ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM

ÁLLATTENYÉSZTÉSI, TAKARMÁNYOZÁSTANI ÉS
LABORÁLLAT-TUDOMÁNYI INTÉZET
TAKARMÁNYOZÁSTANI ÉS KLINIKAI DIETETIKAI TANSZÉK



ROVARTARTALMÚ KUTYA- ÉS MACSKATÁPOK

INSECT-BASED DOG AND CAT FOOD

Készítette:

Kiss Luca

Témavezető:

Dr. Hetényi Nikoletta, PhD
tudományos munkatárs

Budapest
2024

Absztrakt

A népesség növekedésével egyre nagyobb figyelem irányul a rovarok élelmiszerként és takarmányként történő felhasználására, mivel fenntarthatóbb alternatívái a hagyományos állati eredetű termékeknek. A szakdolgozat a rovartartalmú kutya- és macskatápok előnyeit és hátrányait vizsgálja az eddigi tudományos eredmények alapján. Az erre a célra használt két legfontosabb rovar a fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) és a közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) lárvája. Nagy fehérje- és zsírtartalmukkal ígéretes alapanyaggá teszik őket a házikedvencek számára. A rovarok prebiotikus hatású kitint, antimikrobiális tulajdonságokkal rendelkező peptideket, valamint (kizárólag a fekete katonalégy lárvája) antimikrobiális zsírsavat tartalmaznak, amelyek kedvezően befolyásolhatják a társállatok bélflóráját és általános egészségét. Új fehérjeforrásként hipoallergén tápokban is felhasználhatók, de az esetleges allergiás reakciók miatt ez nem garantálható. A kutya- és macskatartók körében a rovartartalmú takarmányok elfogadottabbak, ha azokban a rovarok nem felismerhetőek, előnyös tulajdonságokkal bírnak (pl.: fenntarthatóság) és nem drágábbak a hagyományos termékeknél.

Abstract

With the growing population, increasing attention is being directed toward using insects as food and feed, as they offer a more sustainable alternative to traditional agriculture. This thesis examines the advantages and disadvantages of feeding insect-based dog and cat food based on the findings of scientific papers published to date. The black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) and the yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) are the most commonly used insects. Due to their high protein and fat content, they are promising ingredients for pet foods. Insects contain chitin with prebiotic effects, antimicrobial peptides, and (exclusively the black soldier fly larvae) antimicrobial fatty acid, which can positively affect animals' gut microbiota and overall health. As a novel protein source, insects could be used in hypoallergenic pet foods; however, this cannot be guaranteed due to the possibility of allergic reactions. Insect-based pet foods are more widely accepted by dog and cat owners if the insects are not recognizable, have beneficial properties (e.g., sustainability), and are not more expensive than traditional products.

Rövidítések jegyzéke....6
1. Bevezetés....7
2. Irodalmi áttekintés....8
2.1. A kutya- és macskatápokban felhasznált legfontosabb rovarfajok....8
2.1.1. Fekete katonalégy....8
2.1.2. Lisztbogár....10
2.2. A kutyák és macskák táplálóanyag szükséglete....13
2.2.1. Energia....13
2.2.2. Szénhidrátok....14
2.2.3. Zsírok....16
2.2.4. Fehérjék és aminosavak....17
2.2.5. Ásványi anyagok....18
2.2.6. Vitaminok....21
2.3. A rovarok felhasználásának előnyei és hátrányai....25
2.3.1. Előnyök....25
2.3.2. Hátrányok....27
2.4. Jogi szabályozás....27
2.5. Gyakorlati felhasználás....28
2.5.1. Lehetséges felhasználási módok....28
2.5.2. A rovartartalmú takarmányok előnyös élettani hatásai....29
2.5.2.1. Kitin....29
2.5.2.2. Antimikrobiális peptidek....30
2.5.2.3. Antimikrobiális zsírsavak....32
2.5.2.4. A rovartartalmú takarmányok bélflórára gyakorolt hatása....34
2.5.2.5. Új fehérjeforrás....38
2.5.3. Rovarok nagy NPN tartalma, a valódi fehérjetartalom túlbecsült....39
2.5.4. Rovartartalmú tápok és rovarok elfogadottsága....41
2.5.5. Emészthetőségük....44
2.5.5.1. *In vitro* emészthetőség....44
2.5.5.2. *In vivo* emészthetőség kutyákban....49
2.5.5.3. *In vivo* emészthetőség macskákban....51
2.5.6. Hazai forgalomban kapható kutya- és macskatápok, jutalomfalatok bemutatása....52
2.5.7. A rovartartalmú tápok kockázatai....58
2.5.7.1. Nehézfémek felhalmozódása....58
2.5.7.2. Keresztreakciók....61

2.5.7.3. Dioxin..... 62
2.5.8. A rovartartalmú kutya- és macskaeledelek globális trendje..... 64
3. Módszer..... 65
4. Eredmények..... 66
5. Következtetések..... 69
6. Összefoglalás..... 72
7. Irodalomjegyzék..... 73
Diplomamunka konzultációs lap..... 81

Rövidítések jegyzéke

AA = arachidonsav

AD = atópiás dermatitis

ADF = sav detergens rost

AL = alombogár lárva

AP = antimikrobiális peptidek

AS = aminosav

DHA = dekozahexaénsavnak

DIAAS = emészthető nélkülözhetetlen aminosav pontszámok (digestable indispensable amino acid score)

EU = Európai Unió

EPA = eikozapentaénsav

FEDIAF = Európai Állateledel Ipari Szövetség

HLL = házi légy lárva

HT = házi tücsök

FKLL = fekete katonalégy lárva

LL = közönséges lisztbogár lárva

LS = laurinsav

ME = metabolizálható energia

mtsai. = munkatársai

NF = nehézfémek

NPN = nem fehérje eredetű nitrogén

PCB = poliklór-bifenilek

PCDD = poliklór-dibenzodioxinok

PCDF = poliklór-dibenzofuránok

PGL = penészevő gabonabogár lárvája

RT = rovartartalmú

SLB = selyemlepke bábja

sza = szárazanyag

THT = trópusi házi tücsök

ÜHG = üveghatású gázok

1. Bevezetés

A számítások szerint 2050-re a népesség száma elérheti a 9-10 milliárdot is, ezzel együtt számolni kell a fehérjeszükséglet növekedésével is. A hagyományos haszonállattartásból származó fehérje előállítása annak termőföld- és vízigénye, valamint az üvegházhatású gázok kibocsátása miatt hosszú távon nehezen fenntartható [1]. A növényi eredetű fehérjék az aminosav összetételük és az esetlegesen bennük lévő antinutritív anyagok miatt nem optimális alternatívái az állati eredetű fehérjeforrásoknak [2]. A kutya- és macskatápokban felhasznált fehérje egy része (a táp minőségétől függően) akár emberi fogyasztásra is alkalmas lehet, ugyanakkor összetevőként szerepelhetnek vágóhídi melléktermékek is. Számítások szerint a száraz kutya- és macskatáp a globális szén-dioxid-kibocsátás 1,1–2,9%-át, a termőföldhasználat 0,8–1,2%-át és a vízhasználat 0,2–0,4%-át teszi ki [2], [3]. A rovarok nemcsak nagy fehérjetartalommal, hanem általánosan jó tápanyagtartalommal rendelkeznek, valamint termesztésük is fenntarthatóbbnak bizonyul a mezőgazdasági haszonállatokkal szemben [4]. Fontos azonban megjegyezni, hogy a rovarok jelentős mennyiségű nem fehérje eredetű nitrogént (non-protein nitrogen, NPN; 2.5.3. fejezet) tartalmaznak, amely a monogasztrikus állatok által nem hasznosítható [5].

A kutyák és macskák esetén további előnyt jelenthet, hogy új fehérjeforrásként, a rovartartalmú takarmányok megoldást jelenthetnek az eleségallergiában szenvedő egyedek számára [6]. A rovarokban megtalálható kitin, antimikrobiális peptidek (AP) és zsírsav (laurinsav) jó hatással lehetnek az állatok általános egészségére, ami akár az antibiotikum-felhasználást is csökkentheti [6],[7]. Ezek az előnyök a kisállat tulajdonosok számára is fontos információt jelenthetnek, mivel hozzájárulhatnak a rovarokkal szembeni ellenérzések csökkenéséhez [9]. Lehetséges kockázatként megemlíthető, hogy a rovarok hajlamosak a nehézfémek és dioxin-vegyületek felhalmozására. Továbbá, a kitintartalom csökkentheti a nyersfehérje emészthetőséget [5], [10], [11], [12].

A takarmányozás céljára használt rovarokat számos tanulmány vizsgálta már különböző szempontokból. A szakdolgozat célja, hogy ezeket rendszerezze, az eredményeiket összehasonlítsa, megtalálja azok hiányosságait és megvizsgálja az eredmények gyakorlati jelentőségét.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A kutya- és macskatápokban felhasznált legfontosabb rovarfajok

2.1.1. Fekete katonalégy

A fekete katonalégy (*Hermetia illucens*) a kétszárnyúak rendjébe (*Diptera*), légyalkatúak alrendjébe (*Brachycera*) tartozó faj, amely a *Hermetiinae* alcsalád legismertebb tagja. Eredeti élőhelye Dél-Amerika, illetve széles körben elterjedt a mérsékelt, a szubtrópusi és trópusi területeken, így hőmérsékleti optimuma 25-30°C között van. A nőstény 12-20 mm, a hím valamivel hosszabb. Teste 3 részre tagolt (fej, tor, potroh), a potroh pedig további 5 szegmensre osztott, rajta szimmetrikus a elhelyezkedő fehér foltokkal. Szárnya barnás, fején pedig csápok találhatók [13]. A rovarok könnyen tenyészthetők, ha biztosítjuk a legfeljebb 30°C-os hőmérsékletet és a 70%-os relatív páratartalmat [2]. A nőstény 500-1500 darab petét rak le egyszerre, amelyek hőmérséklettől függően (24-27 °C) 105-72 óra alatt kelnek ki [13].

Életük során 5 stádiumon mennek keresztül: pete, lárva, előbáb, báb és adult. Csak lárva állapotában táplálkozik [13]. Biotranszformáció útján a lárvák képesek sokféle szerves anyag hasznosítására, de tenyésztett rovarok esetében be kell tartani az haszonállatokra vonatkozó takarmányozási tilalmakat [14]. A különböző rovarfajokat abban a stádiumukban dolgozzák fel, amelyben a legnagyobb a tápanyagtartalmuk, illetve a leggazdaságosabb az előállításuk, ami jelen esetben a lárva- vagy az előbáb állapotot jelenti. A fekete katonalégy lárva (FKLL) a felvett fehérje 55%-át képes átalakítani ehető testtömeggé, ez baromfi esetén 33% [2]. A lárva kémiai összetételét nagyban befolyásolja az általa elfogyasztott szubsztrát összetétele, viszont általánosságban elmondható, hogy a lárva szárazanyagban (sza) átlagosan 40% g nyersfehérjét tartalmaz, míg zsírtalanítás után ez átlagosan 67,5% [4]. A fehérjetartalmat illetően különböző irodalmakban eltérő adatokat lehet találni és jellemzően 40-46% közötti [5],[6]. Esszenciális aminosavak tekintetében a gazdag leucinban (átlagosan 44,6 g/kg), lizinben (átlagosan 38,8 g/kg), és valinban (átlagosan 40,1 g/kg). Legkisebb arányban metionint és triptofánt tartalmaznak [14]. Az emészthető nélkülözhetetlen aminosav pontszámmal (Digestable Indispensable Amino Acid Score, DIAAS) jellemezhető, hogy egy adott táplálékban lévő aminosavak mennyisége mennyire elégíti ki a szervezet szükségleteit, így az 1,00 érték azt jelenti, hogy 100%-ban biztosítani tudja. Egy tanulmány szerint a fejlődésben lévő macskák esetén a FKLL pontszáma a metion tekintetében 0,65-1,02. Kifejlett macskáknál az arginin

0,83-1,04 pontot ért el, míg a leucin 1,03-1,14-et. A növésben lévő kölyökkutyáknál a metionin 0,81-1,01, a treonin pedig 1,03-1,14 ponttal jellemezhető, felnőtt ebekben pedig a metionin 0,39-0,61 pontot ért el a FKLL vizsgálatakor [15]. Egyes források szerint a beltartalmi értékei megfelelnek az amerikai egyesült államokbeli National Research Council által meghatározott minimum mennyiségeknek, amelyek fedezik a kutyák és a macskák nyersfehérje és esszenciális aminosav igényeit. Kivételt képez azonban a taurin, amely a szárazanyagban csak 0,19 mg/g mennyiségben van jelen [16]. Mivel a macska számára esszenciális aminosavról van szó, a rovartartalmú tápok előállításakor figyelmet kell fordítani a taurin kiegészítésre.

A rovarlárvák nagy energiatartalommal rendelkeznek, amit a bennük található zsír biztosít [2]. Általánosságban a 40-45% sza. Egy vizsgálat szerint a FKLL-alapú tápban a nyerszsír emészthetősége 94,5%, míg a baromfi-alapú esetén ez 91,6% volt [4]. A zsírok közül nagy a telített zsírsavak aránya, különösen gazdag LS-ban, valamint egyszeresen telített zsírsavakban [4],[5]. A LS ismert a Gram-pozitív baktériumok, gombák és vírusok elleni antimikrobiális aktivitásáról, továbbá hozzájárul az össz-koleszterinszint szabályozásához is [2]. Az összes zsírsav mennyiségének 18,67-44,75%-át teszi ki a LS, de a gyümölcshulladékon nevelt lárvák esetén mértek már 76,13%-ot is [8], [17]. A FKLL az eikozapentaénsav (C20:5) és dokozahexaénsav (C22:6) tartalma ellenben kicsi [4]. A rovarok esetén a zsírsavösszetételét nagyban befolyásolja, hogy mit tartalmaz a szubsztrát, amit elfogyasztanak [1]. Példaként említhető, hogy a csirketápon nevelt, korai előbábok a 62% LS mellett 9% körüli mirisztin- és linolsavatsavat, valamint 7% palmitin- és olajsavat tartalmaz.

A FKLL jelentős mennyiségű rostot tartalmaz, aminek egy része az exoszkeletont felépítő kitinből és a szklerotizált fehérjékből származik, ezeket a monogasztrikus állatok nem, vagy csak kis mértékben tudják megemészteni [2], [4]. Egy vizsgálathoz használt FKLL-alapú eleségben 39 g/kg sza rostot tartalmazott, ami több mint kétszer annyi, mint a baromfi-alapú eleségben (15g/kg sza), de és ez a különbség a fehérje emészthetőséget nem befolyásolta [4]. A kitintartalomra vonatkozóan az irodalomban eltérő adatokat lehet találni, a részben zsírtalanított lárvában 50 g/kg, sza zsírtalanított lárvában 96 g/kg, nagymértékben zsírtalanított lárvában pedig 69 g/kg körüli szintet mértek sza-ban [4].

A külső váz felépítésében, a kutikulába foglalva részt vesz még a kalcium és egyéb ásványi anyagok [1]. A FKLL így nagy kalcium (a tenyésztett rovarok közül egyedüliként),

foszfor, réz, vas, magnézium, mangán, szelén és cink tartalommal rendelkezik. Rovartartalmú (RT) kutyatápok vizsgálata során találtak olyan FKLL-alapú eleséget, amelynek mangántartalma harmincszorosa volt a maximálisan megengedett értéknek. A rovarok hajlamosak a nehézfémek felhalmozására is, a FKLL-ra kifejezetten jellemző a kadmiumakkumuláció [2]. A különböző ásványi anyagok és nehézfémek növelhetik a nyershamu tartalmat, ami pedig csökkentheti a gyomorsav hatékonyságát, ezzel ronthatja a fehérje emészthetőségét. Egy FKLL-alapú táp nyershamu tartalma 5,9% sza [4]. Vitaminok közül tartalmaz riboflavint, pantoténsavat, biotint és bizonyos esetekben folsavat, de ezzel kapcsolatban még kevés a rendelkezésre álló információ [2].

A FKLL a kutya- és macskatápokban liszt, illetve zsír formájában használják fel [2]. A száraztápok esetén a kutyák szívesebben választják a FKLL-t tartalmazó eleséget, a közönséges lisztbogár lárvát tartalmazóval szemben [4].

2.1.2. Lisztbogár

A közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) a bogarak rendjébe (*Coleoptera*), mindenevő bogarak alrendjébe (*Polyphaga*), és a gyászbogárfélék családjába (*Tenebrionidae*) tartozik. Világszerte elterjedt kártevője a liszteknek, gabonáknak és egyéb élelmiszereknek. Életének 4 stádiuma van: pete, lárva, báb, kifejlett állat. A kifejlett, fekete bogár körülbelül 1 cm nagyságú [18]. A többi rovarhoz hasonlóan, megfelelő körülmények között a közönséges lisztbogár is könnyen tenyészthető [13]. A nőstény 500 petét rak, melyek 25°C-on, 3-9 nap múlva lárvává alakulnak. A közönséges lisztbogár lárvája (LL) halvány sárgásbarna színű, 2,0-3,5 cm hosszú, ez a fejlődési szakasz 1-8 hónapig tart [18]. A közönséges lisztbogár esetén is lárvaállapotban a legnagyobb a rovar tápanyagtartalma, így ez kerül feldolgozásra [2]. A lárva szubsztrátja általában korpa vagy gabonaliszt, például búzából, zabból, kukoricából, ez kiegészülhet még zöldségekkel és gyümölcsökkel a nedvesség biztosítása érdekében. A fehérjeszükségletet szójalisztből, sovány tejporból vagy élesztőből fedezhető, de kizárólag búzakorpán is elélnek [18]. A LL az általa felvett fehérje 45%-át képes átalakítani ehető tömeggé [2]. Egy vizsgálat során arra jutottak, hogy a különböző gabonaalapú szubsztrátok etetése nem eredményez lényeges változásokat a lárva kémiai összetételében (nyersfehérje, nyerszsír, nedvességtartalom), azonban a telítetlen zsírsavakkal való kiegészítés hatással van a lárvában megtalálható zsírsavak összetételére (pl.: kaprilsav). Az optimális beltartalom eléréséhez tehát érdemes figyelni a szubsztrát összeállítására. A LL nedvességtartalma 68% [18].

