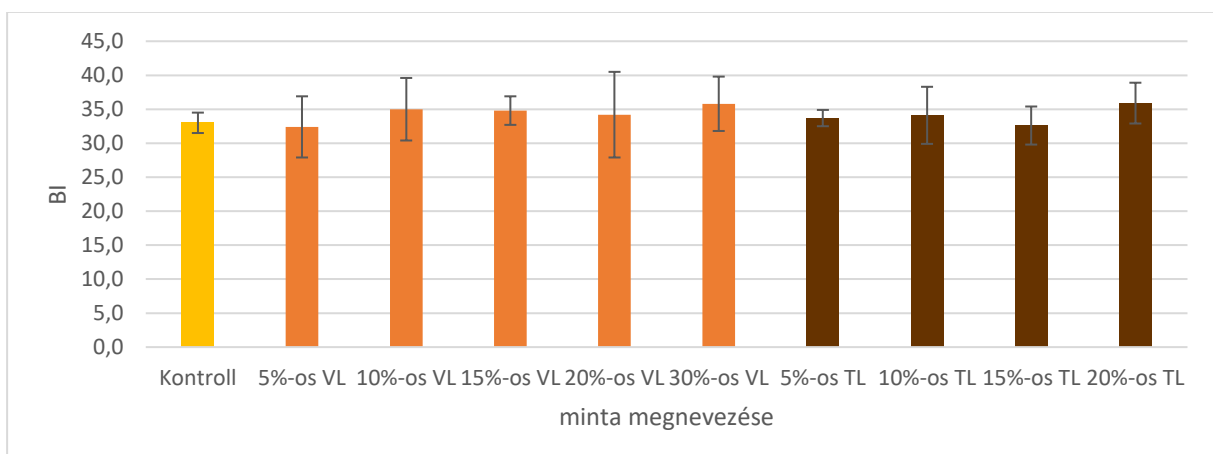
6. ábra: Színintenzitás eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



7. ábra: Sárga index eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



8. ábra: Barna index eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



9. ábra: A tücsöklisztes minták sütés után (15-20%)
(Forrás: saját munka)



10. ábra: A vöröslencsés minták sütés után (20%)
(Forrás: saját munka)