A közönséges lisztbogár lárvája jó minőségű és nagy mennyiségű fehérjét tartalmaz, ami. 47,8-53,1% a sza-ban [19]. Aminosav összetétele is kiváló, magas leucin-, valin- és lizintartalommal rendelkezik [18]. A marhahúsnál szignifikánsan több izoleucint, leucint, valint, tirozint, alanint tartalmaz [19]. Limitáló aminosavak a hisztidin, metionin és a triptofán [18]. A metionin DIAAS értékei kölyökkutyáknál 0,97, felnőtt kutyáknál 0,55, kifejlett macskáknál pedig 0,92. A leucin a felnőtt macskák tekintetében 0,90 DIAAS értékű [15].

A LL zsírtartalma a sza-ban 27,3-38,3% közé esik az irodalomban található adatok szerint [19]. Telített zsírsavak közül legnagyobb arányban palmitinsavat tartalmaz [2]. A telítetlen zsírsavak 9,33-17,24%-át teszi ki a palmitoleinsav (C16:1), 40,78-49,71%-át az olajsav (C18:1n9), 24,19-35,58%-át a linolsav (C18:2n6), 0,35-2,27%-át a linolénsav (C18:3n3), 0,03-1,85%-át a gamma-linolénsav (C18:3n6), és 0,06-0,39%-át az eikozénsav (C20:1n9) [18]. A linolsavról is elmondható, hogy mennyisége nagyobb a lisztbogár lárvájában, mint a marhahúsban [19]. A telített zsírsavak aránya a következőképp alakul: 2,12-5,21% mirisztinsav (C14:0), 9,33-17,21% palmitinsav (C16:0), és 0,26-3,06% sztearinsav (C18:0) [18].

A LL kitintartalma 13 g/100g sza [18]. Antioxidáns tartalma 2,5 mg trolox equivalents (TE)/g lárva, ami hasonló, mint az uborkáé (2,8 mg TE/g), almáé (2,2 mg TE/g) és kivié (2,7 mg TE/g). A FKLL-hoz, a LL is jó forrása lehet a riboflavinnak, pantoténsavnak, biotinnak és folsavnak [2].

A LL hajlamos a nehézfémek, különösen az arzén felhalmozására [2]. Emellett a LL védekezőmirigye benzokinon vegyületeket termel, amelynek mennyisége az állat életének előrehaladtával fokozatosan nő. A benzokinonok toxikusak az emberek és állatok számára, befolyásolja a sejtlégzést, vesekárosító és karcinogén hatású. Egyelőre azonban nem tisztázott, hogy a feldolgozás (tisztítás, szárítás, melegítés, darálás) után mennyi benzokinont tartalmaznak a lárvák, ahogy az sem, hogy a monogasztrikus állatok milyen mértékben képesek tolerálni a vegyületeket [18].

A LL feldolgozásával kapcsolatban azt figyelték meg, hogy a különböző szárítási módok csak kis mértékben befolyásolják a beltartalmi értéket. Készülhet belőle teljes zsírtartalmú, vagy zsírtalanított őrlemény, amelyeket az állateledel gyártására használhatnak fel [18]. A LL-tartalmú eleségeket szívesebben fogyasztják a macskák, mint a kutyák [15].

1. táblázat: A fekete katonalégy és a közönséges lisztbogár lárvájának fehérjetartalma és aminosav profilja [1], [18].

	Fekete katonalégy lárva	Közönséges lisztbogár lárva
	% a szárazanyagban	
Nyersfehérje	42,35%	53,75%
Nyerszsír	24,90%	37,10%
Nyersrost	7,00%	7,43%
Nyershamu	21,50%	2,75%
	g/ 100 g fehérjében	
Arginin	4,78	3,61
Valin	9,03	3,62
Leucin	7,23	4,22
Izoleucin	4,73	2,51
Fenilalanin	4,38	2,51
Fenilalanin + Tirozin	10,58	6,62
Metionin	1,53	1,15
Metionin + Cisztein	2,79	3,42
Lizin	7,43	3,03
Hisztidin	3,21	1,60
Triptofán	1,46	0,57
Treonin	4,18	2,42
Összes aminosav	55,42	31,62

2.2. A kutyák és macskák táplálóanyag szükséglete

2.2.1. Energia

A táplálék energiaszintjét a háromféle tápanyag mennyisége határozza meg: a zsír, szénhidrát és fehérje. Az energia mennyiségét kifejezhetjük kilokalóriában (kcal), kilojoulban (kJ) vagy megajoulban (MJ). A társállatok esetében az Egyesült Államokban kcal-t használnak, ami a hazai gyakorlatban is egyre elterjedtebb, annak ellenére, hogy a takarmányozásban jellemzően SI-mértékegységeket használunk. Az állatoknak energiára van szükségük az alapanyagcsere fenntartásához, a növekedéshez, a szaporodáshoz, a laktációhoz és a fizikai aktivitáshoz.

A takarmány teljes energiatartalmát bruttó energiának nevezzük, azonban ezt az állatok szervezete nem képesek maradéktalanul hasznosítani. A bruttó energiából kivonva a bélsárral ürülő energiamennyiséget megkapjuk az emészthető energiát, majd ebből elvéve a vizelettel és a metánnal távozó további energiát, eljutunk a metabolizálható energiáig (ME). A kutyák és a macskák esetén metabolizálható energiáról beszélünk, amikor azt az energiamennyiséget keressük, amit a táplálékból az állat valójában hasznosítani tud a különböző életfunkcióinak az ellátására. Nagymértékben befolyásolja ezt az értéket az állat aktivitása, kora (fiatal, növésben lévő állat esetén nagyobb, míg idősebb állat esetén alacsonyabb), élettani állapota (vemhesség, laktáció, ivartalanítás stb.) [20].

Kutyák esetén a ME-szükségletet a következő módon lehet kiszámolni: $0,5*W^{0,75}$ MJ/nap ($95\text{-}135*W^{0,75}$ kcal/nap) ahol $W^{0,75}$ az anyagcsere testtömeg, illetve W a kutya kilogrammban megadott testtömege. A fenntartó (maintance) energiaszükséglete egy fiatal felnőtt kutyának ennél több, az egyenlet a következőre módosul: $460*W^{0,75}$kJ/nap ($110*W^{0,75}$ kcal/nap). [21]

Macskák esetén a napi ME nem pontosan ismert. A fenntartó energiaszükségletet is csak megbecsülni lehet: $100*W^{0,67}$ kcal/nap. Azonban ez a képlet olyan macskák esetén alkalmazható, amelyek a testkondíció 1-9 skálájú pontozásos (body condition score, BCS) rendszerében 5 pontot érnek el, tehát ideális kondícióval rendelkeznek. Ennél magasabb pontszám esetén a képletet korrigálni kell: $130*W^{0,4}$ kcal/nap. [20]

2.2.2. Szénhidrátok

A szénhidrátok főleg energiaforrásként szolgálnak az állati szervezet számára. Szerkezetük alapján monoszacharidokra, diszacharidokra és poliszacharidokra csoportosíthatók. A sejtek energiaellátását elsősorban a monoszacharidok közé tartozó glükóz biztosítja. Az állatok anyagcseréjének glükózszükséglete fedezhető endogén forrásból glükoneogenezis révén, vagy exogén forrásból, a takarmányból. Egy felnőtt kutya szervezete képes előállítani a fenntartáshoz szükséges mennyiségű glükózt, amennyiben az állat elegendő fehérjét és zsírt fogyaszt, de egy az anyagcsere számára megterhelő állapotban (például vemhesség, laktáció) fontos a szénhidrátbevitel a glükózszükséglet fedezésére. A macskák obligát húsevők, így anyagcseréjük ehhez alkalmazkodva sajátosan működik: a glukoneogenezis folyamatosan zajlik, így a glukoneogenetikus aminosavakból képzett glükóz felelős az állandó vércukorszint fenntartásáért.

A különböző kutya- és macskaeleségek szénhidráttartalmát a monoszacharidok (pl.: glükóz), diszacharidok (pl.: szacharóz), oligoszacharidok (pl.: raffinóz) és a poliszacharidok (keményítő, rost [hemicellulóz, cellulóz, pektin]), adják. A keményítő glükózból épül fel, és ezek az alegységek alfa-konfigurációban kapcsolódnak össze, ezt a kötésformát pedig a gasztrointesztinális enzimek képesek hidrolizálni, így glükóz molekulákra bontani a poliszacharidot. A rostok (például cellulóz, hemicellulóz, pektin stb.) monoszacharid-egységei béta-konfigurációban kapcsolódnak, ez pedig ellenáll az enzimatikus emésztésnek. Az emésztetlen rostok egy részét a vastagbélben élő mikroflóra változó mértékben, de képesek fermentálni, aminek eredményeként rövid szénláncú zsírsavak és egyéb termékek keletkeznek, amelyek energiaforrásként szolgálnak a vastagbél hámsejtjeinek és a mikróbák számára.[22] A kutyák és macskák napi táplálóanyag igény a 2. táblázat foglalja össze.

2. táblázat: A kutyák és macskák napi táplálóanyag igényének fedezéséhez szükséges mennyiség az eledel 100 g szárazanyagában [21].

	Kutya		Macska	
	Felnőtt (95-110 kcal/kg^{0,75})	Kölyök (kor előrehaladtával csökken az igény)	Felnőtt (75-100 kcal/kg^{0,67})	Kölyök
Zsír	5,50 g	8,50 g	9,00 g	
Fehérje	18-21 g	20-25 g	25,00-30,00 g	28,00 g
A-vitamin	606,00-702,00 IU	500,00 IU	333,00-444,00 IU	900,00 IU
D-vitamin	55,20-63,90 IU	50,00-55,20 IU	25,00-33,30 IU	28,00 IU
E-vitamin	3,60-4,17 IU	5,00 IU	3,80-5,07 IU	3,80 IU
K-vitamin	-	-	-	-
B_1 (tiamin)	0,21-0,25 mg	0,18 mg	0,44-0,59 mg	0,55 mg
B_2 (riboflavin)	0,60-0,69 mg	0,42 mg	0,32-0,42 mg	0,32 mg
B_3 (niacin)	1,64-1,89 mg	1,36 mg	3,20-4,21 mg	3,20 mg
B_5 (pantoténsav)	1,42-1,64 mg	1,20 mg	0,58-0,77 mg	0,57 mg
B_6 (piridoxin)	0,15-0,17 mg	0,12 mg	0,25-0,33 mg	0,25 mg
B_7 (biotin)	-	-	6,00-8,00 µg	7,00 µg
B_9 (folsav)	25,80-29,90 µg	21,60 µg	75,00-101,00 µg	75,00 µg
B_{12} (cianokobalamin)	3,35-3,87 µg	2,80 µg	1,76-2,35 µg	1,80 µg
Kalcium	0,50-0,58 g	1,00 g	0,40-0,53 g	1,00 g
Foszfor	0,40-0,46 g	0,90 g	0,26-0,35 g	0,84 g
Magnézium	0,07-0,08 g	0,04 g	0,04-0,05 g	0,05 g
Vas	3,60-4,17 mg	8,80 mg	8,00-10,70 mg	8,00 mg
Réz	0,72-0,83 mg	1,10 mg	0,50-0,67 mg	1,00 mg
Cink	7,20-8,34 mg	10,00 mg	7,50-10,00 mg	7,50 mg
Mangán	0,58-0,67 mg	0,56 mg	0,50–0,67 mg	1,00 mg
Szelén	18,00-22,00 µg	40,00 µg	21,00-28,00 µg	30,00 µg
Jód	0,11-0,12 mg	0,15 mg	0,13-0,17 mg	0,18 mg

2.2.3. Zsírok

A táplálékokban a zsírok jellemzően trigliceridek formájában vannak jelen, amelyeket az egyszerű zsírok közé soroljuk. A trigliceridek egy glicerin molekulából és különböző zsírsavakból épülnek fel. A zsírsavak lehetnek rövid, közepes vagy hosszú szénláncúak, és telítettek vagy telítetlenek. A telítetlen zsírsavak közé tartoznak a többszörösen telítetlen omega-3 és -6 zsírsavak. Az omega-6 zsírsavak közül mindkét faj számára esszenciális a linolsav (C12:2) és a macska számára az arachidonsav (C20:4, AA), mivel a delta-6-deszaturáz enzim hiányában nem képesek a linolsavból arachidonsavat előállítani. Az esszenciális omega-3 zsírsavak közé tartozik az alfa-linolénsav (C18:3), az eikozapentaénsavnak (C20:5; EPA) és a dekozahexaénsavnak (C22:6; DHA). Mivel ezen fajok esetében a linolénsav endogén átalakulása EPA és DHA zsírsavakká nagyon kismértékű, a kutya- és macskatápokban szükséges az EPA- és DHA forrást biztosítani. Az összetett zsírok közé tartoznak például a lipoproteinek, amelyek feladata, hogy a véráramban szállítsák a lipideket [22].

A zsíroknak számos fontos funkciója van a szervezetben. A normál kondícióval rendelkező állatokban is megtalálható zsírdepók fizikai védelmet nyújtanak a belső szerveknek, emellett a hosszú távú energiaraktározás is a zsírszövetben történik. Elengedhetetlen a zsírban oldódó vitaminok felszívódásához, és különböző hormonok, illetve biológiailag aktív molekulák képzéséhez (AA, EPA), de a sejtmembrán alkotásában is részt vesznek [22].

Az állatok zsírszükségletét az energia- és esszenciális zsírsavigényük határozza meg. Növésben lévő, vemhes, laktáló, illetve hosszú ideig tartó fizikai aktivitást végző állatok esetén az energiaigény nagyobb, ezért a takarmány zsírtartalma is növelhető. Az esszenciális zsírsavak megfelelő mennyiségű bevitelére a vemhesség és a laktáció idején különös figyelmet kell fordítani, mivel a magzatok és az újszülött állatok idegrendszerének és retinájának fejlődéséhez szükséges a DHA jelenléte [22]. Az Európai Állateledel Ipari Szövetség (Fédération européenne de l'industrie des aliments pour animaux familiers/European Pet Food Industry Federation, FEDIAF) által egy felnőtt kutyának a testtömeg fenntartásához javasolt zsírmennyiség 5,50 g (100 g táp szárazanyagára vonatkoztatva [a továbbiakban is ez érvényes]), míg egy növésben lévő, illetve vemhes vagy laktáló állat esetén ez 8,50 g. Macskáknak életkortól és állapottól függetlenül 9 g zsírtartalom ajánlott. Az esszenciális zsírsavak esetén nincsenek pontosan meghatározott

értékek, csak ajánlások: felnőtt kutyáknak 1,32-1,53 g linolsav, kölyköknek pedig 1,30 g linolsav, illetve 0,08 g linolénsav. Kifejlett macskáknak 050-0,67 g, míg a fiatal állatoknak 0,55 g linolsav javasolt. Bár a macskák is képesek arachidonsavat előállítani linolénsavból, a FEDIAF ajánlása szerint a takarmányhoz 6,00-8,00 mg AA kiegészítés javasolt felnőtt macskáknak, míg a kölyköknek 20,00 mg [21].

Kereskedelmi tápok etetése esetén nem valószínű, hogy a zsírok és esszenciális zsírsavak bevitele kisebb lesz, de egy nem megfelelően összeállított eleség esetén olyan hiánytünetek léphetnek fel, mint a szőrzet fakósága, szárazsága, szőrhullás, bőrelváltozások, illetve lassabb sebgyógyulás. A túlzott zsír-, és az ebből adódó túlzott energiabevitel pedig elhízáshoz, valamint ennek szövődményeihez vezethet [22].

2.2.4. Fehérjék és aminosavak

A fehérjéket nitrogéntartalmú aminosavak (AS) építik fel, amelyek peptidkötéssel kapcsolódnak egymáshoz. A proteinek szerkezetét 4 szinten lehet jellemezni, és a 4 szint együttesen határozza meg a végleges szerkezetet, ezzel együtt pedig a funkciót is. A szőr, a toll, a bőr, a karmok, ínak, szalagok és porcok alapváza mellett, többek között az izomban található miozin és aktin szálak, a különböző enzimek, a szállítófehérjék (például albumin, transzferrin), és az ellenanyagok is mind fehérjékből épülnek fel. A fehérjék lebomlása és szintézise folyamatosan zajlik, így folyamatos pótlás szükséges annak érdekében, hogy megfelelően működjön az anyagcsere és biztosított legyen a szövetek fennmaradása, illetve növekedése [22].

A fehérjeláncok 22 féle alfa-aminosavból épülhetnek fel, amiből 12-t a kutyák és a macskák szervezete is képes szintetizálni, amennyiben ehhez rendelkezésre áll megfelelő nitrogénforrás. A maradék 10 esszenciális AS-at (Arg, His, Ile, Leu, Lys, Met, Phe, Thr, Trp, Val) táplálékkal kell bevinni a szervezetbe. Kölykök számára ezen felül esszenciális a hisztidin és az arginin is. Ezen túlmenően a macskáknak taurint is biztosítani kell a takarmánnyal [22].

A fehérjék minőségét meghatározza az emészthetőségük és az aminosavprofiljuk, így a jó minőségű fehérje az, ami könnyen emészthető és tartalmazza az összes esszenciális AS-at, míg az alacsonyabb minőségű fehérje nehezen emészthető, vagy AS összetétele nem megfelelően illeszkedik a szöveti fehérjeszintézis AS igényéhez. Limitáló AS-nak nevezzük azokat az esszenciális AS-akat, amelyek a legkisebb mennyiségben fordulnak elő

a táplálékban. Ezek leggyakrabban a metionin, a triptofán és a lizin, valamint néhány kisállateledelben az arginin és az izoleucin is [22].

A fehérjék változatos minősége miatt a fehérjeigényt nem könnyű meghatározni. Minél jobb minőségű a fehérje, annál kevesebb kell a szükséglet biztosításához, és fordítva. A kereskedelmi tápok közül a jobb minőségűek emészthetősége 80-90% között van, míg a rosszabb minőségűeké csak körülbelül 75%, emellett pedig a különböző fehérjeforrások különböző limitáló AS-akat fognak tartalmazni [22]. Amennyiben nem garantálható a >80% feletti emészthetőség, a tápok esszenciális AS tartalmát 10%-kal meg kell emelni [21]. A FEDIAF ajánlása felnőtt kutyáknak testtömeg fenntartásához 18,00-21,00 g, míg ugyanez az érték növésben lévő állatoknál 25,00-20,00 g a kor előrehaladtával csökkentve. A macskák esetén magasabb fehérjebevitelt javasolnak: felnőtt macskáknak 25,00-30,00 grammot, fejlődésben lévő állatoknak pedig 28,00 grammot. Azonban fontos megjegyezni, hogy a szervezetnek valójában nem fehérje-, hanem AS- és nitrogénigénye van. A macskák nem tudnak számukra elegendő taurint előállítani, ezért fontos, hogy a száraztápok legalább 0,10-0,13 gramm, míg a nedves eledelek legalább 0,20-0,27 gramm taurint tartalmazzanak.[21]

2.2.5. Ásványi anyagok

Az ásványi anyagok olyan elemek, amelyek elengedhetetlenek a szervezet működéséhez. Az alapján, hogy mekkora mennyiségben szükséges bevinni, makro- és mikroelemekre csoportosíthatók. A dolgozatban ismertetett makroelemek a kalcium, foszfor és a magnézium, míg mikroelemek a réz, cink, mangán, jód, szelén, vas és a kobalt. Funkcióik változatosak, biztosítják a csontvázrendszer szilárdságát, az izom kontrakciós képességét, valamint részt vesznek bizonyos szállítófehérjék és hormonok felépítésében [22].

A **kalcium és a foszfor** legnagyobb része (99% és 85%) a csontokban található, itt hidroxiapatit komplexet alkotva biztosítják a csont szilárdságát. A Ca nagyjából 1% az intra- és extracelluláris folyadékban van jelen, és szerepe van az idegi ingerületátvitelében, izomkontrakcióban, véralvadásban és a szívműködésben. A foszfor 15%-a pedig a DNS, RNS és a sejtmembrán foszfolipidjének egyik fontos alkotóeleme, valamint az ATP felépítésében is szerepe van a nagy energiájú foszfátkötések kialakításával. Szabályozásuk szorosan összefügg. Parathormon hatására nő a vér kalcium szintje, és csökken a foszfor szintje. Ezzel szemben a calcitocin a Ca-ra nézve ellentétes hatású, növeli az osteoblastok

aktivitását, ennek eredményeként csökken a szérum kalcium tartalma. A D-vitamin hatására mindkét elem szintje megnő a vérben. Hiányuk esetén elsősorban osteomalacia, angolkór (juvenilis osteomalatia) és osteoporosis alakulhat ki. A túlzott kalciumbevitel rendellenes csontfejlődéshez és más elemek hiányához vezet, míg a magas foszforbevitel Ca-hiányt okoz. Kalcium megtalálható a tejtermékekben és a csontban, foszfor a halakban, míg a húsok mindkét makrotápanyagnak jó forrásai lehetnek [22].

A **magnézium** 60-70% az előzőekhez hasonlóan szintén a csontban található meg foszfátok és karbonátok formájában, a többi nagyrészt intracellulárisan, legkisebb arányban pedig extracellulárisan van jelen a szervezetben. Részt vesz a csont szilárdságának kialakításában, elengedhetetlen az ATP aktív formájának kialakításában, a fehérjeszintézisben, az izomkontrakció során és a megfelelő idegműködésben. Magnéziumhiány kutyák és macskák esetén nem jellemző, de kialakulásakor kalcifikálódhatnak a lágyszövetek, a hosszú csöves csontokban megnagyobbodhat a metaphysis, valamint neuromuscularis ingerlékenység jelentkezhet. Túladagolása nem jellemző, mivel a felszívódás a szükségletek alapján szabályozott, azonban macskáknál növelheti a struvit urolithiasis kialakulásának esélyét. Sokféle forrása lehet, mint a teljes kiőrlésű gabonák, hüvelyesek és tejtermékek [22].

A **réz** szükséges a vas felszívódásához és szállításához, emellett pedig szerepe van a hemoglobin, a kollagén és az elasztin szintézisében, a tirozin melaninná alakításában, valamint az osteoblastok normális működésében. A máj képes a réz raktározására, a felesleges mennyiség pedig az epével ürül. A rézhiány egyrészt vashiányt fog eredményezni, így a hypochromiás microcyter anaemia ebben az esetben is megjelenhet. Másrészt hiánya okozhat depigmentációt a szőrzetben, illetve fiatal állatokban csontfejlődési zavarokat. A kutya- és macskatápok általában réz-(II)-klorid és -szulfát formában tartalmaznak rezet, de a csírákban, korpában és a májban is megtalálható. A rézhiány nem jellemző ezekre a fajokra, azonban réztoxikózis előfordulhat bizonyos kutyafajták (pl.: bedlington terrier, west highland white terrier) esetén az öröklődő réztárolási betegség következményeként [22].

A **cink** a szövetek nagy részében megtalálható, ugyanis szerepe van a szénhidrátok, fehérjék, zsírok és a nukleinsavak szintézisében is. A vashoz hasonlóan, a cink felszívódását is több tényező befolyásolja, így például a cinkigény növekedésével, nő az abszorpció hatékonysága is, valamint az is elmondható, hogy az állati eredetű cink

felszívódása jobb, mint a növényi forrásból származóé. Ellenben nagyobb mennyiségű kalcium, vas, réz, illetve rost bevitelekor, valamint fitinsavak jelenlétében az cinkabszorpció hatékonysága csökken. Hiányakor, a fehérjeszintézis zavara miatt rendellenes növekedés jelentkezhet a fiatal állatok esetén. Emellett előfordulhat még anorexia, hereathrophia, a szaporodási teljesítmény csökkenése, az immunrendszer nem megfelelő működése, conjuctivitis és bőrléziók. Kutyák és macskák tekintetében a cinkhiány első jelei lehetnek a durva, fakó szőrzet, illetve a parakeratosist és hyperkeratinizációt mutató bőrléziók. Túlzott bevitele kalcium- és rézhiányt idézhet elő. Azonban cink-reszponzív dermatosis esetén az érintett kutyáknak a normálisnál több cinket kell felvenniük, ugyanis a belek cinkfelszívódásért felelős mechanizmusa hibásan működik. Jó Zn-források a szarvasmarhamáj, húsok, tej, tojássárgája és hüvelyesek [22].

A **mangán** nagyobb része a mitokondriumban található, ahol az anyagcserét szabályozó enzimeket aktiválja, továbbá számos enzim felépítésében is részt vesz. A mangánnak szerepe van még a normális zsíranyagcserében, csontfejlődésben és a szaporodásban, így a legtöbb állat esetén Mn-deficitben ezek a folyamatok sérülnek, azonban kutyák és macskák tekintetében nem jellemző ez a probléma. A Mn forrásai lehetnek elsősorban a hüvelyesek és teljes kiőrlésű gabonák, de a húsokban, halakban is megtalálható [22].

A **jód** bevitele elsősorban a pajzsmirigy által előállított tiroxin (T4) és a trijód-tironin (T3) szintéziséhez szükséges. Jellemző hiánytünet a golyvaképződés, azaz a pajzsmirigy megnagyobbodása a kompenzáció érdekében. Amennyiben fiatal állatoknál fordul elő súlyos jódhiány, az kreténizmushoz, bőrléziók kialakulásához, központi idegrendszeri diszfunkcióhoz, valamint csontdeformitások kialakulásához vezethet. Kutyák és macskák esetén nem elterjedtek a I-deficitből adódó problémák. A halak, marhahús, és a máj mind jó forrásai a jódnak [22].

A **szelén** elengedhetetlen a glutation peroxidáz enzim képzéséhez, funkciójuk a lipidperoxidok deaktiválása, ezzel pedig a sejtmembrán védelme az oxidatív károsodástól. A lipidperoxidok a többszörösen telítetlen zsírsavak oxidációjakor keletkeznek, amit bizonyos mértékig az E-vitamin képes megakadályozni. A szelénhiány kutyákban és macskákban nem jellemző, de esetlegesen a váz- és szívizmot érintő myopathia alakulhat ki. A túlzott bevitel sem tipikus, azonban elhalásos myocarditishez, toxikus hepatitishez, illetve nephiritishez vezethet. Szelénforrások a gabonák és húsok [22].

A **vas** minden sejtben megtalálható, de nagyjából 65%-a hemoglobinban, illetve 4%-a a mioglobinban van jelen. A hemoglobin a vörösvérsejtek részeként az oxigénmegkötésért felel, így lehetővé téve a szervezeten belüli szállítását. A mioglobin is oxigénkötő molekula, amely az izomban látja el funkcióját. Ezek mellett a vas több enzim kofaktora, valamint a sejtlégzéshez szükséges, hidrogénszállítást végző citokróm enzimek felépítésében is részt vesz. A táplálékkal felvett vas lehet szerves vagy szervetlen molekula, amelynek felszívódását több faktor befolyásolja, például a szervezet igénye, vagy az etetett takarmány tulajdonságai. Továbbá hatékonyabb a vas felszívódása Fe^{2+} formában, valamint akkor, ha állati eredetű hemoglobinból, illetve mioglobinból származik. A felszívódásra negatív hatással van a fitát, a foszfát, az oxalát, valamint a nagyobb mennyiségű cink és kalcium bevitele. A szervezet képes a májban, lépben és a csontvelőben korlátozott mennyiségben tárolni, így az állat vasigénye csak akkor nő meg, ha az jelentősebb mennyiségű vért veszít, például ellés során, sérülés, súlyos parazitózis, vagy gasztrointesztinális betegség miatt. A vashiány miatt hypochromiás microcyter anaemia alakulhat ki, aminek következménye fáradékonyság és depresszió lehet. Jó vasforrások lehetnek a belsőségek [22].

A **kobalt** legfontosabb élettani funkciói, hogy B1F2. tábl2-vitamin alkotója és közvetett módon részt vesz a vörösvérsejtek képződésében [22].

2.2.6. Vitaminok

A vitaminok szerves molekulák, amelyeknek fontos szerepe van a szervezetben lejátszódó biokémiai folyamatokban enzimek, enzimprekurzorok, illetve koenzimek részeként. Két fő csoportra oszthatók: a vízben és a zsírban oldódó vitaminokra. Előbbiek, a B-vitaminok és a C-vitamin, passzívan szívódnak fel a vékonybélben, majd a vizelettel ürülnek. Az A-, D-, E- és K-vitaminok zsírban oldódók és az epén keresztül a bélsárral ürül. A vízben oldódókkal ellentétben a zsírban oldódók képesek raktározódni, ami az A és D vitamin esetén toxikózishoz is vezethet [22].

Az A-vitamin magába foglalja a retinolt, retinált és retinsavat, amelyek közül a retinol a biológiailag aktív forma. Szerepet játszik a látásban, a csontnövekedésben, szaporodásban és a hámszövet fenntartásában, így hiányakor növekedési zavar, reprodukciós és hámosodási zavarok, valamint emberekben szürkületi vakság jelentkezhet. Túlzott bevitel esetén (pl.: hosszú ideig nyers májra alapozott diéta macskáknál) abnormális csontosodás, illetve hyperesthesia fordulhat elő. Az A-vitamin forrás a halmájolaj, máj, tojássárgája és a

tej. A legtöbb állat, köztük a kutya is, képes a béta-karotinoidokat retinollá alakítani, de a macska nem, így étrendjükben fontos az A-vitamin kiegészítés [22].

A **D-vitamin** egy szteránvázas vegyület, amely 2 formában fordul elő: ergokalciferolként (D_2), és kolekalciferolként (D_3). A D_2 növényekben fordul elő, míg, a D_3 formája az állatok bőrében is szintetizálódhat UVB sugárzás hatására 7-dehidrokoleszterinből. Ugyanakkor a kutyák szervezetében nagyon korlátozott ez az átalakulás, a macskák esetében pedig nincs is endogén szintézis, így a vitamint külső forrásból kell pótolni. A D-vitaminnak fontos szerepe van a kalcium és foszfát anyagcseréjében, valamint a homeosztázisának fenntartásában. Hiányában kialakulhat osteomalacia és osteoporosis, fiatal állatokban angolkór (juvenilis osteomalatia). Macskák esetében progresszív posterior paralysis és egyéb csontosodási zavarokból eredő neurológiai problémák is felléphetnek. A kereskedelmi tápok biztosítják a megfelelő D-vitamin szintet, így hiányállapot főleg szigorú vegetáriánus/vegán étrend, nem megfelelően összeállított házi koszt/nyers eleség vagy veleszületett metabolikus zavar miatt alakulhat ki. Túladagolás esetén a lágyszövetek kalcifikációját lehet megfigyelni. Ez azonban ritka kórkép, mert a szervezet negatív visszacsatolások és inaktivációs folyamatokon keresztül védelmet biztosít a túlzott mértékű aktivált D-vitaminnal (kalcitriol) szemben [22].

Az **E-vitamin** szintén több vegyületet foglal magába, de az alfa-tokoferol a biológiailag legaktívabb forma, és ez található meg a kereskedelmi tápokban is. Antioxidánsként funkcionál, így a szükséges szint függ az étrendben található oxidatív stresszt okozó anyagok (például többszörösen telítetlen zsírsavak), és a többi antioxidáns (például szelén) mennyiségétől is. Az E-vitamin hiány szaporodási zavarokkal, illetve a vázizom és a retina degenerációjával járhat, valamint macskák esetén pansteatitis alakulhat ki. Megtalálható a búzacsírában, és különböző növényi olajokban, mint például kukorica, gyapotmag, szója, vagy napraforgó [22].

A **K-vitamin** megtalálható bizonyos növényekben (K_1), szintetizálódik a vastagbélben a bélbaktériumok által (K_2), és mesterségesen is előállítható (K_3). A K-vitamin legfontosabb funkcióját a véralvadási folyamatban van, ahol a II., VII., IX., és X., véralvadási faktorok képzéséhez szükséges kofaktor. Ebből következik, hogy hiányának következményeként vérzékenység alakulhat ki. Ezen túlmenően a csontban lévő Ca-kötő fehérjék működése is K-vitamin függő. Az állati eredetű táplálékok közül a máj, tojás és bizonyos halak lehetnek

jó forrásai a K-vitaminnak, de a kutyák és a macskák normál összetételű bélflórája képes előállítani a szükséges mennyiséget, így egészséges állat nem szorul kiegészítésre [22].

A **B-vitaminok** vízoldékony molekulák, amelyek hasonló anyagcsere-funkciókkal rendelkeznek és hasonló forrásból származnak. Mind a 9 vitamin koenzimként működik valamilyen energiatermelő vagy szövetképző folyamatban. A **B_1-vitamin** másik neve tiamin. Szerepe van a dekarboxilációban és transzketolációban, amelyek a szénhidrátokból való energianyeréshez, illetve azok zsírrá alakításához szükségesek, emellett részt vesz a zsírsavak, nukleinsavak, szteroidok és bizonyos aminosavak anyagcseréjében is. Hiánya esetén a központi idegrendszer zavarai léphetnek fel. B_1-vitamin forrás a sertés- és marhahús, máj, gabonacsírák és hüvelyesek, azonban fontos megjegyezni, hogy a tiamin hőérzékeny molekula, így a különböző feldolgozási, illetve elkészítési folyamatok során csökkenhet a mennyisége. A kereskedelmi tápok gyártása során figyelnek arra, hogy a kész termékekben is megfelelő szintű legyen a tiamin, így ritkán fordul elő hiánybetegség, ha nincs jelen egyéb anti-tiamin hatású tényező (pl.: rendszeresen adagolt nyers hal) [22].

A **B_2-vitamin**, vagyis a riboflavin, sejten belüli redox folyamatokban vesz részt, mint koenzim (flavin-adenin-dinukleotid), amelyek eredményeképp energia szabadul fel szénhidrátból, zsírból, illetve fehérjéből, emellett számos molekula szintéziséhez is szükséges. Riboflavin megtalálható a tejtermékekben, belsőségekben, teljes kiőrlésű gabonákban és zöldségekben [22].

A **niacin** (B3-vitamin), hasonlóan a B2-vitaminhoz, energiatermelő anyagcsere-útvonalak egyik koenzimje nikotinamid-adenin-dinukleotid, illetve nikotinamid-adenin-dinukleotid-foszfát formában. A húsok, hüvelyesek és gabonák magas niacintartalommal rendelkeznek, azonban a növényekben általában kötött formában van jelen a B3, így a felszívódás gátolt. A kutyák szervezete képes előállítani az esszenciális triptofánból a megfelelő mennyiségű niacint, viszont macskák esetén ezt a szükségletet célszerű táplálékkal fedezni [22].

A **pantoténsav** (B_5) a koenzim-A egyik építőegysége, ebben a formában az élő szervezetek minden szövetében jelen van, és fontos szerepe van az acetilációval járó reakcióban, így a szénhidrát-, zsír- és fehérje anyagcseréjében lejátszódó citromsav ciklusban is részt vesz. Magas B_5-vitamin tartalma van a belsőségeknek (különösen a májnak és a vesének), tojássárgájának, tejtermékeknek és hüvelyeseknek, de egyébként minden ételben megtalálható, ezért hiánytünetek nagyon ritkán fordulnak elő [22].

A **B_6-vitamin**, három formában fordulhat elő: piridoxin, piridoxal és piridoxamin. A piridoxal részt vesz a piridoxal 5'-foszfát felépítésében, ami az előzőekhez hasonlóan szintén koenzimként funkcionál. Szükséges az AS-ak transzaminálásához, dezaminációhoz és dekarboxilálásához, valamint a hemoglobin szintéziséhez és a triptofán niacinná alakításához is. Nem megfelelő B_6-vitamin-szint esetén kutyáknál ascites jelentkezhet. Piridoxin források a belsőségek, halak, búzacsíra és a teljes kiőrlésű gabonák. Kutyák és macskák esetén nagyon ritka az étrend nem megfelelő B_6-vitamin ellátottsága miatt kialakuló hiánybetegség [22].

A **biotin** (B_7-vitamin, H-vitamin) egy karboxilációhoz szükséges, szén-dioxidot szállító koenzim. Feladata a szénláncok meghosszabbítása a zsírsavak, nem-esszenciális aminosavak és purin szintézisekor. Megtalálható a májban, tejben, hüvelyesekben és diófélékben. A tojás is nagyon jó biotinforrás, azonban a nyers tojásfehérjében lévő avidin megköti a vitamint, ami így nem lesz képes felszívódni, ezért fontos, hogy fogyasztás előtt az avidin hőkezeléssel inaktiválva legyen. Ugyanakkor a tojássárgája gazdag ebben a vitaminban. Ezen kívül a bélbaktériumok is képesek elegendő mennyiségben szintetizálni, emiatt pedig biotin hiány jellemzően nem fordul elő [22].

A **folsav** (B_9-vitamin) tetrahidrofolátként látja el a funkcióját, mint metil-szállító. Szerepe van a DNS felépítésében részt vevő timidin szintézisében is, ezért hiányakor visszamarad a sejtszintű növekedés és érés, ami anaemiában illetve leukopeniaban nyilvánul meg. Folsav jelen van zöld, leveles zöldségekben, valamint a belsőségekben (pl.: máj, vese). A korábbi B-vitaminokhoz hasonlóan a bélbaktériumok a folsavat is megfelelő mennyiségben állítják elő a szervezet számára [22].