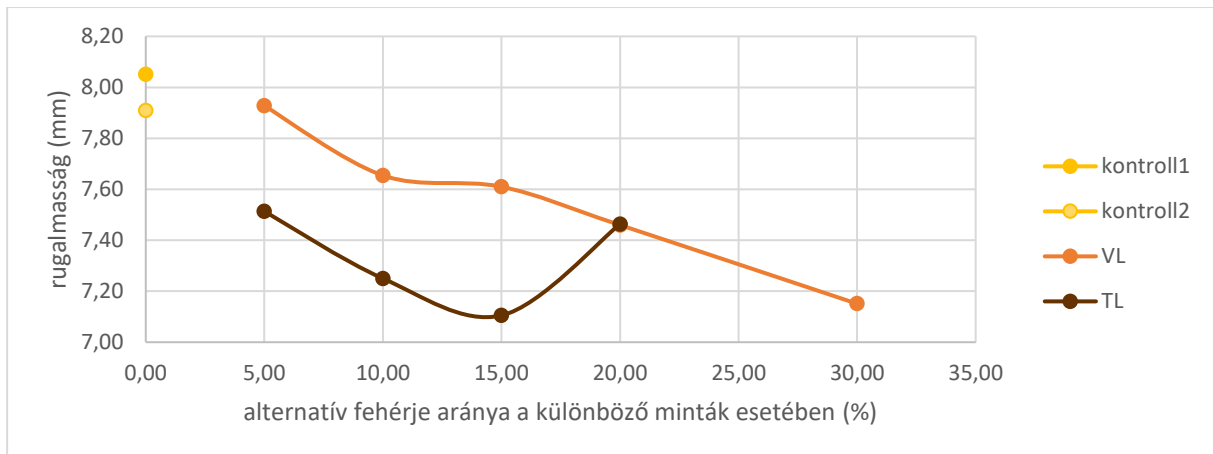


4.3. Az állománymérés eredményei

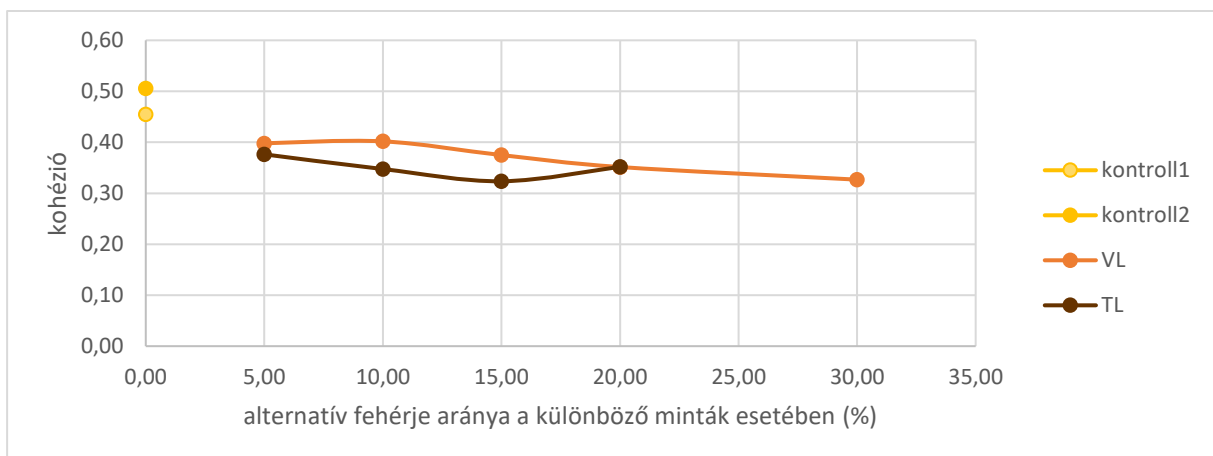
Ehhez a méréshez a húspogácsákból azok egyenetlen felszíne miatt 18-20 mm magas és 20 mm átmérőjű hengereket vágtam ki. A méréshez 50%-os TPA módszert és 35 mm-es mérőfejet használtam, amit 20 mm magasságra állítottam a talpazattól. Ez egy roncsolásos mérés, így ez a mérések sorának végére került. A mérés eredményeit a Mellékletek fejezetben az 5. táblázat tartalmazza.

A 11., 12. és 13. ábrán jól látható, hogy mind rugalmasságban, kohézióban és rághatóságban is a kontroll minta vette fel a legnagyobb értékeket. A vöröslencsés húspogácsákról elmondható, hogy általánosságban jobb volt a rugalmasságuk és kohéziójuk, és nagyrészt csökkent mind a három paraméter értéke az alternatív alapanyag mennyiségének növelésével. Ebből azt láthatjuk, hogy a vöröslencsés és tücsöklisztes minták tömörebbek, rugalmatlanabbak a húshoz képest, azonban a vöröslencsés minták esetében ez nem jelent számottevő különbséget. Az ilyen textúrakülönbségek azonban befolyásolhatják a fogyasztói elfogadottságot és a preferenciákat.

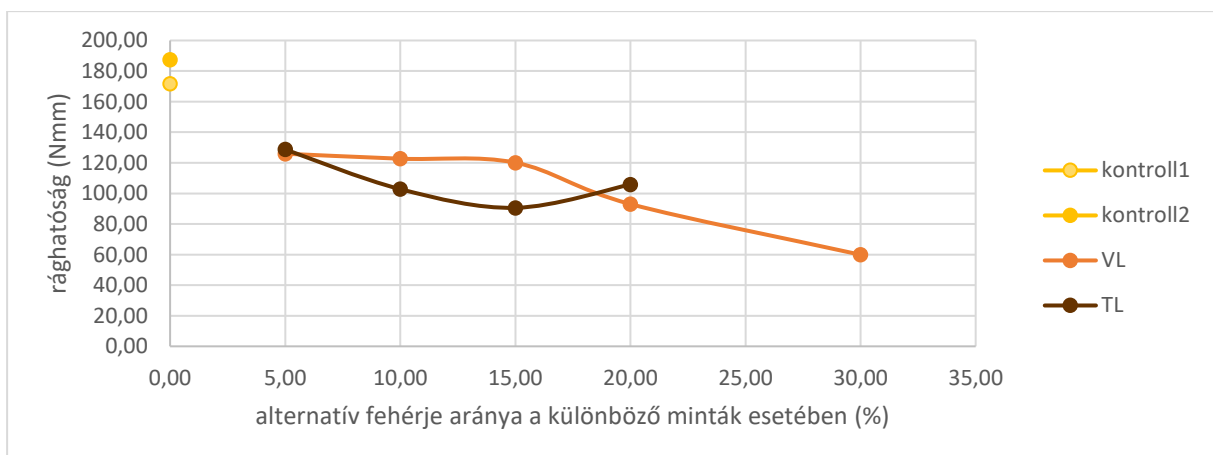
9. ábra: A rugalmasság eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



10. ábra: A kohézió eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



11. ábra: A rághatóság eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében
(Forrás: saját munka)



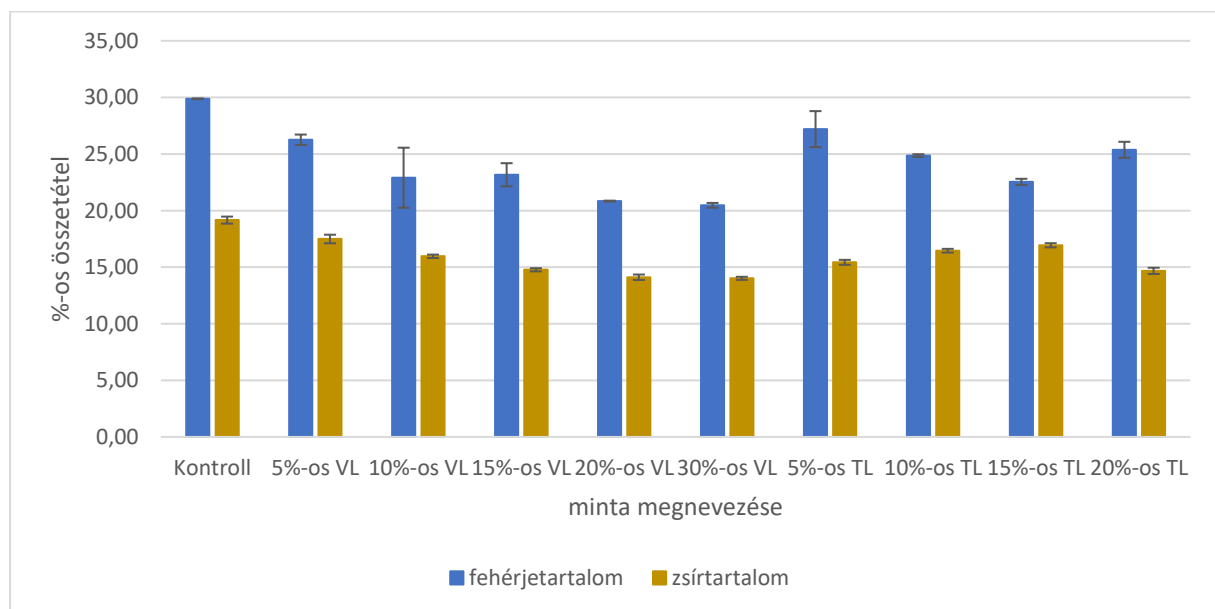
4.4. Az összetételi vizsgálatok eredményei

Ezután kerültek meghatározásra a különböző beltartalmi paraméterek, a nyersfehérje- és nyerszsírtartalom. A mérés eredményeit a Mellékletek fejezetben a 6. táblázat tartalmazza.

A 14. ábrán láthatóak a fehérje- és zsírtartalom mérés eredményei. Ezen az ábrán látható, hogy a vöröslencses minták az alternatív alapanyag mennyiségének növelésével alacsonyabb fehérjetartalmat eredményeztek a tücsöklisztes mintákhoz képest, ezt alátámasztja az, hogy a vöröslencse kevesebb fehérjetartalommal bír, mint a tücsökliszt. A tücsöklisztes minták esetében inkonzisztens eredmények láthatóak, nem mondható egyértelműen az, hogy a mennyiségének növelésével csökken a fehérjetartalom, azonban inkább egy csökkenő tendencia látható. Az inkonzisztencia igaz a zsírtartalomra is, azonban ott inkább egy növekvő tendencia látható az alternatív alapanyag növelésével.

Összeségében az alternatív alapanyagok alacsonyabb fehérje- és zsírtartalmat eredményeznek a kontroll mintához képest, azonban érdemes lenne az aminosav- és zsírsavösszetételt is megvizsgálni a továbbiakban. A zsírtartalom csökkenése tekinthető kedvező változásnak egészségügyileg.

12. ábra: A fehérje- és zsírtartalom mérés eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében (Forrás: saját munka)



5. Következtetések és javaslatok

- A mérések során a vöröslencse és tücsökliszt potenciális hibrid hústermék alapanyagának bizonyult. Az alternatív alapanyagok hozzáadása egyértelműen javította a sütési veszteséget. A színbeli különbségek a tücsökliszt esetében, állománybeli különbségek a vöröslencse esetében voltak kisebbek a kontroll mintához képest, azonban egyik esetben sem volt elfogadhatatlan.
- A tápanyagtartalmat tekintve a vöröslencses minták alacsonyabb fehérjetartalmat eredményeznek, és ugyanebből a szempontból a tücsökliszt kedvezőbb összetételt hoz. A vizsgálat eredményei alapján az alternatív alapanyagokkal készült minták zsír- és fehérjetartalma alacsonyabbnak bizonyult a kontroll mintához képest, ugyanakkor indokolt lenne az aminosav- és zsírsavösszetétel részletes elemzése, valamint egy kíméletesebb feldolgozási technológia kidolgozása a fehérjevesztés minimalizálása érdekében a vöröslencse és tücsökliszt esetében.
- A tücsökörlemény és általánosságban a rovarok széleskörű élelmiszer-használata előtt további kutatások szükségesek a feldolgozás, tárolás, tenyésztési gyakorlatok, valamint a szabályozás és laboratóriumi ellenőrzések terén az élelmiszerbiztonság biztosítása érdekében. Jelenleg kevés adat áll rendelkezésre a rovarok eltarthatóságáról, a nyers és feldolgozott formák mikrobiológiai jellemzőiről, a fehérjetartalom meghatározásáról, biológiai hasznosulásáról, valamint potenciális allergén hatásukról. Fontos lenne kutatni az optimális és gazdaságos tenyésztési körülményeket és feldolgozási módszereket a fenntartható gazdaságosság szempontjából, továbbá vizsgálni kell a mezőgazdasági melléktermékek és élelmiszerhulladékok rovartakarmányként való hasznosítását.
- Végül, a fogyasztók elfogadásának növelése érdekében elengedhetetlen a megfelelő tájékoztatás és bizonyos mértékű rugalmasság a fogyasztói oldalról, hiszen a rovarkészítmények, habár eltérő érzékszervi tulajdonságokat eredményezhetnek a hibrid hústermékekben, fenntartható, tápláló és sokoldalúan felhasználható alternatívát kínálnak a hagyományos fehérjeforrások mellett.