A **kobalamin** (B_{12}-vitamin) egy kobalt tartalmú molekula, amely a B_9-vitaminhoz hasonlóan 1 szénatomos molekulákat szállít, illetve szerepe van még a zsír és szénhidrát metabolizmusban, valamint a myelin szintézisében is. Hiányakor anaemia és neurológiai működészavar alakulhat ki. Felszívódásához szükséges az intrinsic faktornak nevezett glikoprotein, így ennek elégtelen szintje kobalamin hiányhoz vezethet. Forrása csak állati eredetű lehet: hús, hal, tejtermékek. Különlegessége az eddigi B-vitaminokhoz képest, hogy a szervezet képes tárolni a májban, izomban, csontban és kis mennyiségben a bőrben is. Az előzőek miatt, illetve mert a szervezetnek kis mennyiségre van csak igénye, hiánybetegség kialakulása nem jellemző [22].

A **C-vitamin**t (aszkorbinsav) a növények és a legtöbb állat (köztük a kutya és a macska is) képes glükózból előállítani. Nagyon érzékeny molekula, bomlik fény, hő, lúgok és oxidatív enzimek hatására. Fontos szerepe van a kollagén és az elasztin képzésében, valamint az acetil-kolin-észteráz szintézisében. A kollagén alkotóeleme a csontoknak, porcoknak, fogaknak és a kötőszövetekenek, ezért a C-vitamin hiány következménye ezeknek a szövetkenek a rendellenes alakulása. További hiánytünetek lehetnek a C-vitamin-szintézisre képtelen fajokban a lassabb sebgyógyulás, a kapillárisvérzés, valamint az anaemia. A kutyák és a macskák szervezete képes elegendő mennyiségű aszkorbinsavat előállítani minden életkorban. A nagy dózisú C-vitamin kiegészítés egészséges kutyában, illetve macskában kontraindikált is lehet [22].

2.3. A rovarok felhasználásának előnyei és hátrányai

2.3.1. Előnyök

A rovarok takarmányként és élelmiszerként való felhasználásának hátterében elsősorban fenntarthatóság szempontok állnak. A hagyományos állati eredetű fehérjeforrásokkal összehasonlítva egységnyi rovarfehérje előállítása kevesebb termőföldet, vizet és takarmányt igényel [1]. A társállatok takarmányainak előállításához 2020-ban 41-58 Mha mezőgazdasági terület került felhasználásra (ez a mezőgazdaság által használt szárazföld 0,8-1,2%-át teszi ki). A házilégy-liszt előállításához 98%-kal kevesebb terület szükséges, mint egy 50:50 arányú halliszt és szójaliszt keverékéhez [2]. Egységnyi mennyiségű ehető állati fehérje előállításához a lisztbogár lárvák a tej és a szarvasmarhahús szükséges területének 43%-át, illetve 10%-át igénylik [23].

Az élelmiszernek és takarmánynak előállított rovarokat az EU-ban rovarfarmokon nevelik. Az úgynevezett fiókos rendszerben a rovarok tárolására használt műanyag dobozokból több darabot egymásra helyezve kis alapterületen lehet megtermelni a rovarokat. Példaként említhető, hogy egy 0,8*1,8*0,3 m méretű dobozban 6-8 kg tücsök is előállítható. Egy 64*64*64 cm-es tárolóban pedig akár 1500 kifejlett egyed is tartható a lepkék (*Lepidoptera*) rendjébe tartozó fajokból a peterakás idején [13].

A mezőgazdasági tevékenységből ered a mesterségesen keletkező üveghatású gázok (ÜHG) 18%-a. A globális szén-dioxid-kibocsátás 9%-áért a mezőgazdaság felelős, amihez hozzájárul a termőföldek műtrágyázása, a gazdaság energiakiadásai, a takarmányszállítás, az állati termékek feldolgozása, az állatszállítás és a földhasználat. A teljes

metánkibocsátás 35-40%-a a kérődzők bendőfermentációjából és trágyájából származik. Az atmoszférában lévő ammónia 64%-a trágyából és az állati vizeletből származik. Oonincx és mtsai. (2012) az általuk vizsgált 5 rovarfaj mindegyikénél alacsonyabb ammónia kibocsátást mértek, mint a sertés és szarvasmarha esetén (3. táblázat). A szén-dioxid tekintetében nem ennyire egyértelmű az eredmény, ugyanis testtömegre vetítve a rovarok több CO_2-t termelnek, mint a sertés vagy a szarvasmarha. A rovarok lárvái esetében ez több, mint a kifejlett rovaroké. Ugyanakkor a kilogrammonkénti súlygyarapodásra jutó CO_2-termelés már kedvezőbb képet mutat. [23].

3. táblázat: A különböző rovarfajok, a sertés és a húsmarha által termelt metán (CH_4), szén-dioxid (CO_2) és ammónia (NH_3) mennyisége a súlygyarapodáshoz képest [23].

Faj	CH_4 (g/kg testtömeg/nap)	CO_2 (g/kg testtömeg gyarapodás)	NH_3 (mg/nap/kg testtömeg gyarapodás)
Kongói rózsabogár (*Pachnoda marginata*)	0,16 ± 0,085	121,866 ± 49,09	3 ± 4,8
Közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*)	0,00 ± 0,002	7,58 ± 2,29	1 ± 2,0
Argentin csótány (*Blaptica dubia*)	0,08 ± 0,021	37,54 ± 8,01	54 ± 31,1
Házi tücsök (*Acheta domesticus*)	0,00 ± 0,002	1,57 ± 1,80	142 ± 184,5
Keleti vándorsáska (*Locusta migratoria*)	0,00 ± 0,017	17,72 ± 31,22	36 ± 10,8
Sertés	0,049 - 0,098	79,59 - 1130	1140 - 1920
Húsmarha	0,239 - 0,283	2850	nem ismert

A rovarok az elfogyasztott takarmány fehérjetartalmának nagyobb %-ban képesek saját testfehérjék előállítására felhasználni, mint a haszonállatok [24]. A további előnyök közé tartozik, hogy a rovarok sokkal rövid fejlődési ciklussal rendelkeznek. Ugyanakkor a szubsztrát minősége hatással van a takarmányértékesítésre, a fejlődési ciklus hosszára, valamint a rovarok méretére és tápanyag-összetételére is [13], [2].

2.3.2. Hátrányok

A fenntarthatóság egyre nagyobb szerepet kap az agráriumban, de jelenleg a rovalisztek, rovarfehérjék drágább alapanyagok, mint a hagyományosan alkalmazott fehérjeforrások. Még kevés elemzés áll rendelkezésre arról, hogy a rovarfehérje alkalmazása hogyan hat a bevételre, illetve a nyereségre [25]. A rovartermelés költségeit befolyásolja, például az éves vagy szezonális termelési ciklusok száma, valamint a szükséges eszközök és a szubsztrát ára [13]. 2022-ben a rovarlisztek ára 2-10 $/kg között mozgott [2].

2.4. Jogi szabályozás

Az Európai Unióban a takarmányok és élelmiszerek előállításához, illetve forgalomba hozatalához számos jogszabálynak és feltételnek kell megfelelni. A rovartermelő vállalkozókra is vonatkoznak a rendeletekbe foglalt általános szabályok: be kell jegyeztetniük, illetve el kell fogadtatniuk tevékenységüket a megfelelő nemzeti hatóságnál, mint takarmányipari vállalkozó, továbbá az előállítás során be kell tartaniuk a higiéniai előírásokat, így biztosítva az EU által elvárt minőségű és biztonságú takarmányt [26].

Jelenleg a következő rovarfajok engedélyezettek az EU-ban takarmányozási célra: fekete katonalégy (*Hermetia illucens*), közönséges házilégy (*Musca domestica*), közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*), penészevő gabonabogár (*Alphitobius diaperinus*), házi tücsök (*Acheta domesticus*), sávos tücsök (*Gryllodes sigillatus*), banántücsök (*Gryllus assimilis*) és a selyemlepke (*Bombyx mori*) [27].

Mivel a rovarok is élelmiszer- és takarmánytermelő állatok, a hagyományos haszonállatokhoz hasonlóan, a rovarok takarmányozására engedélyezett anyagok (szubsztrátok) listája szintén korlátozás alá esik. Alapvetően csak nem állati eredetű szubsztrát használható, azonban kivételt képeznek bizonyos állati eredetű melléktermékek, ha azok a 3. kategóriába tartoznak, ezek a halliszt, a nem kérődzőkből származó vérkészítmény, kollagén, zselatin és hidrolizált fehérjék, a kérődzők nyersbőréből és irhájából származó hidrolizált fehérjék, az állati eredetű di- és trikalcium-foszfát, a tojás és a tojástermékek, a tej, a tejalapú termékek, a tejből származó termékek, a kolosztrum, a kiolvasztott zsírok, és a méz. Tilos a szubsztrátnak étkezési hulladékot, illetve egyéb hulladékot vagy trágyát tartalmaznia [26], [27].

A vállalkozóknak biztosítaniuk kell a rovarok jó egészségi állapotát, hogy megelőzzék egy esetleges betegség megjelenését, és annak az állományon belüli terjedését [26]. A 3.

országból az EU-ba importált rovaroknak, illetve az azokból készült termékeknek hasonló vagy legalább egyenértékű előírásoknak kell megfelelnie, mint az EU jogszabályok [26].

Az EU szabályozza azt is, hogy milyen típusú takarmányok tartalmazhatnak rovarokat, így nem készülhet rovartartalmú nyers eledel, valamint műcsont, ellenben feldolgozott táp igen [27]. A rovarok feldolgozása csak kifejezetten erre a célra szánt, engedéllyel rendelkező létesítményben történhet. A rovarliszt előállításához a gyártók adott feldolgozási módszereket alkalmazhatnak, amelyek mindegyikére más előírások vonatkoznak, például a szemcseméret, a hőkezelés, a nyomás, az idő részletes szabályozásával. Amennyiben az vállalkozó a megadottaktól eltérő módszerrel kívánaja előállítani rovarlisztet, a termékről bizonyítania kell, hogy a *Salmonella*, az *Enterobacteriaceae* és a *Clostridium perfringens* baktériumoktól mentes, illetve legfeljebb a megengedett szint alatt vannak jelen. Más szabályok vonatkoznak azonban a rovarzsírt, egész rovart, valamint a hidrolizáláson átesett rovarliszt előállító gyártókra [26].

A rovarok felhasználása a társállatok takarmányozásában sokkal megengedőbb, mint a haszonállatok esetében [19],[20]. A kutya- és macska táplálásában alkalmazhatók, mint feldolgozott állati eredetű fehérje, kezelt- és kezeletlen rovar, élő rovar, rovarból kivont zsíradék és hidrolizált fehérje.

2.5. Gyakorlati felhasználás

2.5.1. Lehetséges felhasználási módok

A vásárlói felmérésekből már ismert, hogy az állattartók számára fontos, hogy a rovarok ne legyenek felismerhetőek a RT kisállat eledelekben. A rovarliszttel szemben sokkal elfogadóbbak, így nagyobb valószínűséggel vásárolnak ilyen tartalmú takarmányt [9], [30]. A rovarliszt lehet teljes zsírtartalmú, illetve részben- vagy teljesen zsírtalanított.

A zsírtartalom önmagában növeli az ízletességet, így a kutyák és macskák szívesebben fogyasztják a magasabb zsírtartalmú takarmányokat [22]. A FKLL-ban lévő zsír az egészségére kedvező hatású LS-at tartalmaz [8]. Seo és mtsai. (2021) azt tapasztalták, hogy a takarmányt 5% FKLL liszttel kiegészítve szignifikánsan csökkentette a kutyák koleszterin szintjét a 12 hetes kísérlet végére [31]. A kutya- és macskatápokban főleg a teljes zsírtartalmú rovarliszteket használják [2].

A részben- és teljesen zsírtalanított rovarlisztek zsírtartalma nagyjából 13-14% körül mozog [12], [32]. Ebben az esetben a LS előnyei kevésbé érvényesülnek, azonban Lei és mtsai. (2019) arra az eredményre jutottak, hogy az eleséghez 1% és 2% arányban hozzáadott zsírtalanított rovarliszt kiegészítés is pozitív hatással lehet a szárazanyag és a fehérje emészthetőségére, valamint növelheti a gyulladáscsökkentő és antioxidáns anyagok mennyiségét is a szérumban [32]. A zsírtalanított rovarliszteket 15-25%-kal magasabb fehérjetartalmuk miatt elsősorban olyan diétás tápokhoz, ahol a nagyobb fehérjetartalom elérése a cél [2].

A rovarokban megtalálható zsírsavak közül a laurinsav antibakteriális, antivirális és daganatellenes hatással is rendelkezik. A tenyésztett rovarok közül ez azonban kizárólag a FKLL-ra jellemző [8]. Ez a zsírsav számos kórokozó baktérium szaporodását gátolja a bélrendszerben, így antibiotikumok nélkül támogathatja az egészséges bélflóra fenntartását, illetve visszaállításához [8]. A rovarokból származó zsírok nagyobb flavonoid és E-vitamin tartalommal rendelkeznek, mint a növényi olajok, így ezek használata előnyösebb lehet [1]. Egyes takarmánygyártó cégek kínálatában rovarokból kivont zsír is elérhető takarmánykiegészítőként [2].

2.5.2. A rovartartalmú takarmányok előnyös élettani hatásai

2.5.2.1. Kitin

A kitin egy vízben oldhatatlan lineáris poliszacharid, amely N-acetil-glükózamin egységek építenek fel. A kitin a kutikuláris fehérjékkel együtt képzik a rovarok (és egyéb ízeltlábúak) exoszkeletonját borító kutikulát. A különböző típusú és eltérő mértékben szklerotizált fehérjék a kitinnel együtt egy közös mátrixban helyezkednek el. Mivel a kutikula nem nő együtt a rovarral, ezért az vedlés során megújul, és egy új, megfelelő méretű kutikula alakul ki. Emiatt a kutikula folyamatosan változik, és rovarfajok között is jelentős eltérések vannak, ami megnehezíti a kitin pontos mennyiségének meghatározását [15]. A FKLL átlagosan 6,2% kitint tartalmaz, míg a házi tücsöknél nagyjából 5,7%-ot mértek, a selyemlepke esetén pedig 18%-ot [14], [33].

A kutikula fehérjéi és a kitin emészthetetlenek a monogasztrikus állatok számára. Egyes feltételezések szerint bizonyos fajok bélflórája tartalmaz olyan baktériumokat, amelyek kitinázt termelnek, ezzel pedig valamilyen mértékű emésztést feltételezhetünk [34]. Egy 2000-ben végzett japán kísérlet során 3 keverék kutyában vizsgálták a kitin

emészthetőségét, úgy, hogy nylonba csomagolt kitint etettek meg az állatokkal, majd 2 nap múlva, a bélsárral való ürülés után megmérték, hogy mennyi a kitin tartalma a nylon zacskóknak. A kitin tömege és formája nem változott az emésztőrendszer hatására, ami azt támasztja alá, hogy a vizsgált 3 kutya esetén nem történt kitinemésztés [34]. Kröger és mtsai. (2020) a bélsár kitináz aktivitását tanulmányozták egy bárányt (kontroll) és egy FKLL-t tartalmazó táp etetése után. Eredményeik szerint a kitint tartalmazó táp nem váltott ki jelentős kitináz aktivitást a kutyákban [35].

Más tanulmányok szerint alacsony mértékben a kutyák gyomor, vékony- és vastagbél szövetei is szekretálnak kitinázt, amely a kitint kitooligomerekre és kitozánokra bontja. A kitooligoszacharidok elősegíthetik a jótékony baktériumok (pl.: *Lactobacillus rhamnosus*) növekedését, miközben gátolhatják a káros baktériumok (pl.: *Escherichia coli*) elszaporodását [33].

Az emészthetetlen kitin rostként viselkedhet, amely prebiotikumként hathat a mikrobiomra [33]. *In vitro* körülmények között a kitin mikrobiális fermentációja acetát, butirát és propionát képződéséhez vezet, amelyek fontos szerepet játszó a bélrendszer egészségében is [17], [36]. Kevésbé kedvező azonban, hogy RT kutya- és macskaeleségek vizsgálatai során negatív összefüggést véltek felfedezni a nagy rosttartalom és a fehérje emészthetősége között, ami elsősorban a kitintartalom miatt van [35].

Egyes kísérleti eredmények szerint a kitin az immunrendszerre is kedvező hatással van. Ennek oka, hogy az emlősök nem képesek kitint szintetizálni, így a szervezet idegen anyagként ismeri fel, ami aktiválja a veleszületett immunválaszt. Amikor brojlercsirkékkel etettek LL-t, alacsonyabb albumin-globulin arányt tapasztaltak, amely a fokozott immunválaszra utal. Szintén baromfikban csökkent a vér koleszterin és triglicerid szintje azokban az egyedekben, amelyek FKLL tartalmú takarmányt kaptak, azokhoz képest, amelyek szójaliszt alapút [37]. Azonban fontos figyelembe venni, hogy a csirkékben, továbbá az emberekben, szarvasmarhákban és egerekben is azonosították a kitináz enzimet, míg a kutyák és macskák esetén nincsenek egyértelmű eredmények [35]. Ezen kívül a kitinről feltételezik, hogy daganatmegelőző és antioxidáns szerepe is van [38].

2.5.2.2. Antimikrobiális peptidek

Az antibiotikum használata a fokozódó rezisztencia miatt szigorúan szabályozott takarmányiparban és az állatorvoslásban. A rovarokban eddig több, mint 150 AP-t fedeztek

fel, és osztályozták őket szerkezetük (alfa-helikális peptidek) vagy aminosavtartalmuk (cizteinben, prolinban, glicinben gazdag peptidek) alapján. Azok a rovarok, amelyek kórokozókkal kitettebb környezetben élnek (pl.: legyek), nagyobb valószínűséggel tartalmaznak AP-eket. Sertésekben és brojlercsirkében az AP támogatja a tápanyagok emésztését és bél egészsét, valamint pozitívan hat a bélmikrobiom összetételére, illetve fokozza az immunrendszer funkcióit. Választott malacoknál a LL és a házilégy lárva kiegészítése a 15. naptól csökkentette a hasmenés előfordulását az állományban, amit az AP-nek tudható be. Az AP-ek ígéretes megoldásokat kínálnak, mivel segíthetnek az antibiotikum-rezisztens kórokozókkal szemben, emellett vírusok és gombák ellen is hatékonyan alkalmazhatók lehetnek [37].