6. Összefoglalás

A flexitáriánus étrend, amely a mérsékelt húsfogyasztást a zöldségek és alternatív fehérjeforrások előtérbe helyezésével ötvözi, kedvezően hathat mind az emberi egészségre, mind a környezeti fenntarthatóságra. Egészségügyi szempontból számos vizsgálat igazolja, hogy a flexitáriánus táplálkozás összefüggésben áll a krónikus betegségek alacsonyabb előfordulási gyakoriságával. Ennek hátterében a növényi alapú élelmiszerek kedvező aminosav-összetétele, magas rosttartalma, valamint a bioaktív fitonutriensek, antioxidáns- és gyulladáscsökkentő hatása állhat. Környezeti vonatkozásban a flexitáriánus étrend kisebb ökológiai lábnyommal jár, különösen az állati eredetű termékekhez kötődő üvegházhatásúgáz-kibocsátás, víz- és földhasználat tekintetében. Így a szakirodalmi kutatásaim alapján elmondható, hogy a húsfogyasztás részleges kiváltása alternatív fehérjeforrásokkal jelentős mértékben hozzájárulhat az élelmiszerelőállítás fenntarthatóságához és az egészségmegőrzéshez.

Az alternatív fehérjék közül a jövőben kiemelt szerep juthat az ehető rovaroknak, amelyek magas tápértékük mellett hatékonyan hasznosítják a tápanyagot, és előállításuk alacsony környezeti terheléssel jár, mivel tenyésztésük kevesebb vizet, földet és takarmányt igényel, mint a hagyományos állattenyésztés. Alacsony üvegházhatásúgáz-kibocsátásuk révén hozzájárulhatnak a klímaváltozás mérsékléséhez, és frakcionált formában az élelmiszer- és takarmányipar számára is széles körben hasznosíthatóvá válhatnak.

A kutatás célja a hús- és növényi eredetű fehérjeforrások élettani és környezeti hatásainak megismerése, valamint ezen ismeretek alkalmazása hibrid hústermékek fejlesztésében. A vizsgálat középpontjában két alternatív alapanyag, a vöröslencse és a tücsökliszt állt. A kutatás során szakirodalmi elemzést, valamint különböző méréseket (szín- és állománymérés, fehérje- és zsírtartalom, sütési veszteség) végeztem, majd az eredményeket táplálkozás-élettani, fenntarthatósági, gazdasági és fogyasztói preferencia szempontból értékeltem.

A mérés eredményei azt sugallják, hogy az alternatív alapanyagok a hibrid hústermékekben ígéretesnek bizonyulhatnak egészségügyi, fenntarthatósági, gazdasági és fogyasztói szempontból is, és mindkét alapanyag kedvező tápanyagprofilt, valamint érzékszervi tulajdonságokat mutat hibrid hústermékekben, ami a fogyasztói preferenciák tekintetében igen fontos szempont. Összességében a flexitáriánus szemlélet és az alternatív alapanyagok alkalmazása hozzájárulhat egy egészségesebb, fenntarthatóbb és gazdaságosabb élelmiszer fejlesztéséhez.

7. Irodalomjegyzék

Acuña-Gutiérrez, C., Jiménez, V., M., Müller, J. (2022): Occurrence of mycotoxins in pulses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 21(5), 4002-4017. DOI: [10.1111/1541-4337.13008](https://doi.org/10.1111/1541-4337.13008)

Agnieszka Orkusz (2021): Edible Insects versus Meat—Nutritional Comparison: Knowledge of Their Composition Is the Key to Good Health. *Nutrients*. 13(4). DOI: [10.3390/nu13041207](https://doi.org/10.3390/nu13041207)

Amtmann, M., Csóka, M., Kánnár Péterné, M., Zs., Takács, N. (2016): *Élelmiszerkémia laboratóriumi praktikum*. p. 33. Letöltés dátuma: 2024.12.03. Forrás: <https://www.scribd.com/document/471792364/Élelmiszerkémia-laboratóriumi-praktikum>

Az Európai Parlament és Tanács (EU) 2015/2283 rendelete az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről. Letöltve: 2024.12.04. Forrás: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=celex:32015R2283>

Boutron-Ruault, M., C., Mesrine, S., Pierre, F. (2017): Meat Consumption and Health Outcomes. In: François Mariotti (szerk.) *Vegetarian and Plant-Based Diets in Health and Disease Prevention*. Amszterdam: Elsevier Kiadó, pp. 197-214. DOI: [10.1016/B978-0-12-803968-7.00012-5](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803968-7.00012-5)

Chang, Q., Wang, W., Regev-Yochay, G., Lipstich, M., Hanage, W., P. (2014): Antibiotics in agriculture and the risk to human health: how worried should we be? *Evolutionary Applications*. 8(3), 240-247. DOI: [10.1111/eva.12185](https://doi.org/10.1111/eva.12185)

Day, L., Cakebread, J., A., Loveday, S., M. (2022): Food proteins from animals and plants: Differences in the nutritional and functional properties. *Trends in Food Science & Technology*. 119, 428-442. DOI: [10.1016/j.tifs.2021.12.020](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.12.020)

Derrien, C., Boccuni, A. (2018): Current Status of the Insect Producing Industry in Europe. In Afton Halloran - Roberto Flore - Paul Vantomme - Nanna Roos (szerk.) *Edible insects in sustainable food systems*. Cham: Springer Nature Kiadó, pp. 471-479. DOI: [10.1007/978-3-319-74011-9_30](https://doi.org/10.1007/978-3-319-74011-9_30)

Domellöf, M., Thorsdóttir, I., Thorstensen, K. (2013): Health effects of different dietary iron intakes: a systematic literature review for the 5th Nordic Nutrition Recommendations. *Food & Nutrition Research*. 57(1). DOI: [10.3402/fnr.v57i0.21667](https://doi.org/10.3402/fnr.v57i0.21667)

Dossey, A.T., Tatum, J.T., McGill, W.L. (2016): Modern Insect-Based Food Industry: Current Status, Insect Processing Technology, and Recommendations Moving Forward. In Aaron T.