Szerkezetük alapján kationokat tartalmazó molekulák, amelyek kötődnek a Gramm-negatív baktériumok sejtfalát alkotó anionos foszfolipidekhez és foszfátokhoz, valamint a Gramm-pozitív baktériumok anionos peptidoglikánjaihoz, ioncsatornákat vagy pórusokat nyitnak, ezzel előidézve a kórokozók pusztulását [7].

A cerkopinek a rovarok által szintetizált peptidek közül a leginkább tanulmányozottak. Alfa-helikális szerkezetűek, főképp a kétszárnyúak (pl.: közönséges házilégy) és lepkék (pl.: selyemlepke) rendjére jellemzők. Hatékonyak Gramm-negatív és Gramm-pozitív baktériumok ellen is. Egy vizsgálat során szintetikus cerkopinnal kiegészített takarmánnyal etettek brojlercsirkéket, amelynek eredményeként a bélsárban csökkent az anaerob és a coliform baktériumok mennyisége, míg az ileum és a caecum tartalmában a coliformok mennyisége mutatott csökkenést, a kontroll csoporthoz képest. Emellett a duodenumban, jejunumban, ileumban nőtt a bélbolyhok magassága és csökkent a kripták mélysége [7].

A koprizinek szintén az alfa-helikális szerkezetű AP-ek közé tartoznak. Egy egereken végzett kísérlet során mesterségesen idéztek elő akut bélgyulladást, majd ezután *Clostridium difficile*-vel fertőzték az állatokat. A koprizin analógokkal végzett kezelés mérsékelte a fogyást, nőtt a túlélés, kisebb mértékű volt a nyálkahártya károsodása, valamint a gyulladásos citokinek termelődése is csökkent. A hasznos baktériumokra nem volt antibakteriális hatása, így a *Lactobacillus* és a *Bifidobacterium* mennyisége nem csökkent, ezzel gátolva a *C. difficile* kolonizációját [7].

A ciszteinben gazdag peptideket kimutatták már számos rovarból. A peptideket a zsírsejtek és a hemolimfa sejtjei állítják elő, általában akkor, ha a rovar megsérül vagy mikrobákkal

fertőződik. Főleg a Gramm-pozitív baktériumok ellen hatásosak (különösen a meticillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* ellen), de gátolhatják az *E. coli*-t, gombákat, élesztőket és protozoákat is [7]. A prolinban gazdag peptideket rovarok mellett emlősökből is izolálhatók, főleg Gramm-negatív baktériumok ellen hatnak, különösen az *E. coli, Klebsiella pneumoniae, Pseudomonas aeruginosa* és *Acinetobacter baumannii* esetében. Hatásmechanizmusukat tekintve intracelluláris folyamatokat gátolnak [7]. A glicinben gazdag peptidek elsősorban a gombák, Gramm-negatív baktériumok, valamint a daganatos sejtek sejtmembránját károsítják, vagy gátolják annak szintézisét. A peptidek számos kétszárnyúból és lepkéből izolálhatók [7].

2.5.2.3. Antimikrobiális zsírsavak

A közepes szénláncú zsírsavak 6-12 szénatomot tartalmaznak. Ezek is rendelkeznek antimikrobiális tulajdonságokkal, emellett jó hatással lehet a választott malacok bélflórájára, ezzel együtt pedig megelőzhetőek, illetve kezelhetőek lehetnek az erre a korra jellemző gasztrointesztinális betegségek, ezzel is csökkentve az antibiotikum felhasználást. A közepes szénláncú zsírsavak megtalálhatók a kókusz- és pálmaolajban is, valamint a fekete katonalégy bábjában és lárvájában, melyek közül utóbbiak lehetnének a fenntarthatóbb alternatívák [8].

A LS a közepes szénláncú zsírsavak közé tartozik (C12:0), könnyen felszívódik és metabolizálódik a májban. Ismert antibakteriális és antivirális tulajdonságáról. A telített zsírsavak közül a LS a leghatásosabb a Gramm-negatív és Gramm-pozitív baktériumok ellen. A különböző vizsgálatok alapján kiemelkedőnek effektívnek számít a *Staphylococcus aureus*, a *Pneumococci* és *Corynebacterium* fajok, valamint a *Helicobacter pylori* ellen. *In vitro* vizsgálatokban a FKLL gátolta a *Salmonella typhimurium*, *Escherichia coli*, a *Pseudomonas aeruginosa,* és a methicillin-rezisztens *Staphylococcus aureus* növekedését is [8].

A LS daganatellenes tulajdonságokkal is rendelkezik. Egy vizsgálat során humán eredetű emlő- és endometrium daganatsejteket vizsgáltak, és azt tapasztalták, hogy a LS csökkentette a daganatos sejtek proliferációját és növelte az apoptózist [39]. Hasonló eredményeket kaptak a vastagbéldaganat tekintetében is [8]. Hatásos lehet az oxidatív stressz ellen is, különösen a vesében és a szívben. Patkányokban az oxidatív stressz mellett csökkentette még a vérnyomást és a pulzusszámot. Növelheti a nagy sűrűségű lipoproteinek (HDL) mennyiségét, és javíthatja az inzulinérzékenységét [8].

A FKLL mellett a LS megtalálható még a természetben többek között a kókuszolajban (45-53%) és pálmaolajban (45,7-48,2%). A FKLL-nek azonban jelentősen rövidebb életciklussal rendelkezik, valamint termesztése lényegesen kevesebb területet igényel, és összességében fenntarthatóbb a kókusz- és pálmaolaj előállításával szemben [8].

A FKLL viszonylag nagy zsírtartalmának legnagyobb részét a LS teszi ki. A többi rovarfaj jellemzően kevesebb, mint 1% alatti LS-t tartalmaz, így a FKLL kiemelkedő ebben a tekintetben. Azt, hogy milyen mértékben van jelen a LS a FKLL-ben nagyban befolyásolja, hogy milyen szubsztrátot fogyaszt, így akár 7,50-76,13% között változhat aránya a többi zsírsavhoz képest (4. táblázat). A legnagyobb értéket a gyümölcshulladékon nevelt lárváknál érték el. Ennek magyarázata az lehet, hogy a felvett szénhidrátot a FKLL elsősorban LS-vá alakítja, ugyanis a LS-at nem tartalmazó szubsztráton felnevelt lárvák is tartalmaztak LS-at. Ezzel szemben a FKLL olajsav tartalmát elsősorban a szubsztrát olajsav tartalma befolyásolja [8].

4. táblázat: A fekete katonalégy különböző szubsztráton nevelt lárvájának és bábjának laurinsav tartalma a zsírsavak teljes mennyiségéhez viszonyítva [8].

Szubsztrát	Stádium	Laurinsav tartalom (%)
Gyümölcshulladék	lárva	76,13
		57,40
Csirketáp	lárva	32,20
	báb	57,40
Zöldséghulladék	báb	61,00
Éttermi hulladék	báb	58,00
Borászati melléktermék	lárva	34,70
Sörgyártási melléktermék	lárva	32,40
Lótrágya	lárva	28,10
Kenyér	lárva	51,80
Hal	lárva	28,60
Élelmiszer-hulladék	lárva	39,90
Friss kagyló	lárva	52,10
Silózott kagyló	lárva	13,40
Rohadt kagyló	lárva	32,30
Búzakorpa	báb	41,96
Magpogácsa	lárva	10,00
Garnélarák-hulladék	lárva	16,90

2.5.2.4. A rovartartalmú takarmányok bélflórára gyakorolt hatása

Az korábbi fejezetekből is látható, hogy a kitin, az antimikrobiális peptidek és a LS önmagukban is hatással vannak a bélflórát alkotó baktériumokra. A RT takarmányok hatásai vizsgálhatók a bélmikrobiomot alkotó baktériumtörzsek elemzésével, illetve ezen nemzetségek arányával. A vastagbélben található baktériumoknak, szerepük van a bél normál működésében és a szervezet általános egészségében is. A bél mikroflórája gátolja a patogén ágensek elszaporodását, semlegesíti a toxinokat, valamint módosítja az anyagcsere

végtermékeit. A bélflóra felborulása hasmenéshez, gyulladásos bélbetegséghez, vagy akár allergia kialakulásához is vezethet. A bifidobaktériumok a leggyakrabban említett hasznos baktériumok a laktobacillusok mellett. A bifidobaktériumok rövid szénláncú zsírsavakat termelnek, így gátolják a patogén baktériumok elszaporodását. Ezzel szemben a *Clostridium perfringens*, a *C. difficile*, a *Salmonella* és az *Escherichia coli* feldúsulása hasmenéshez vezethet [36]. A *Fusobacterium* mennyiségének csökkenése is a bélflóra egészségére utal [40]. A bélmikrobiom összetételét befolyásolja többek között az állat kora, étrendje, környezete és egészségi állapota [33].

Baromfiban a RT takarmánykiegészítő hatására nőtt a *Bifidobacteriaceae* család, a *Lactobacillus agilis*, és a *Ruminococcusok* mennyisége. Emellett csökkent a *Bacteroides* és *Prevotella* nemzetségbe tartozó baktériumok, valamint a *Clostridium perfringens* mennyisége [41].

Macskákban FKLL tartalmú táp hatására, a baromfit tartalmazó kontroll diétához képest, csökkent a bélflóra diverzitása. Szignifikánsan nőtt a *Bifidobacterium*, a *Megasphaera*, *Megamonas* és *Cetenilbacterium* mennyisége, amelyek jótékony hatású egyenes szénláncú zsírsavakat termelnek. Csökkent a *Prevotella* és a *Peptoclostridium* aránya, valamint az emésztési zavarokkal összefüggésbe hozott, az emésztőrendszerre negatívan ható *Lachnoclostridium* és *Negativbacillus* mennyisége is [42].

A kutyák bélflóráját főleg a *Bacteriodes, Bifidobacterium, Clostridium, Dorea, Enterobacteriaceae, Fusobacterium, Lactobacillus*, valamint a *Ruminococcus* nemzetségek alkotják. Egy tanulmányban, a 10% és 20% házi tücsköt (HT10%, HT20%), valamint a 7% és 14% selyemlepke bábot (SLB7%, SLB14%) tartalmazó takarmány bélflórára gyakorolt hatását vizsgálták kutyákon. A nemzetségek szintjén szignifikánsan nőtt a *Lactobacillus* mennyisége a HT20%, valamint a SLB7% és SLB14% takarmányt fogyasztó kutyáknál, szemben a kontroll csoporttal. A SLB14% hatására szignifikánsan nőtt a *Corynebacterium,* valamint csökkent az *Allobaculum* mennyisége a többi csoporthoz képest. A bélflórát alkotó többi nemzetség között nem tapasztaltak érdemleges változást (5. táblázat) [33].

Jarett és mtsai. (2019) 4 csoporton vizsgálták a 0%, 8%, 16% és 24% trópusi házi tücsök (THT) tartalmú takarmányok hatását a kutyák bél mikrobiomjára. Az előzőekhez hasonló eredményt kaptak: a baktériumtörzsek szintjén, valamint a 15 leggyakoribb nemzetség esetén nem volt szignifikáns változás, kivéve a 8% THT tartalmú takarmány kapcsán, ahol

nőtt a diverzitás. A *Catenibacterium* fajok esetén azt tapasztalták, hogy számuk szignifikánsan nőtt a 24% THT-t tartalmazó takarmány hatására a 0% és 8%-hoz képest. A *Catenibacterium* fajok rövid szénláncú zsírsavakat termelnek, például acetátot, laktátot, és butirátot, amelyek hozzájárulhatnak a bélflóra egészségének fenntartásához [43].

Jian és mtsai. (2022) a 8%-os zsírtalanított FKLL-t és a 20%-os teljes zsírtartalmú FKLL-t tartalmazó eleségek hatását vizsgálták kontroll diéta mellett. Az előző kísérletekhez hasonlóan itt sem tapasztaltak szignifikáns különbséget sem a baktériumtörzsek, sem a domináns baktérium nemzetségek tekintetében a különböző eledelek hatására. Ugyanakkor a zsírtalanított FKLL-val takarmányozott csoportnál csökkent a rövid szénláncú zsírsavat koncentációja. Ezek hatására hosszútávon nőhet az *Escherichia_shigella*, *Enterococcus*, *Holdemanella*, *Lachnoclostridium* és *Flavonifractor* száma, amelyek negatív hatással vannak a kutyák bélrendszerének egészségére [44]. Ezen változások hátterében az állhat, hogy a zsírtalanított rovarliszt nem tartalmazott LS-at. A kevés rendelkezésre álló adat alapján elmondható, hogy kutya és macska esetében a rovarok nem, vagy csak csekély mértékben befolyásolják a bélflóra összetételét, és jellemzően a hasznos baktériumok arányát növelik.

5. táblázat: A baktérium nemzetségek relatív előfordulása (%) a kutyák bélsarában, amelyek baromfi- vagy rovaralapú takarmányt kaptak (átlag ± átlagos hibahatár) [33].

Nemzetség	Csoportok					p-érték
	Kontroll	Házi tücsök		Selyemlepke báb		
		10%	20%	7%	14%	
Allobaculum	14,2 ± 5,50^{b}	13,7 ± 4,96^{b}	11,6 ± 3,70^{b}	11,1 ± 4,33^{b}	3,44 ± 1,27^{a}	0,040
Bacteroides	1,00 ± 0,42	0,74 ± 0,28	0,49 ± 0,09	0,71 ± 0,20	0,62 ± 0,34	0,570
Bifidobacterium	5,56 ± 1,71	7,42 ± 1,60	6,68 ± 1,33	8,01 ± 2,09	4,41 ± 0,91	0,479
Blautia	2,62 ± 0,61	2,16 ± 0,44	1,83 ± 0,27	2,50 ± 0,64	2,07 ± 0,4	0,745
Catenibacterium	2,61 ± 0,85	2,39 ± 1,05	0,93 ± 0,39	1,03 ± 0,17	1,37 ± 0,60	0,268
Clostridium_ sensu_stricto_1	1,88 ± 0,37	1,25 ± 0,29	2,89 ± 1,01	1,22 ± 0,31	2,07 ± 0,63	0,517
Collinsella	1,58 ± 0,34	2,46 ± 0,59	1,56 ± 0,17	2,56 ± 0,51	1,94 ± 0,39	0,327
Corynebacterium	0,83 ± 0,27^{a}	1,09 ± 0,38^{a}	0,61 ± 0,14^{a}	0,76 ± 0,12^{a}	2,67 ± 0,91^{b}	0,021
Erysipelatoclostridium	0,46 ± 0,12	0,59 ± 0,09	0,52 ± 0,07	0,42 ± 0,05	0,64 ± 0,12	0,210
Faecalibacterium	0,92 ± 0,37	1,06 ± 0,47	0,50 ± 0,11	0,47 ± 0,10	0,59 ± 0,27	0,260
Fusobacterium	1,51 ± 0,66	0,62 ± 0,34	1,65 ± 0,75	0,65 ± 0,36	0,26 ± 0,08	0,445
Holdemanella	3,04 ± 0,62	3,01 ± 0,72	1,64 ± 0,50	3,50 ± 0,93	3,56 ± 0,91	0,099
Lactobacillus	12,4 ± 2,58^{a}	20,5 ± 4,70^{a}	23,7 ± 4,12^{ab}	23,1 ± 4,53^{ab}	34,2 ± 2,89^{b}	0,024
Muribaculaceae	3,20 ± 2,08	1,46 ± 1,18	0,71 ± 0,24	1,16 ± 0,80	0,36 ± 0,17	0,590
Peptoclostridium	7,96 ± 1,73	8,43 ± 1,77	7,00 ± 1,26	7,09 ± 0,76	6,93 ± 1,55	0,631
Prevotella	1,43 ± 1,18	0,59 ± 0,28	0,22 ± 0,08	0,84 ± 0,33	0,69 ± 0,42	0,732
Romboutsia	3,72 ± 0,63	2,40 ± 0,46	3,47 ± 0,68	2,15 ± 0,31	3,15 ± 0,78	0,250
Ruminococcus_ gnavus_group	0,38 ± 0,07	0,61 ± 0,12	0,49 ± 0,06	0,58 ± 0,06	0,58 ± 0,10	0,229
Streptococcus	4,27 ± 1,32	2,83 ± 1,65	2,94 ± 1,02	6,25 ± 3,33	2,85 ± 0,93	0,217
Turicibacter	10,6 ± 2,51^{b}	4,44 ± 0,96^{a}	5,39 ± 1,28^{ab}	6,14 ± 1,48^{ab}	4,82 ± 1,49^{a}	0,042

Az egy sorban különböző betűvel jelölt adatok között szignifikáns különbség van ($p < 0,05$)

2.5.2.5. Új fehérjeforrás

A kutyák atópiás dermatitisét (AD) több tanulmány is vizsgálta az állatok bélmikrobiomjával kapcsolatban. A probiotikumok képesek lehetnek befolyásolni a gyulladáscsökkentő tulajdonságú interleukin-10 (IL-10) citokin mennyiségét, azonban egyes szerzők az IL-10 szintjének csökkenését, míg mások annak emelkedését tapasztalták probiotikumok hatására. Az AD probiotikumokkal való megelőzésének és kezelésének hatékonysága egyelőre nem egyértelmű. A jelenleg az elfogadott álláspont szerint a megfelelően kiválasztott probiotikumoknak inkább a megelőzésben lehet nagyobb szerepük, és elsősorban neonatális korban. Egy kísérlet során kölyökkutyák *Lactobacillus* kiegészítést kaptak 3 hetes koruktól 6 hónapos korukig. Három hetes koruktólt amerikai háziporatkával (*Dermatophagoides farinae*) szeben érzékenyítették az egyedeket (hetente kétszer 0,3 ml *D. farinae* tartalmú oldat bőrre juttatása, 12 hétig). Három éves korukban a szándékos allergénexpozíció hatására a tüneteik súlyossága enyhébb volt a kontrollcsoporthoz képest [45]. Mivel a RT takarmányok hatására is megnövekedhet a *Lactobacillusok* aránya a bélflórában, elképzelhető, hogy pozitív hatással lehet az AD-re, de ez további vizsgálatokat igényel. Ugyanakkor LL keresztreakciót válthat ki a háziporatkára allergiás egyedeknél [3].

A kutyák leggyakrabban a marhahúsra, szójára, csirkére, tejre, kukoricára, gabonára, illetve a tojásra mutatnak allergiás reakciót, míg macskák esetén a legfőbb allergének például a tejtermékek, hal, marhahús, csirke és a nyúl [46]. Allergia általában olyan összetevők fehérjéi ellen alakulnak ki, amelyekkel az állatok már találkoztak és fogyasztották [3]. A kutyák és macskák esetén a rovarok olyan fehérjeforrások lehetnek, amelyekkel az állat szervezete még nem találkozott [47].

Egy 20 kutyán végzett kísérlet során olyan állatokat vizsgáltak, amelyek eleségallergia miatt kialakult bőrreakciót mutattak. A FKLL alapú táp hatására a bőrléziók 12 kutyán, míg a szőrminőség 14 kutyán eredményezett javulást 2 hét alatt. A pruritus 8 állat esetén csökken, 4-nél nem változott, 2-nél kis mértékben romlott, illetve 1 kutyánál súlyosbodott [48].

Egy Koreában végzett vizsgálat során 12 hétig tartottak eliminációs diétán 19 kutyát. Az egyik csoport zsírtalanított LL tartalmú takarmányt kapott, a másik lazac alapút, a kontroll csoporthoz tartozó gazdáknak nem határozták meg, mit etethetnek a kutyákkal. A 8. hét után a bőrléziók javulást mutattak a rovar és a lazac alapú diéták hatására a

kontrollcsoporthoz képest. A kísérlet végére azt tapasztalták, hogy a rovar alapú eliminációs diéta hipoallergén hatása jobb volt, mint a lazac alapú esetén [47]. Az RT tápok hatékonysága eliminációs diéták során a lehetséges keresztreakciók miatt nem garantált, de az eddigi tanulmányok alapján eredményesen alkalmazhatók.

2.5.3. Rovarok nagy NPN tartalma, a valódi fehérjetartalom túlbecsült

Az NPN elnevezés olyan nitrogént tartalmazó vegyületekre utal, amelyek nem fehérjetermészetűek, például a karbamid, a nitrátok, a kreatinin, vagy a kitin. A takarmány- és az élelmiszeriparban, a vizsgált minta nyersfehérje-tartalmát az összes nitrogén mennyiségéből számítják ki a Kjeldahl-módszerrel. Először tehát a nitrogén mennyiségét kell meghatározni: a mintát először mesterséges emésztés során koncentrált kénsavval és réz-(II)-szulfáttal forralják, így a nitrogénből ammónium-ion képződik. Ezután nátrium-hidroxid hozzáadásával, az ammónium-ionból ammóniát képeznek, amit pedig desztillálnak. Végül a desztillált ammóniát ismert koncentrációjú kénsavba vezetik, majd a savval nem reagált mennyiséget nátrium-hidroxidot használva titrálással határoznak meg. A Kjeldahl-módszer azon a megfigyelésen alapszik, hogy a fehérjék nitrogéntartalma átlagosan 16%, vagyis, ha az összes nitrogén mennyiségét megszorozzuk 6,25-tel, megkapjuk azt a nyersfehérje-mennyiséget, amiből ez a nitrogén származik [5].

Az átlagérték meghatározásához szükség volt a húsok, gabonák, tejtermékek stb. saját szorzófaktorának kiszámítására. Példák az AS analízis alapján számított szórzófaktorok a következők szerint alakulnak: tej - 5,58, csirkehús - 5,53, hajdina - 5,24, szárazbab - 5,28. Az eltérések abból adódnak, hogy a különböző fehérjeforrások, eltérő arányban tartalmaznak AS-akat, amelyeknek különböző a nitrogéntartalma [49]. Emiatt gyakran a rovarok fehérjetartalmának meghatározását is hibásan végzik, mert az összes-nitrogén mennyiségéből, a 6,25-ös értékkel számolnak, és az AS-ak mellett a nitrogén származhat még a kitinből, foszfolipidekből, és a béltraktrusban található kiválasztott anyagokból (pl.: ammónia), vagyis NPN forrásból. A RT takarmányok és élelmiszerek gyártását egyre inkább szorgalmazzák többek között a nagy fehérjetartalmuk miatt, ezért pedig fontos lenne tudni, hogy milyen arányban tartalmaznak valódi fehérjéket [50].

A kitin, a rovarok (és más ízeltlábúak) külső vázának fő alkotója, olyan poliszacharid, amit N-acetil-glükozamin és glükozamin molekulák láncolata alkot. Mivel mindkét molekula tartalmaz nitrogént, hozzájárulnak a NPN anyagok mennyiségének növeléséhez, azonban egyes kutatók azt találták, hogy a kitin nem befolyásolja szignifikánsan a NPN-tartalmat

[5], [51]. Ez azért lényeges, mert az ember és a monogasztrikus állatok nem képesek a nem fehérje természetű molekulák nitrogénforrásként való felhasználására. A szintén kitint tartalmazó kalapos gombákhoz is meghatározták a szorzófaktort, ami 4,39, azonban a rovarok esetén megnehezíti az érték meghatározását, hogy nemcsak a rovarfajok, hanem adott faj fejlődési stádiumai között is van különbség. Vedlés után a lágy kutikulában idővel keresztkötések alakulnak ki a fehérjék között, ezzel kialakítva a kemény kutikulát. A lágy kutikula nagyjából 50% fehérjét és 50% kitint tartalmaz (sza) és a teljes átalakulással fejlődő rovarok (pl.: bogarak, legyek) lárváira jellemző. Ezzel szemben a kemény kutikula körülbelül 75-80% fehérjét és 15-30% kitint tartalmaz, azonban fontos, hogy az itt megjelenő fehérjék egy része emészthetetlen az állatok számára. Kemény kutikulája van a kifejléssel fejlődő rovarfajok (pl.: sáska, tücsök) nimfáinak, illetve adultjainak. Ebből látszik tehát, hogy a rovarok esetén egyelőre körültekintően kell kezelni a fehérjetartalomra vonatkozó adatokat, mielőtt következtetéseket vonnánk le, vagy összehasonlítanánkk más értékekkel, mert attól függően, hogy milyen módszerrel számították ki a nyersfehérje tartalmat, eltérő eredményeket lehet kapni [5].

A rovarokra vonatkozó szorzófaktor kiszámítása tehát elengedhetetlen a pontosabb adatok érdekében. Egy Hollandiában végzett vizsgálat során LL, penészevő gabonabogár lárva (PGL) és FKLL kémiai összetételét elemezték, hogy meghatározzák a hasznosítható fehérje mennyiségét, illetve a rovarokra specifikus szorzófaktort. Az AS analízis alapján kiszámítható a valódi fehérjetartalom, majd ebből és a teljes nitrogéntartalomból meghatározható a Kp-érték (szorzófaktor). Az AS analízis eredménye alapján elmondható, hogy mind a három faj esetén az egész lárvák és azok fehérjekivonata egyaránt nagy arányban vannak jelen az esszenciális AS-ak. A vizsgált rovarfajok közül a penészevő gabonabogárnál mérték a legmagasabb fehérjetartalmat az egész lárvában, 49%-ot (sza), míg a közönséges lisztbogárnál 45%-ot, a fekete katonalégynél pedig 36%-ot, a fehérjeextrakciót tekintve ugyanezek 68%, 73% valamint 68%-ok (6. táblázat). Ezek az értékek nagyjából 20%-kal kisebbek a korábbi kutatások eredményeinél, ahol a 6,25-ös szorzófaktort használták. Az AS analízisre alapozva a vizsgált fajok egész lárváira vonatkozó Kp-érték átlagosan 4,67, míg az extrakciók esetén 5,60. A NPN-tartalom az egész lárvákban mindhárom faj esetén 11-26% közé esett, a kitin pedig a teljes nitrogéntartalom 3,0-6,8%-ához járult hozzá.[50]

6. táblázat: a közönséges lisztbogár (LL), a penészevő gabonabogár (PGL) és a fekete katonalégy (FKLL) lárváinak szorzófaktora (Korrigált Kp érték) és fehérjetartalma (szárazanyag %) a korrigált szorzófaktorral és 6,25-ös szorzófaktorral kalkulálva [50].

		Fehérjetartalom	
Faj lárvája	**Korrigált Kp érték**	**Korrigált Kp értékkel**	**6,25-ös Kp értékkel**
LL	4,75	44,8 %	58,8 %
PGL	4,86	48,6 %	63,8 %
FKLL	4,67	36,7 %	48,1 %
Extrahált LL	5,59	68,1 %	76,0 %
Extrahált PGL	5,59	72,8 %	81,3 %
Extrahált FKLL	5,62	67,6 %	75,4 %

2.5.4. Rovartartalmú tápok és rovarok elfogadottsága

Több felmérést is végeztek annak a vonatkozásában, hogy a kisállattartók mennyire mutatnak hajlandóságot a rovartartalmú kutya- vagy macskatápok kipróbálásra, megvásárlására. A kutatások eredménye alapján a gazda hozzáállása a rovarokhoz kulcsfontosságú, hiszen az állattartók gyakran hasonló szempontok alapján vásárolnak eledelt az állataiknak, mint ahogy maguknak vesznek élelmiszert [27],[28]. Így a rovarevéssel (vagy akár a rovarok látványával) kapcsolatos undor, illetve a neophobia mind negatív hatással vannak a RT eleségek elfogadottságára [9], [52], [53], [54].

Az undor egyfelől abból ered, hogy a nyugati emberek számára idegen a rovarevés kultúrája és eddig nem tekintettek rájuk élelmiszerként [52]. Másfelől pedig attól tartanak, hogy a rovarok szennyezettek és betegségeket hordoznak [53], [54]. A vásárlónak emiatt fontos szempont, hogy a termékben ne legyen felismerhető a rovar, illetve, hogy az hány százalékban van jelen a takarmányban [9], [30]. A felhasznált rovarfaj is befolyásolhatja a tulajdonost, az amerikaiak számára a legelfogadhatóbb a tücsök, ezt követi a FKL, majd a LL és végül a hangyák [30]. A neophobia az új dolgoktól való félelmet jelenti, ezzel együtt pedig az új dolgok elkerülését is, így ez szintén kedvezőtlenül hat a RT tápok kipróbálására [52]. Egy 2022-es, Belgiumban végzett felmérés szerint azok a válaszadók, akik már

maguk is fogyasztottak rovarokat, szignifikánsan nagyobb hajlandóságot mutattak arra, hogy a kedvenceiket is ilyen tartalmú táppal etessék [9], [53]. Érdekesség, hogy a belga macskatartók esetén ez hangsúlyosabb volt, mint a kutyatulajdonosoknál [9].

Úgy tűnik, hogy a fenntarthatóság egyre fontosabb az állattartók számára. Azokban az esetekben, amikor a RT állateledeleket a fenntarthatósággal és környezetbarát tulajdonsággal hozták összefüggésbe, a gazdák nyitottabbá váltak az elfogadásukra [52]. A vásárlók 47%-kal hajlandóak többet fizetni a RT kisállateleségért, ha feltüntetik rajta, hogy fenntartható és egészséges, azonban még így is kevesebbet fizetnének érte, mint egy ugyanilyen tulajdonságokkal rendelkező, hagyományos összetevőket tartalmazó takarmányért. A vegetáriánus vagy vegán gazdák döntésére nem volt befolyással ez tényező [52]. A belga kisállattartók esetén is szignifikánsan megnőtt a RT tápok elfogadása, amikor azokat a fenntarthatósággal és előnyös tápanyagösszetétellel hozták összefüggésbe [9]. Ha a gazdák úgy érzik, hogy nincs elég információjuk a RT eleségekről, kisebb a valószínűsége, hogy azt megvásárolják kedvenceiknek [53], [54].

A kisállatok egészségére gyakorolt pozitív hatások szintén hozzájárulnak ahhoz, hogy az állattartók nyitottabbak legyenek a RT eledelekre. Az állattartók számára sokszor még fontosabb, hogy háziállataiknak egészséges táplálékot vegyenek, mint hogy saját maguknak egészséges élelmiszereket vásároljanak [52], [53]. Egy felmérésen a válaszadók 62%-a semleges választ adott azzal a kijelentéssel kapcsolatban, hogy “A rovartartalmú kutyatáp egészséges”, azonban 70%-uk egyetértett azzal az állítással, hogy “Kipróbálnám a rovartartalmú kutyatáp etetését saját állatomnál, ha azt állatorvos javasolná” [53]. Az eddigi kérdőívek alapján elmondható, hogy a vásárlók körében a “fenntartható” és “egészséges” jelzők növelik a RT eledelek elfogadottságát. Az állateledel gyártók is levonták azt a következtetést, hogy RT termékeik csomagolásán érdemes feltüntetni azok fentebb jelzett, előnyösnek vélt tulajdonságait. Egy 2022-es tanulmányban az aktuálisan forgalomban lévő RT kisállateleségek címkéin található állításokat elemezték, majd 5 kategóriába sorolták: hipoallergén, fenntartható, bél egészségét támogató és könnyen emészthető, immunrendszert támogató és antioxidáns hatású, idős kutyák agyi funkcióinak épségét támogató. Ez a sorrend jellemző az európai piacon forgalmazott termékek esetében, míg az Amerikai Egyesült Államokban a fenntarthatóság áll az első helyen. Összegyűjtötték a legtöbb az állattartók által online értékelést kapott RT kutya- és macskatápot, az összesen 533 értékelés közül 36-ban említették a fenntarthatóságot, 9-ben kiemelték a hipoallergén tulajdonságot, 7-ben a bél egészségére kifejtett pozitív hatásokat,

3-ban az immunrendszer támogatását, míg 1 vásárló az agy egészségére gyakorolt hatást említette [6].

Egy Belgiumban végzett felmérés szerint kisállateledel vásárlásakor a kutyatartók 45%-ának, és a macskatartók 51%-ának a legfontosabb szempont, hogy a háziállatuk kedvelje az adott eleséget [9]. Egy kísérlet során 20 macskának kínáltak naponta egyszer egy FKLL-alapú és egy baromfi alapú nedves eleséget 2 napon keresztül (csoportonként 40 etetés összesen). A FKLL-alapú nedves eleség az egyik csoportnál lárvából készült lisztet, a másik csoportnál egész lárvát, a harmadik csoportnál pedig lárvából kivont olajat tartalmazott. A rovart és a baromfit tartalmazó eleség egyszerre került az állatok elé és 30 percük volt elfogyasztani. A lárvalisztet tartalmazó eleséget 28 alkalommal közelítették meg elsőként a 40 etetés során, és 30 alkalommal fogyasztották el elsőnek. Az egész lárvát tartalmazó eledel esetén ugyanezek az események 25/40 és 27/40 arányban fordultak elő, míg a FKLL olaj tartalmú eledel esetén mindkét alkalommal 24/40 lett az eredmény [44]. Egy kétszer 6 hétig tartó vizsgálat végén azt tapasztalták, hogy a kísérletben résztvevő macskák között nagyobb arányban voltak azok, amelyek szívesen fogyasztották a tápot. Azonban a 10 macskából hármat ki kellett zárni a kísérletből, mert visszautasították a tápot [55]. A kutyák esetén azt vizsgálták, hogy mennyire vonzó a rovarok szaga az állatok számára. A kísérlethez felhasználtak FKLL-t, LL-t, valamint orosz csótányt (*Shelfordella lateralis*) és trópusi házi tücsköt (*Gryllodes sigillatus*) szárított formában. Kontrollként kereskedelmi tápot alkalmaztak. A mintákat egyforma, nem átlátszó dobozba tették, amelyekre lyukakat fúrtak. A dobozokat egymástól 50 cm-re helyezték el, majd 3 alkalommal 2 méter távolságról odaengedték a kutyát. Ha az legalább 15 másodpercig felkeltette egy adott doboz az állat érdeklődését mindhárom alkalommal, akkor annak a tartalmát a kutya számára vonzónak ítélték. Azt állapították meg, hogy nincs szignifikáns különbség a rovarok és a kereskedelmi tápok között annak tekintetében, hogy mennyire vonzó a kutya számára, sőt a LL-t és az orosz csótányt ugyanannyiszor választották a kutyák, mint a tápot. Azt is észrevették, hogy a kanok nagyobb arányban választották a LL-t, míg a szukák az orosz csótányt kedvelték jobban [56].

A RT eledelekkel kapcsolatban felmerülhet álattjólléti kérdése is. Egy felmérésben a válaszadók 40%-a egyetértett azzal az állítással, hogy "A rovaralapú kutyaeledelek jobbak állatjólléti szempontból a hagyományos kutyaeledelekhez képest", 56%-uk úgy vélte, hogy "A rovarok képesek érezni a fájdalmat", és 58%-uk szerint "A rovarok is képesek szenvedni". Azonban azok a vásárlók, akik tudatosan vesznek állatjólléti szempontból

kedvező élelmiszereket, nagyobb hajlandóságot mutatnak arra, hogy kipróbálják a RT kisállateledeleket. A hagyományos haszonállatok és a rovarok jóllétének kérdése komplexebb, mint az eddigi szempontok. A kérdés megítélését tovább nehezít, hogy nincsenek vizsgálatok arra vonatkozóan, hogy a tenyésztett rovarok tapasztalnak-e fájdalmat vagy szenvedést [53].

A vásárlók számára fontos kérdés még a termék ára és elérhetősége [9], [52], [53]. Az olaszok átlagosan 1,48 €-t lennének hajlandóak kifizetni egy RT nedves macskaeledelért, 30,84%-kal kevesebbet, mint a hagyományos összetevőkkel rendelkező eleségért (2,14 €) [52]. Ezzel szemben a belgák válasza egy hasonló kérdésre az volt, hogy átlagosan 32-34%-kal fizetnének többet érte, mint a hagyományos eleségekért [9].

2.5.5. Emészthetőségük

A takarmányok jellemzésekor nemcsak az a fontos, hogy milyen arányban és mennyi táplálóanyagot tartalmaznak, hanem az is, hogy ezek milyen mértékben emészthetők, azaz mennyit képes felszívódni belőlük. A fehérjetartalom értékelésekor figyelembe kell venni az emészthetőséget (mennyi képes felszívódni) és a biológiai értéket (mennyi képes hasznosulni a feszívódott mennyiségből). Az utóbbi szempontból kulcsfontosságú a fehérjeforrás aminosavösszetétele, amelynek igazodnia kell az adott állatfaj aminosav igényéhez. A nagy rosttartalom ronthatja a fehérje emészthetőségét. A kutya- és macskaeledelek nyersfehérje emészthetősége átlagosan 80%, a nyerszsíré 90% [36]. Amennyiben a fehérjére vonatkozó érték nem garantálható, javasolt a táp esszenciális aminosav tartalmának növelése 10%-kal [21].