- Dossey - Juan A. Morales-Ramos - M. Guadalupe Rojas (szerk.) *Insects as Sustainable Food Ingredients*. Oxford: Academic Press Kiadó, pp. 113-152. DOI: [10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3](https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802856-8.00005-3)
- Drewnowski, A. (1997): Why do we Like Fat? *Journal of the American Dietetic Association*. 97(7), S58-S62. DOI: [10.1016/s0002-8223\(97\)00732-3](https://doi.org/10.1016/s0002-8223(97)00732-3)
- Ferreira, H., Pinto, E., Vasconcelos, M., W. (2021): Legumes as a Cornerstone of the Transition Toward More Sustainable Agri-Food Systems and Diets in Europe. *Frontiers in Sustainable Food Systems*. 5. DOI: [10.3389/fsufs.2021.694121](https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.694121)
- Finke, M., D. (2007): Estimate of chitin in raw whole insects. *Zoo Biology*. 26(2), 105-115. DOI: [10.1002/zoo.20123](https://doi.org/10.1002/zoo.20123)
- Forestell, C., A. (2018): Flexitarian Diet and Weight control: Healthy or Risky Eating Behavior? *Frontiers in Nutrition*. 5. DOI: [10.3389/fnut.2018.00059](https://doi.org/10.3389/fnut.2018.00059)
- Geranpour, M., Assadpour, E., Jafari, S.M. (2020): Recent advances in the spray drying encapsulation of essential fatty acids and functional oils. *Trends in Food Science & Technology*. 102, 71-90. DOI: [10.1016/j.tifs.2020.05.028](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.05.028)
- Gille, D., Schmid, A. (2015): Vitamin B₁₂ in meat and dairy products. *Nutrition Reviews*. 73(2), 106-115. DOI: [10.1093/nutrit/nuu011](https://doi.org/10.1093/nutrit/nuu011)
- Godfray, H., C., J., Aveyard, P., Garnett, T., Hall, J., W., Key, T., J., Lorimer, J., Pierrehumbert, R., T., Scarborough, P., Springman, M., Jebb, S., A. (2018): Meat consumption, health and the environment. *Science*. 361(6399). DOI: [10.1126/science.aam5324](https://doi.org/10.1126/science.aam5324)
- Gómez-Cortés, P., Juárez, M., de la Fuente, M., A. (2018): Milk fatty acids and potencial health benefits: An updated vision. *Trends in Food Science & Technology*. 81, 1-9. DOI: [10.1016/j.tifs.2018.08.014](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.08.014)
- Imathiu, S. (2020): Benefits and food safety concerns associated with consumption of edible insects. *NFS Journal*. 18, 1-11. DOI: [10.1016/j.nfs.2019.11.002](https://doi.org/10.1016/j.nfs.2019.11.002)
- IPIFF (2024): *Guide on Good Hygiene Practices. For European Union (EU) producers of insects as food and feed*. Letöltve: 2025.01.15. Forrás: <https://ipiff.org/good-hygiene-practices/>
- Jonas-Levi, A., Martinez, J.-J., I. (2017): The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated. *Journal of Food Composition and Analysis*. 62, 184-188. DOI: [10.1016/j.jfca.2017.06.004](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.06.004)
- Joshi, V., K., Kumar, S. (2015): Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products. A review. *International Journal of Food and Fermentation Technology*. 5(2), 107-119. DOI: [10.5958/2277-9396.2016.00001.5](https://doi.org/10.5958/2277-9396.2016.00001.5)

Kovács, K., Szűcs, R.S. (2024): A rovarok hasznosítása a fogyasztók szemszögéből – szakirodalmi áttekintés. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok*. 19(1-2), 119-130.

Lal, R. (2017): Chapter Four - Improving Soil Health and Human Protein Nutrition by Pulses-Based Cropping Systems. In: Donald Sparks (szerk.) *Advances in Agronomy*. Amsterdam: Elsevier Kiadó, 145, pp. 167-204. DOI: [10.1016/bs.agron.2017.05.003](https://doi.org/10.1016/bs.agron.2017.05.003)

Lesschen, J., P., van den Berg, M., Westhoek, H., J., Witzke, H., P., Oenema, O. (2011): Greenhouse gas emission profiles of European livestock sectors. *Animal Feed Science and Technology*. 166-167, 16-28. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2011.04.058](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.058)

Maphosa, Y., Jideani, V., A. (2017): The Role of Legumes in Human Nutrition. In: Hueda, M., C. (szerk.) *Functional Food – Improve Health through Adequate Food*. London: IntechOpen Kiadó, pp. 103-121. DOI: [10.5772/66263](https://doi.org/10.5772/66263)

Mittendorfer, B., Klein, S., Fontana, L. (2019): A word of caution against excessive protein intake. *Nature Reviews Endocrinology*. 16, 59-66. DOI: [10.1038/s41574-019-0274-7](https://doi.org/10.1038/s41574-019-0274-7)

Mlcek, J., Rop, O., Borkovcova, M., Bednarova, M. (2014): A comprehensive look at the possibilities of edible insects as food in Europe - A review. *Polish Journal of Food and Nutrition Science*. 64(3), 147–157. DOI: [10.2478/v10222-012-0099-8](https://doi.org/10.2478/v10222-012-0099-8)

Murefu, T., R., Macheka, L., Musundire, R., Manditsera, F., A. (2019): Safety of wild harvested and reared edible insects: A review. *Food Control*. 101, 209-224. DOI: [10.1016/j.foodcont.2019.03.003](https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.03.003)

Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (2024): Új élelmiszerekkel kapcsolatos gyakran ismételt kérdések. Új élelmiszereknek minősülnek-e a rovarok, vagy azok részeinek felhasználásával készített élelmiszerek? Melyek az engedélyezett rovar alapú élelmiszerek? Letöltve: 2025.01.10. Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/gyakran-ismetelt-kerdesek-uj-elelmiszer>

Nesic, K., Zagon, J. (2019): Insects – a Promising Feed and Food Protein Source? *Meat Technology*. 60(1),56-67. DOI: [10.18485/meattech.2019.60.1.8](https://doi.org/10.18485/meattech.2019.60.1.8)

O'Mara, F., P. (2011): The significance of livestock as a contributor to global greenhouse gas emissions today and in the near future. *Animal Feed Science and Technology*. 166-167, 7-15. DOI: [10.1016/j.anifeedsci.2011.04.074](https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2011.04.074)

Oonincx, D., G., A., B., van Broekhoven, S., van Huis, A., van Loon, J., J., A (2015): Feed Conversion, Survival and Development, and Composition of Four Insect Species on Diets Composed of Food By-Products. *Plos One*, 10(12). DOI: [10.1371/journal.pone.0144601](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0144601)

Parlasca, M., Qaim, M. (2022): Meat Consumption and Sustainability. *Annual Review of Resource Economics*. 14, 17-41. DOI: [10.1146/annurev-resource-111820-032340](https://doi.org/10.1146/annurev-resource-111820-032340)

Payne, C., L., R., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. (2015): A systematic review of nutrient composition data available for twelve commercially available edible insects, and comparison with reference values. *Trends in Food Science & Technology*. 47(7), 69-77. DOI: [10.1016/j.tifs.2015.10.012](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2015.10.012)

Payne, C., L., R., Scarborough, P., Rayner, M., Nonaka, K. (2016): Are edible insects more or less 'healthy' than commonly consumed meats? A comparison using two nutrient profiling models developed to combat over- and undernutrition. *European Journal of Clinical Nutrition*. 70, 285–291. DOI: [10.1038/ejcn.2015.149](https://doi.org/10.1038/ejcn.2015.149)

Perez-Santaescolastica, C., de Pril, I., van de Voorde, I., Fraeye, I. (2023): Fatty Acid and Amino Acid Profiles of Seven Edible Insects: Focus on Lipid Class Composition and Protein Conversion Factors. *Foods*. 12(22), 4090. DOI: [10.3390/foods12224090](https://doi.org/10.3390/foods12224090)

Prasad, A., S. (2008): Zinc in Human Health: Effect of Zinc on Immune Cells. *Molecular Medicine*. 14, 353-357. DOI: [10.2119/2008-00033.Prasad](https://doi.org/10.2119/2008-00033.Prasad)

Rahman, M., M., Byanju, B., Lamsal, B., P. (2023): Protein, lipid, and chitin fractions from insects: Method of extraction, functional properties, and potential applications. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 64(18), 6415-6431. DOI: [10.1080/10408398.2023.2168620](https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2168620)

Rani, L., Thapa, K., Kanojia, N., Sharma, N., Singh, S., Grewal, A., S., Srivastav, A., L., Kaushal, J. (2021): An extensive review on the consequences of chemical pesticides on human health and environment. *Journal of Cleaner Production*. 283, 124657. DOI: [10.1016/j.jclepro.2020.124657](https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124657)

Ribeiro, J., C., Pintado, M. E., Cunha, L., M. (2023): Consumption of edible insects and insect-based foods: A systematic review of sensory properties and evoked emotional response. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 23(1). DOI: [10.1111/1541-4337.13247](https://doi.org/10.1111/1541-4337.13247)

Sadler, M., J. (2004): Meat alternatives – market developments and health benefits. *Trends in Food Science & Technology*. 15(5), 250-260. DOI: [10.1016/j.tifs.2003.09.003](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2003.09.003)

Sándor, J., Zs., Askale, G., Tömösközi-Farkas, R., Lengyel-Kónya, É., Andró, L., Biró, J., Gyalog, G., Robert, E., Kucska, B. (2023): Tapasztalatok a szárított lisztkecske (*Tenebrio molitor*) alkalmazásával, előnyök és korlátok. *Halászatfejlesztés*. 40, 59-66.