2.5.5.1. *In vitro* emészthetőség

Az *in vitro* vizsgálatok során az kutya vagy a macska emésztőrendszerének körülményeit és enzimeit imitálva kezelik a mintákat. Az emésztés gyomorban zajló fázisát általában pH 2,0 értékű oldatban, sósav és pepszin jelenlétében, 38-39°C-on végzik. Ezt követően a mintát 6,8- közötti pH-n nátrium-hidroxiddal, hasnyálmirigy enzimekkel, és esetleg epével kezelik ugyanolyan hőmérsékleten, hogy szimulálják a bélben történő emésztést A kezelés után vizsgálják a maradék anyagot [57], [58], [59]. Az emésztés és a felszívódás egy komplex és dinamikus folyamat, ezért az *in vitro* kísérletek nem adnak olyan valós eredményeket, mint az *in vivo* kísérletek, általában az előbbiek nagyobb értékeket mutatnak (8. táblázat). Ugyanakkor az *in vitro* módszer mellett szól, hogy sokkal

egyszerűbb elvégezni, mint az *in vivo* kísérleteket és elfogadható mértékű különbég van a két módszer eredményei között [59]. Egy vizsgálatban párhuzamosan végeztek *in vivo* és *in vitro* kísérleteket, amelyek során a szervesanyag- és a nyersfehérje-emészthetőség eredményei között 4,0%-os, illetve 9,8%-os különbséget állapítottak meg [60].

Egy *in vitro* vizsgálat során 9 rovarfajt hasonlítottak össze baromfi-, hal- és szójaliszttel az összetételüket és emészthetőségüket illetően. A rovar szubsztrátok nyersfehérje-tartalma általában nagyobb volt, mint a szójaliszté, és megközelítette a hal- és baromfiliszt szintjét. A rovarok közül a házi tücsöknek volt a legnagyobb nyersfehérje-tartalma, 70,6%, DIAAS értéke kutyában 69,3, macskában 86,6 volt, szerves anyag emészthetősége 88,0%-ot, nitrogén emészthetősége 91,7%-ot ért el. A házilégy báb értéke DIAAs volt a legjobb, 94,0, illetve 106,1-et ért el, nyersfehérje tartalma 62,5%, míg a szerves anyag és nitrogén emészthetősége 83,2% és 84,3% volt. A legjobb szerves anyag és N emészthetőséget a gyászbogár lárvánál találták (91,1% és 92%), azonban ez a rovar a legkisebb nyersfehérje tartalommal (47,0%) rendelkezett DIAAS értékei pedig 73,8 és 92,2 voltak. A FKLL emészthetősége 84,3% és 89,7% volt, míg a báb esetén ezek csak 68%-ot és 77,7%-ot értek el, ezzel a legkisebb volt a vizsgált rovarfajok közül. Ezt a különbséget valószínűleg a bábban nagyobb arányban előforduló szklerotizált fehérjék okozzák. A referencia szubsztrátok szerves anyag emészthetőségére vonatkozó értékeit a házi tücsök, lisztbogár lárva, alombogár lárva és gyászbogár lárva haladta meg. A nitrogén emészthetősége esetén a halliszt és a baromfi húslisztnél jobb eredményt ért el a FKLL, valamint az előzőleg is felsorolt fajok, azonban ebben a kísérletben egy rovarfaj sem múlta felül a szójaliszt nitrogéntartalmának emészthetőségét (7. táblázat) [57]. Azt azonban fontos megjegyezni, hogy növényi alapanyagként a szójafehérje biológiai értéke csak közepes.

7. táblázat: Rovarok és referencia szubsztrátok szerves anyag- és a nitrogén tartalmának in vitro emészthetősége [57].

Rovarfaj	szerves anyag	nitrogén
Házilégy báb	83,2%	84,3%
Fekete katonalégy lárva	84,3 %	89,7%
Fekete katonalégy báb	68,1%	77,7%
Házi tücsök	88,0%	91,7%
Lisztbogár lárva	91,5%	91,3%
Alombogár lárva	90,2%	91,5%
Gyászbogár lárva	91,1%	92,0%
Vakondcsótány	77,8%	76,4%
Halálfejes csótány	79,4 %	78,4%
Argentin csótány	84,0%	83,8%
Referencia szubsztrát, halliszt	82,1%	85,7%
Referencia szubsztrát, szójaliszt	80,6%	94,7%
Referencia szubsztrát, baromfi húsliszt	85,8%	87,9%

Vizsgálták a FKLL-ban és LL-ban található rost mennyiségének és a fehérje emészthetőségének összefüggését is. A rovarok lényeges mennyiségű sav detergens rostot (ADF) tartalmaznak, amelyért feltehetően a kitin a felelős. A 6-6 különböző gyártótól származó FKLL és LL liszten *in vitro* emészthetőségi vizsgálatot végeztek. Az ADF tartalom negatív korrelációt mutatott a fehérje emészthetőségével mindkét faj esetén [58].

Az emészthetőséget több tényező befolyásolhatja. Nemcsak az számít, hogy milyen fajú az adott rovar, hanem hogy milyen rendbe tartozik. A csótányok (*Blattodea*) esetén az

emészthetőség a 80%-ot sem éri el. A kétszárnyúak rendjébe (*Diptera*) tartozó fajok (pl. házilégy, fekete katonalégy) lárváinak emészthetősége nagyjából 90%, a báboké azonban már csak 50%. A bogarak (*Coleoptera*) (pl.: alombogár, lisztbogár, gyászbogár) lárvái ugyanolyan, vagy kissé nagyobb emészthetőséggel rendelkeznek, 85,0-92,5%-ot érnek el. A lepkék (*Lepidoptera*) lárváinak esetén találták a legjobb emészthetőséget, általában 90% felett. Az egyenesszárnyúak (*Orthoptera*) az előzőekhez képest átlagos 85,3-91,7%-ot ér el a vizsgálatok során. Ha a lárva nagy rosttartalmú szubsztrátot fogyaszt, ez ronthatja az emészthetőséget, a tápcsatorna eltávolítása után viszont szignifikánsan javult az emészthetőség [59].

A feldolgozás is hatással van az emészthetőségre. A leölés általában lassú fagyasztással történik, ez azonban enzimatikus barnuláshoz vezethet a melanizáció miatt. A folyamatban a fenol-oxidáznak van szerepe, ami a színváltozás mellett negatív hatással lehet az emészthetőségre, különös tekintettel a lizinre és a ciszteinre. Ezzel ellenben a blansírozással történő leölés gátolja az enzimatikus barnulást. A 60°C-on való szárítással jó eredményeket értek el az emészthetőség tekintetében. Zsírtalanítás kapcsán azt tapasztalták, hogy nem befolyásolja szignifikánsan az *in vitro* emészthetőség, viszont egyes szerzők szerint a zsír csökkentheti a pepszin hatékonyságát. Az extrudálás növelheti az emészthetőséget, ugyanis károsíthatja az antinutritív anyagokat és csökkentheti a fentebb említett káros enzimatikus reakció mértékét. Az extrudálás hatására a szkrelotiált fehérjék közötti kötések is felbomolhatnak, így azok is emészthetővé válhatnak. Olyan megfigyelések is vannak, miszerint az extrudálás, bár növeli az *in vitro* szerves anyag emészthetőséget, közben csökken a nyersfehérje emészthetősége a nem extrudált kontrollhoz képest. A feldolgozás tekintetében jelenleg nem lehet egyértelműen kijelenteni, hogy mely technikák segítik elő annak javulását [59]. A 8. táblázatban a különböző feldolgozási eljárásokon átesett rovarfajok nitrogén emészthetőségének eredményei szerepelnek *in vitro* és *in vivo* vizsgálatok alapján.

8. táblázat. Különböző rovarfajokat tartalmazó extrudált és pelletált kutyatápok *in vitro* és *in vivo* emészthetősége [15].

Rovarfaj	FKLL bekeverési aránya	Módszer	Nitrogén emészthetőség
FKLL, fagyasztva szárított [57]	ismeretlen	*in vitro*	89,7%
FKLL, fagyasztva szárított [61]	ismeretlen	*in vitro*	87,7%
HLL, fagyasztva szárított [61]	ismeretlen	*in vitro*	93,3%
LL, fagyasztva szárított [57]	ismeretlen	*in vitro*	91,3%
LL, fagyasztva szárított [61]	ismeretlen	*in vitro*	92,5%
LL, zsírtalanított [62]	ismeretlen	*in vivo*	83,6%
FKLL, szárított, zsírtalanított [62]	ismeretlen	*in vivo*	83,9
FKLL, fagyasztva szárított, zsírtalanított [63]	30%	*in vivo*	80,5%
FKLL, fagyasztva szárított, zsírtalanított [63]	30%♦	*in vivo*	78,2%
FKLL, szárított, zsírtalanított [32]	1%♦	*in vivo*	77,1%
FKLL, szárított, zsírtalanított [32]	2%♦	*in vivo*	78,5%
FKLL, szárított, zsírtalanított [64]	20%	*in vivo*	87,2
THT, pirított [65]	8%	*in vivo*	84,8%
THT, pirított [65]	16%	*in vivo*	86,0%
THT, pirított [65]	24%	*in vivo*	82,1%
AL, fagyasztva szárított [57]	ismeretlen	*in vitro*	91,5%

FKLL = fekete katonalégy lárva, HLL = házi légy lárva, THT = trópusi házi tücsök (*Gryllodes sigillatus*), LL = lisztbogár lárva, AL = alombogár lárva, ♦pelletált

2.5.5.2. *In vivo* emészthetőség kutyákban

Az *in vivo* kísérletek során a takarmány és a bélsár analízisét is elvégzik az egyes táplálóanyagokra vonatkoztatva, majd a kettő különbségéből számítják ki az emészthetőség mértékét. A bélsár analízisnél érdemes figyelembe venni, hogy az nem csak a takarmánnyal bevitt exogén fehérjék emésztetlen hányadát, hanem az állat szervezetéből származó, endogén fehérjéket is, ezért általában látszólagos emészthetőségről beszélünk [55]. Leggyakrabban a teljes gyűjtéses módszert alkalmazzák, ami az etetési időszak során szükségessé teszi az elfogyasztott takarmány és az összes ürített bélsár mennyiségének mérését.

Kilburn és mtsai. (2020) THT-ből készült lisztet kevertek 0% (kontroll), 8%, 16% és 24% arányban a vizsgált takarmányokba. A 4 különböző tápot 4 csoporttal etették, amelyek mindegyikében 4 szukát és 4 kant használtak (csoportonként 8 kutya). A szerves anyag emészthetőség a 0-8-16-24% THT-lisztet tartalmazó eleségben 91,5-89,4-90,0-86,8% volt, a nyersfehérje emészthetősége 88,2-84,8-86,0- 82,1%-ot ért el, a zsír esetében pedig 96,4-95,7-96,0-94,8%-t mértek. A szerves anyag, a nyersfehérje és a zsír emészthetősége esetében mindhárom faktorra igaz, hogy a THT-t nem tartalmazó takarmányban volt a legnagyobb, míg a 24% THT-lisztet tartalmazó eledelben a legkisebb, és ezek a különbségek szignifikánsak voltak. Ugyanakkor, a 0%-os és a 16%-os THT-tartalmú takarmányok között egyik faktor emészthetősége sem mutatott szignifikáns különbséget. A 24%-os THT-t tartalmazó eledel több mint kétszer annyi rostot tartalmazott, mint a 0%-os eledel (1,92% és 3,86%), ami magyarázhatja az eredményeket. A THT-t tartalmazó táp nyersfehérje és zsír emészthetősége is meghaladta a kutya- és macskatápokra általában jellemző ugyanezen értékeket [65].

Freel és mtsai. (2021) 5-10-20% FKLL-ből készült zsírtalanított lisztet és 1-2,5-5% FKLL zsírt tartalmazó takarmányokat vizsgáltak a csak baromfit tartalmazó kontroll eledel mellett, 7 különböző csoportban. A csoportonként 8 beagle-t 28 napig etették a megfelelő takarmánnyal, a bélsarat a 22-27. nap között gyűjtötték. A FKLL-lisztet tartalmazó takarmánynál a fehérje és a zsír emészthetősége 87,9-89,6%, illetve 96,3-96,7% között változott. A fehérje emészthetőség a 10%-os bekeverési aránynál volt a legmagasabb, míg a zsíré a 20% FKLL-liszt tartalom esetén. A FKLL-zsírt tartalmazó takarmányok tekintetében a fehérje és zsír emészthetősége 89,4-91,0%, illetve 96,0-98,0% között változtak, és mindkét takarmánynál a FKLL tartalommal csökkent az emészthetőség. Az

aminosavak emészthetősége esetén a rovartartalom szignifikánsan befolyásolta a cisztein és triptofán emészthetőségét. A cisztein és a triptofán emészthetősége is a 20% FKLL-liszt esetén volt a legnagyobb (89,8%, illetve 93,7%). (9. táblázat) [12].

9. táblázat Fekete katonalégy tartalmú takarmányok emészthetősége kutyában [12].

Emészthetőség (%)	Fekete katonalégy lárva bekeverési aránya				Fekete katonalégy lárva zsír bekeverési aránya			SEM
	0%	5%	10%	20%	1%	2,5%	5%	
Szárazanyag	90,0	88,4	89,6	88,5	91,1	91,0	90,0	0,86
Fehérje	89,3	89,3	89,6	87,9	91,0	90,2	89,4	0,88
Zsír	96,3	96,6	96,4	96,7	96,8	96,6	96,0	0,34
Bruttó energia	92,5	91,8	92,3	91,2	93,6	93,4	91,7	0,64
Arg	94,9	95,1	95,8	95,7	96,0	96,2	95,0	0,14
Hist	92,6	92,9	93,7	93,8	94,1	93,6	9,29	0,20
Ile	89,3	89,9	90,0	91,0	91,3	91,5	89,4	0,29
Leu	91,3	91,5	91,6	91,8	92,5	93,2	91,0	0,25
Lys	90,3	90,1	90,4	90,1	91,9	92,4	90,4	0,28
Met	91,3	92,7	92,3	92,2	93,9	93,4	92,3	0,22
Cys	$85,8^{abc}$	$84,4^{c}$	$85,6^{abc}$	$89,8^{a}$	$89,5^{ab}$	$85,2^{abc}$	$84,6^{bc}$	0,41
Phe	90,7	91,0	91,6	92,1	92,6	93,0	90,7	0,25
Tyr	91,3	92,4	93,3	93,8	93,7	93,8	92,8	0,21
Thre	90,4	90,9	91,2	91,9	92,2	92,9	90,9	0,26
Tryp	$89,3^{b}$	$89,4^{b}$	$91,7^{ab}$	$93,7^{a}$	$93,3^{a}$	$94,0^{a}$	$91,9^{ab}$	0,24
Val	89,3	89,9	90,2	91,0	91,2	91,8	89,4	0,29

A soron belül különböző betűkkel jelzett adatok között szignifikáns a különbség ($p<0,05$).

Egy hasonló, 65 napig tartó kísérlet során 20% zsírtalanított FKLL-liszt, illetve 8% FKLL zsír tartalmú extrudált kutyatápot vizsgáltak a kontroll csoport mellett. Hasonlóan az

előzőhöz, itt is azt tapasztalták, hogy a 20% rovarlisztet tartalmazó táp esetén kisebb volt az emészthetőség a baromfit tartalmazó kontroll takarmányhoz képest [66].

Amikor a kutyák takarmánya csak 1, illetve 2% FKLL-liszt kiegészítést kapott, szignifikánsan nőtt a sza és a nitrogén emészthetősége is a kontrollhoz képest [32], de ez nagyon kicsi bekeverési arányt jelent. Ezen vizsgálat további hiányossága, hogy csupán három kutyát használtak, ami nem felel meg az emészthetőségi vizsgálatokra vonatkozó FEDIAF előírásoknak.

A következő fajokról, korábban már megállapították (a kísérletekben alkalmazott bekeverési arány esetén), hogy a takarmány rovartartalma nem befolyásolja az emészthetőséget a kutyákban: házi tücsök, selyemlepke bábja, THTT, FKLL és LL [2], [67].

2.5.5.3. *In vivo* emészthetőség macskákban

Egy holland kutatásban a baromfi- és rovartartalmú macskatápok emészthetőségét vizsgálták [42]. A kontroll eledel 34,3% baromfi húslisztet, míg a vizsgálni kívánt takarmány 37,5% FKLL-lisztet tartalmazott. A kutatásban 2 csoportot használtak (4 macska csoportonként), az egyikben az állatokkal 28 napig etették a kontroll tápot, majd 28 napig a rovartartalmát, a másikban pedig fordítva. A 28 napos időszakok utolsó 7 napján gyűjtöttek bélsarat analízisre. A baromfit tartalmazó táp szerves anyag emészthetősége 91,0% volt, a nitrogéné 89,0%, ugyanezek az értékek a FKLL tartalmú tápban 87,1% és 85,1% voltak, nagyobbak, mint a korábbi tanulmányokban (73,4-79,8%) [42].

Paßlack és Zentek (2018) 6 hétig etettek macskákat először egy 22% (A), majd egy 35% (B) FKLL-lisztet tartalmazó kereskedelmi táppal. A kísérletet 10 macskával kezdték, de az A-táp etetésekor az egyik macskát kizárták a vizsgálatból, miután hányt, majd visszautasította az eleséget, a B-táp tesztelésekor pedig újabb 2 macskát zártak ki, mert visszautasították a takarmányt. A nyersfehérjék emészthetősége nagyjából 77,0% (A), illetve 73,4% (B) volt. A nyerszsír emészthetősége pedig 96,0% (A), és 92,7% (B). Tehát a nagyobb FKLL-liszt tartalmú táp esetében kisebb volt az emészthetőség. A szerzők szerint ez lehet a táp viszonylag nagy nyersrost-tartalma (4%) miatt, vagy akár az extrudálásnál használt nagy hőmérséklet is okozhatta a fehérjék rosszabb emészthetőségét. A tápok nagy nyersfehérje-tartalommal rendelkeztek (A: 33,9%, B: 40,0%), ezért a szerzők feltételezték,

hogy az átlagosan 75%-os emészthetőség ellenére a táp megfelelő mennyiségű fehérjét és AS-at biztosít az állat számára. Itt azonban fontos megjegyezni, hogy ez nem áll összhangban a fentebb említett FEDIAF ajánlással [55]. A 10. táblázatban további macskatápok *in vivo* emészthetőségére vonatkozó adatok találhatók.