Swatland, H., J. (2010): Meat products and consumption culture in the West. *Meat Science*. 86(1), 80-85. DOI: [10.1016/j.meatsci.2010.04.024](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.024)

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., Maradona, M.P., Schlatter, J.R., van Loveren, H., Azzollini, D., Knutsen, H.K. (2022): Safety of partially defatted house cricket (*Acheta domesticus*) powder as a novel food pursuant to Regulation (EU) 2015/2283. *EFSA Journal*. 20(5). DOI: [10.2903/j.efsa.2022.7258](https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7258)

van Huis, A., Oonincx, D., G., A., B. (2017): The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agronomy for Sustainable Development*. 37(43). DOI: [10.1007/s13593-017-0452-8](https://doi.org/10.1007/s13593-017-0452-8)

van Huis, A., Vantomme, P. (2014): Insects to Feed the World Conference Summary Report. Letöltve: 2024.11.14. Forrás: https://www.researchgate.net/publication/263548110_Insects_to_Feed_the_World_Conference_SUMMARY_REPORT_May_2014_edible_Insects_for_food_and_animal_feed

Wilkinson, K., Muhlhausler, B., Motley, C., Crump, A., Bray, H., Ankeny, R. (2018): Australian Consumers' Awareness and Acceptance of Insects as Food. School of Agriculture, *Insects*. 9(2), 44. DOI: [10.3390/insects9020044](https://doi.org/10.3390/insects9020044)

Wyness, L. (2015): The role of red meat in the diet: nutrition and health benefits. *Proceeding of the Nutrition Society*. 75(3), 227-232. DOI: [10.1017/S0029665115004267](https://doi.org/10.1017/S0029665115004267)

Zander, P., Amjath-Babu, T., S., Preissel, S., Reckling, M., Bues, A., Schläfke, N., Kuhlman, T., Bachinger, J., Uthes, S., Stoddard, F., Murphy-Bokern, D., Watson, C. (2016): Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. Springer Nature, Berlin, 36:26, DOI: [10.1007/s13593-016-0365-y](https://doi.org/10.1007/s13593-016-0365-y)

8. Ábrák és táblázatok jegyzéke

1. ábra: Átlagos sütési veszteség ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	28
2. ábra: L* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	29
3. ábra: a* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében.....	29
4. ábra: b* eredmények ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	30
5. ábra: Színezeti különbség eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	30
6. ábra: Színintenzitás eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	31
7. ábra: Sárga index eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében.....	31
8. ábra: Barna index eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	31
9. ábra: A tücsöklisztes minták sütés után (15-20%)	32
10. ábra: A vöröslencsés minták sütés után (20%).....	32
11. ábra: A rugalmasság eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében.....	33
12. ábra: A kohézió eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	33
13. ábra: A rághatóság eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében	33
14. ábra: A fehérje- és zsírtartalom mérés eredményeinek ábrázolása mindkét típusú hamburger esetében.....	34
1. táblázat: A minták összetétele	24
2. táblázat: Átlagos sütési veszteség	28
3. táblázat: Színmérés eredményei I.....	43
4. táblázat: Színmérés eredményei II.	44
5. táblázat: Az állománymérés eredményei.....	45
6. táblázat: A fehérje- és zsírtartalom eredmények	46

9. Mellékletek

3. táblázat: Színmérés eredményei I.
(Forrás: saját munka)

minta		L*	a*	b*	ΔE
<i>Kontroll</i>	átlag	57,93	5,68	13,37	-
	szórás	2,242	0,433	0,579	
<i>5%-os VL</i>	átlag	60,44	4,75	15,07	3,17
	szórás	1,034	0,386	1,787	
<i>10%-os VL</i>	átlag	60,93	4,85	15,57	3,82
	szórás	1,876	0,584	1,704	
<i>15%-os VL</i>	átlag	62,65	4,70	16,16	5,58
	szórás	0,862	0,365	1,179	
<i>20%-os VL</i>	átlag	62,33	3,95	16,01	5,42
	szórás	2,919	0,280	2,651	
<i>30%-os VL</i>	átlag	64,24	5,93	16,36	7,00
	szórás	1,509	0,509	1,347	
<i>5%-os TL</i>	átlag	58,84	5,38	14,13	1,23
	szórás	0,939	0,403	0,567	
<i>10%-os TL</i>	átlag	57,75	5,07	14,13	0,99
	szórás	1,008	0,438	1,458	
<i>15%-os TL</i>	átlag	57,61	4,85	13,57	0,91
	szórás	1,295	0,333	0,947	
<i>20%-os TL</i>	átlag	54,76	4,92	14,09	3,34
	szórás	1,615	0,455	0,742	

4. táblázat: Színmérés eredményei II.
(Forrás: saját munka)

minta		C*	YI	BI
<i>Kontroll</i>	átlag	14,5	33,0	33,0
	szórás	0,50	1,80	1,50
<i>5%-os VL</i>	átlag	15,8	32,0	32,4
	szórás	1,70	4,50	4,50
<i>10%-os VL</i>	átlag	16,3	36,6	35,0
	szórás	1,60	4,70	4,60
<i>15%-os VL</i>	átlag	16,8	36,8	34,8
	szórás	1,10	2,20	2,10
<i>20%-os VL</i>	átlag	16,5	36,9	34,2
	szórás	2,60	6,80	6,30
<i>30%-os VL</i>	átlag	17,4	36,5	35,8
	szórás	1,40	3,80	4,00
<i>5%-os TL</i>	átlag	15,1	34,3	33,7
	szórás	0,50	1,20	1,20
<i>10%-os TL</i>	átlag	15,0	35,0	34,1
	szórás	1,50	3,90	4,20
<i>15%-os TL</i>	átlag	14,4	33,7	32,6
	szórás	1,00	2,60	2,80
<i>20%-os TL</i>	átlag	14,9	36,8	35,9
	szórás	0,80	2,60	3,00

5. táblázat: Az állománymérés eredményei
(Forrás: saját munka)

minta		E (mm)	K	R (Nmm)
K1	átlag	8,05	0,45	171,67
	szórás	0,181	0,030	18,850
K2	átlag	7,91	0,51	187,37
	szórás	0,509	0,060	18,703
5%-os VL	átlag	7,93	0,40	125,95
	szórás	0,169	0,029	11,665
10%-os VL	átlag	7,65	0,40	122,69
	szórás	0,384	0,051	23,503
15%-os VL	átlag	7,61	0,37	120,10
	szórás	0,388	0,048	20,743
20%-os VL	átlag	7,46	0,35	93,04
	szórás	0,188	0,024	7,433
30%-os VL	átlag	7,15	0,33	59,88
	szórás	0,214	0,026	8,392
5%-os TL	átlag	7,51	0,38	128,78
	szórás	0,544	0,044	21,315
10%-os TL	átlag	7,25	0,35	102,78
	szórás	0,624	0,051	25,755
15%-os TL	átlag	7,11	0,32	90,57
	szórás	0,400	0,034	17,408
20%-os TL	átlag	7,46	0,35	105,83
	szórás	0,217	0,027	10,419

6. táblázat: A fehérje- és zsírtartalom eredmények
(Forrás: saját munka)

minta		fehérjetartalom (%)	zsírtartalom (%)
<i>Kontroll</i>	átlag	29,88	19,16
	szórás	0,030	0,310
<i>5%-os VL</i>	átlag	26,26	17,49
	szórás	0,460	0,380
<i>10%-os VL</i>	átlag	22,91	15,96
	szórás	2,655	0,150
<i>15%-os VL</i>	átlag	23,17	14,77
	szórás	1,025	0,140
<i>20%-os VL</i>	átlag	20,84	14,11
	szórás	0,040	0,240
<i>30%-os VL</i>	átlag	20,47	14,02
	szórás	0,210	0,135
<i>5%-os TL</i>	átlag	27,20	15,43
	szórás	1,590	0,220
<i>10%-os TL</i>	átlag	24,86	16,46
	szórás	0,120	0,165
<i>15%-os TL</i>	átlag	22,54	16,94
	szórás	0,270	0,185
<i>20%-os TL</i>	átlag	25,37	14,68
	szórás	0,710	0,275

10. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni hálámat és őszinte köszönetemet Dr. Jánosi Anna és Dr. Takács Krisztina témavezetőimnek a dolgozat elkészítése során nyújtott szakmai iránymutatásért, türelméért és támogató hozzáállásért. Nélkülük ez a dolgozat nem valósulhatott volna meg ebben a formában.

Külön köszönettel tartozom Nyulasné Dr. Zeke Ildikó tanárnőnek, és Dr. Jónás Gábor tanár úrnak az értékes tanácsokért, a kutatási munkámhoz nyújtott segítségért, valamint a kutatási alapokért és az érdeklődési terület kialakításáért.

Hálás vagyok továbbá családomnak, páromnak és barátaimnak a folyamatos biztatásért és támogatásért, ami végigkísérte tanulmányaimat és a dolgozat megírásának folyamatát.

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat 6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat / diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója

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

NYILATKOZAT

szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Rácz-Szabó Piroska
A Hallgató Neptun kódja: TRG78L
A dolgozat címe: Hibrid hústermékek fejlesztése alternatív fehérjeforrások alkalmazásával
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Táplálkozástudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat¹ 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 repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelté után

nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025 év október hó 26. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

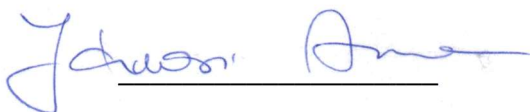
NYILATKOZAT

Rácz-Szabó Piroska (név) (hallgató Neptun azonosítója: TRG78L konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

2025. október 26.





belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Rácz-Szabó Piroska
Neptun-kódja:	TRG78L
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	X BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: TDK
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat készítés 2.
A munka címe:	Hibrid hústermékek fejlesztése alternatív fehérjeforrások alkalmazásával

* 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 korrekció, 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)
fordítás	OpenAI ChatGPT, GPT-4.1 (2025)	A „Szakrodalmi áttekintés” című fejezet
nyelvi korrekció	OpenAI ChatGPT, GPT-5 (2025)	A „Bevezetés és célkitűzések” című fejezet

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 eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve, 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.

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. október 26.

Hallgató aláírása

Konzulens/Témavezető aláírása