10. táblázat. Különböző rovarfajokat tartalmazó extrudált macskatápok *in vivo* emészthetősége [15].

Rovarfaj	FKLL bekeverési aránya	Módszer	Nitrogén emészthetőség
FKLL, szárított, zsírtalanított [62]	ismeretlen	*in vivo*	79,8%
FKLL, szárított, zsírtalanított [55]	22%	*in vivo*	77,0%
FKLL, szárított, zsírtalanított [55]	35%	*in vivo*	73,4%
FKLL, szárított, zsírtalanított [64]	20%	*in vivo*	74,9%
LL, szárított, zsírtalanított [62]	ismeretlen	*in vivo*	80,4%

FKLL = fekete katonalégy lárva, LL = lisztbogár lárva

Számos *in vivo* vizsgálatok során értékelték a kísérletben résztvevő kutyák és macskák testtömeg változását, a vér biokémiai és hematológiai paramétereit, amelyek esetén jellemzően nem tapasztaltak különbséget a kontroll csoporthoz képest. A bélsárürítés gyakorisága és a bélsár állapota általában szintén hasonló, azonban a bélsár mennyisége gyakran nagyobb a RT takarmányt fogyasztó állatok esetén, ami feltételezhetően a nagyobb rosttartalommal áll összefüggésben [35], [65].

2.5.6. Hazai forgalomban kapható kutya- és macskatápok, jutalomfalatok bemutatása

A hazai kiskereskedelmi forgalomban kapható RT kutya- és macskatápok széles választékban beszerezhetők. A teljes értékű tápok mellett elérhetőek még nedves eleségek is, valamint jutalomfalatok (11. és 12. táblázat).

11. táblázat: A hazai forgalomban kutyák részére gyártott száraz és nedves eledelek, valamint jutalomfalatok és azok jellemzői.

Gyártó	Táp típusa	Felhasznált rovarfaj	Összetevők	Fehérje	Nyers-zsír	Nyers-rost	
Kutyatápok							
Trovet	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Burgonya, rovarliszt, baromfizsír, vitaminok és nyomelemek, hidrolizált élesztő, kalcium-karbonát, halolaj, lenmag	21,0 %	16,0 %	5,0 %	[68]
Josera	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Szárított burgonya, borsóliszt, burgonyafehérje, rovarok, baromfizsír, hidrolizált élesztő, szárított répaszelet, ásványi anyagok, szentjánoskenyér dara	21,8 %	12,2 %	2,6 %	[69]
Bellfor	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Szárított rovarok, őrölt burgonya, burgonyakeményítő, őrölt borsó, állati zsír, őrölt édesburgonya, szentjánoskenyér,lenmag, ásványi anyagok, sörélesztő, lazacolaj, inulin (FOS forrás), Sárgarépa (őrölt), csalán, Echinacea, őrölt paradicsom, őrölt alma, őrölt mangó, őrölt szilva, őrölt banán, kakukkfű, bazsalikom, spirulina, áfonya, zeller, Yucca Schidigera por	22,0 %	12,0 %	5,5 %	[70]
Mera Dog	Érzékeny emésztő-rendszer	Fekete katonalégy	rizs, szárított rovarfehérje, rizsfehérje, baromfizsír, hidrolizált élesztő, monokalcium-foszfát, kalcium-karbonát, lenmag, nátrium-klorid, lazacolaj, kálium-klorid, napraforgóolaj, élesztő sejtfalak, cikória inulin	22,0 %	12,0 %	3,2 %	[71]
Concept for Life	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Burgonyapehely, rovarfehérje, burgonyakeményítő, burgonyafehérje, lazacolaj, növényi fehérjehidrolizátum, napraforgóolaj, lenmag, kalcium-karbonát, monokalcium-foszfát, nátrium-klorid, élesztősejtfal (ami mannán-oligoszacharidnak és béta-glükánnak felel meg), cikória-inulin, kálium-klorid, algaliszt	22,0 %	12,0 %	3,0 %	[72]

Brit Care	Fenn-tartható	nem ismert	Szárított hidrolizált csirke, zab, szárított rovarok, csirkezsír, szárított almavelő, természetes aroma, sörélesztő, lazacolaj, borsóliszt, glükózamin, frukto-oligo-szacharidok, kondroitin-szulfát, mannán-oligo-szacharidok, mojave jukka, máriatövismag, β-glükánok, szárított szúrós gyöngyajak, szárított homoktövis, probiotikus Lactobacillus helveticus HA - 122 inaktivált	26, 0 %	16, 0%	2,8 %	[73]
	Érzékeny emésztő-rendszer	nem ismert	Szárított rovarok, szárított fehér hal, sárgaborsó, zöldborsó, szárított almavelő, borsófehérje, kókuszolaj, hidrolizált fehérhal-fehérje, sörélesztő, lazacolaj, lenmag, tojáshéj, borsóliszt, glükózamin, frukto-oligo-szacharidok, kondroitin-szulfát, mannán-oligo-szacharidok, mojave jukka, máriatövismag, β-glükánok, szárított szúrós gyöngyajak, szárított homoktövis, probiotikus lactobacillus helveticus HA - 122 inaktivált	25,0 %	13,0 %	3,2 %	[74]
Green-woods	Gabona-mentes	Fekete katonalégy	Szárított rovarfehérje, burgonyapehely, burgonyakeményítő, borsó, lóbab, repceolaj, ásványi anyagok, sörélesztő, vitamin- és nyomelemkeverék, burgonyafehérje, lenmag, szárított répaszelet	22,0 %	12,0 %	3,5 %	[75]
Calibra	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Rizskeményítő, rovarfehérje, szárított alma, kókuszolaj, krillfehérje, lenmag, lazacolaj, kalcium-karbonát, alga (*Schizochytrium limacinum*), frukto-oligo-szacharidok, béta-glükánok, mannán-oligo-szacharidok, mojave yucca, lactobacillus acidophilus HA-122 inaktivált	23,0 %	14,0 %	3,0 %	[76]
Green Petfood	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Burgonya, borsóliszt, rovarok, napraforgóolaj, részben hidrolizált élesztő, réparost, ásványi anyagok, szentjánoskenyérliszt	22,0 %	12,0 %	2,7 %	[77]
	Érzékeny emésztő-rendszer	Fekete katonalégy	Rizs, rovarok, részben hidrolizált élesztő, napraforgóolaj, réparost, burgonyafehérje, ásványi anyagok, útifű-maghéj, őrölt cikóriagyökér	20,0 %	10,0 %	3,4 %	[78]

Nedves kutyaeledelek							
Green-woods	Gabona-mentes	Fekete katonalégy	Rovar, főzőlé, burgonya, sárgarépa, burgonyapehely, gyógynövény, ásványi anyagok	6,5 %	5,0 %	1,0 %	[79]
Calibra	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Rovarok, lazac, borsóliszt, lignocellulóz, halolaj, szárított alga (*Schizochytrium limacinum*), lenmagolaj, kalcium-karbonát, Mojave yucca, β-glükánok, mannán-oligoszacharidok, frukto-oligoszacharidok	7,0 %	7,0 %	0,6 %	[80]
Jutalomfalatok							
Concept for life	Hipo-allergén	Közönséges lisztbogár, tücsök (*Gryllus testaceus*)	Édesburgonya, földimogyorófehérje, szárított lisztkukac, tápiókakeményítő, szárított tücsök	27,9 %	8,1 %	3,4 %	[81]
			Sárgarépa, földimogyorófehérje, szárított lisztkukac, tápiókakeményítő, szárított tücsök	26,8 %	8,6 %	3,7 %	[82]
Green Petfood	Fenn-tartható	Fekete katonalégy	Szárított burgonya, szárított tápióka, rovarok, glicerin (növényi eredetű), burgonyakeményítő, cellulóz, ásványi anyagok	11,0 %	1,5 %	4,5 %	[83]
Caniland	Hipo-allergén	nem ismert	Burgonya, rovarfehérje, növényi melléktermékek, ásványi anyagok	15,0 %	6,0 %	2,0 %	[84]
Vitakraft	Fenn-tartható, gabona-mentes	Fekete katonalégy	Rovarok, növényi melléktermékek, ásványi anyagok	13,5 %	11,5 %	5,0 %	[85]

12. táblázat: A hazai forgalomban macskák részére gyártott száraz és nedves eledelek, valamint jutalomfalatok és azok jellemzői

Gyártó	Táp típusa	Felhasznált rovarfaj	Összetevők	Fehérje	Nyers-zsír	Nyers-rost	
Macskatápok							
Mera Cats	Érzékeny emésztő-rendszer	Fekete katonalégy	Szárított csirkefehérje, szárított rovarfehérje, burgonyapehely, burgonyakeményítő, baromfizsír, baromfifehérje-hidrolizátum, lignocellulóz, cukortalanított szárított cukorrépaszelet, lenmag, ásványi anyagok, lazacolaj, napraforgóolaj, cikóriainulin, élesztő-sejtfalak, útifűmaghéj, kamilla, yucca schidigera por	32 %	16,5 %	4,0 %	[86]
Concept for life	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Rovarfehérje, sorghum köles, borsó, növényi fehérje-hidrolizátum, lazacolaj, zselatin-hidrolizátum, kalcium-szulfát-dihidrát, kalcium-karbonát, nátrium-klorid, kálium-klorid, szárított cukorrépaszelet, napraforgóolaj, lenmag, cikória-inulin, algaliszt.	32,0 %	14,0 %	4,8 %	[87]
Brit Care	Hipo-allergén	nem ismert	Friss hering, sárgaborsó, dehidratált hering, dehidratált rovarok, kókuszolaj, heringolaj, természetes hidrolizált májaroma, szárított alma, lenmag, szárított szúrós gyöngyajak, szárított kamilla, borsóliszt, szárított homoktövis, szárított áfonya, frukto-oligo-szacharidok, mannán-oligo-szacharidok, mojave yucca, lactobacillus acidophilus HA	34,0 %	16,0 %	1,2 %	[88]
Green-woods	Gabona-mentes	Fekete katonalégy	Rovarfehérje, burgonyapehely, borsófehérje, repceolaj, favabab, sörélesztő, szárnyasfehérje, ásványi anyagok, burgonyafehérje, szárított répaszelet, lenmag, alma, szárított cékla.	30,0 %	14,0 %	4,5 %	[89]
Hill's	Hipo-allergén	nem ismert	Szárított egész tojás, szárított burgonya, burgonyakeményítő, borsófehérje, rovarfehérje-liszt, állati zsírok, ásványi anyagok, növényi olaj, fehérje-hidrolizátum, szárított cukorrépaszelet, lenmag, halolaj, szárított sárgarépa, szárított paradicsomtörköly, szárított gyümölcshús citrusokból, spenótpor.	30,3 %	19,5 %	1,6 %	[90]

Green Petfood	Fenn-tartható	Fekete katonalégy	Szárított csirkefehérje fajnak megfelelő tartásból, rizs, szárított burgonya, csirkezsír fajnak megfelelő tartásból, burgonyafehérje, rovarok, réparost, részben hidrolizált élesztő, ásványi anyagok, gyógynövények, gyümölcsök, őrölt cikóriagyökér	30,0 %	15,0 %	2,1 %	[91]
Nedves macskaeledelek							
I love my cat	Hipo-allergén	Fekete katonalégy	Rovarok, burgonyafehérje, ásványi anyagok, macskamenta, lazacolaj, inulin, lenmagolaj, húsleves.	10,0 %	6,0 %	0,5 %	[92]
Jutalomfalatok							
GimCat	Fenn-tartható	nem ismert	Rovarok, élesztők, ásványi anyagok	22,0 %	19,0 %	16,0 %	[93]
	Fenn-tartható	Közön-séges lisztbogár,	Gabonafélék, rovarok, olajok és zsírok, növényi fehérje kivonatok, ásványi anyagok, élesztők, növényi melléktermékek, szárított macskamenta.	31,0 %	14,0 %	3,0 %	[94]
Brit Care	Hipo-allergén	nem ismert	Rovarfehérje, sárgaborsó, lazacfehérje, borsófehérje, kókuszolaj, szárított csipkebogyó, lazacolaj, hidrolizált lazacfehérje, szárított macskamenta, lenmag.	34,0 %	17,0 %	1,5 %	[95]

A kutyák számára több gyártó készít tápokat és a macskák számára előállított RT nedves eledelből kifejezetten kicsi a kínálat. A kutyák számára készült 9 hipoallergén eledelből 7 FKLL-t, 1 LL-t és tücsköt (*Gryllus testaceus*) tartalmazott, míg 1 esetben nem tüntették fel a rovarfajt. A 3 fenntarthatóságot hirdető termékből 2 FKLL-alapú volt, 1 pedig ismeretlen rovarfajból készült. Az érzékeny emésztőrendszerű kutyák számára gyártott 3 termékből 2 FKLL-t, 1 pedig ismeretlen rovarfajt tartalmazott. Mindhárom gabonamentes kutyaeledel FKLL-ból készült.

A macskáknak gyártott 5 hipoallergén eledelből 2 FKLL-t, 3 pedig ismeretlen rovarfajt tartalmazott. A 3 fenntartható jelzésű macskaeledelből egynél FKLL-t, egynél LL-t, és egynél pedig ismeretlen rovarfajt használtak. Az érzékeny emésztőrendszerű macskáknak készült és a gabonamentes tápok egy-egy terméke is FKLL-t tartalmazott. Összesen 7 termék esetében nem ismert a felhasznált rovarfaj.

A kínálatban jelentős arányban szerepelnek hipoallergén tápok is, mono- és multiproteines összetételben egyaránt. Kifejezetten az érzékeny emésztőrendszerű társállatok számára is többféle RT eleség közül lehet választani.

2.5.7. A rovartartalmú tápok kockázatai

2.5.7.1. Nehézfémek felhalmozódása

A nehézfémek (NF) olyan fém elemek, amelyek sűrűsége legalább ötszöröse a vízének, és károsan hatnak az állatok és növények egészségére. A rovarokban megtalálható cink, réz, arzén, higany, kadmium és ólom jelenlétét már több kutatás is vizsgálta. A rovarokban felhalmozódó NF a belőlük készült takarmányban is jelen lehetnek, ami veszélyt jelenthet az azt fogyasztó állatok egészségére [10]. Kazimierska és mtsai. (2020) több rovaralapú kutyatápban is a megengedett szintet meghaladó mangántartalmat mértek [2].

A rovarok a NF-et elsősorban a szubsztráton keresztül vehetik fel, de a környezetükből, illetve a feldolgozás során is szennyeződhetnek. A NF állatorvosi gyógyszerekből, peszticidek maradékanyagaiból és organohalogén vegyületekből is származhatnak. Különösen magas a NF tartalma azoknak a rovaroknak, amelyek szubsztrátként trágyát vagy mezőgazdasági növények leveleit fogyasztották [10].

A LL, FKLL, gyászbogár lárva, szöcskék, sáskák, és termeszek esetén a cink, vas, réz, arzén, ólom, higany és kadmium gyakran előforduló NF. Ezek mennyiségét azonban nagyban befolyásolja a szubsztrátban megtalálható koncentráció és a rovar faja is. Abdullahi és mtsai. (2022) a szöcskékben, sáskákban és termeszekben a cink, kadmium és réz koncentrációját magasabbnak mérték a WHO által megengedettnél [10]. A FKLL esetében legnagyobb problémát a kadmium felhalmozódása jelentheti, míg a LL-nál az arzén okozhat gondot [2].

A kadmium nefrotoxikus, belélegezve pedig károsítja a tüdőt. Gátolja a DNS-hibajavítást, így a rendellenes fehérjék kialakulása a sejtek apoptózisához vezet. A FKLL mellett a LL, gyászogár lárva, szöcskék, sáskák és termeszek esetén is jellemző az akkumulációja. Magasabb kadmium koncentrációt mértek a szárított cukorrépa pépen nevelt FKLL esetén (2,24 mg/kg), szemben a csirketrágyát, zöldség és gyümölcs hulladékot fogyasztó előbábbal (0,03-,0,16 mg/kg). Biancarosa és mtársai. (2018) is megállapították, hogy a FKLL magasabb kadmium tartalommal rendelkezik (4,5-8,33 mg/kg), mint a kifejlett legyek (0,13-0,21 mg/kg). Más vizsgálatok azt találták, hogy a lárva (2,46-2,79 mg/kg) és

az előbáb (2,32-2,94 mg/kg) között nincsenek jelentős eltérések. A LL esetén 0,0085-0,016 mg/kg kadmiumot mértek, míg a szöcskéknél 5,78 mg/kg-ot, a sáskáknál pedig 3,51 mg/kg-ot [10]. Charlton és mtsai. (2015) a Kínából, Gánából és az Egyesült Királyságból származó házilégy, fekete katonalégy, illetve feketearcú dongólégy (*Calliphora vomitoria*) lárváit szennyező kémiai anyagokat vizsgálták. A 13. táblázat összefoglalja, hogy mivel táplálkoztak a kifejlett rovarok és a lárvák, valamit, hogy milyen módszerrel dolgozták fel a lárvákat, és ezek után mekkora volt a kadmium tartalmuk. Látható, hogy a nagyobb értékek (334-723 µg/kg) azokra a lárvákra volt jellemzők, amelyeket valamilyen trágyán termesztettek [96]. Az Európai Parlament és a Tanács 2002/32/EK irányelve által az állati eredetű takarmány-alapanyagokra megállapított 2 mg/kg kadmium-határértéket egyik esetben sem lépték túl a minták. Fontos megjegyezni, hogy bár a trágyán nevelt lárvák kadmiumtartalma is a határérték alatt maradt, az Európai Bizottság 142/2011/EU rendelete értelmében tilos a trágyát felhasználni takarmányozásra szánt rovarok szubsztrátjaként.

13. táblázat: Különböző helyekről származó házilégy, fekete katonalégy és feketearcú dongólégy lárváinak kadmium tartalma és a kifejlett rovarok, illetve lárvák számára elérhető takarmány [96].

Faj, származás	Kifejlett rovarok takarmánya	Lárvák szubsztrátja	Feldolgozás	Kadmium tartalom (µg/kg)
házilégy, Ghána, Accra	tejpor, cukor, víz	csirketrágya, hal takarmány hulladék	60-80°C gázsütőben néhány órán át	625
házilégy, Kína, Guanhzhou	tejpor, cukor, víz	fermentált csirketrágya	60-80°C sütőben néhány órán át	711
házilégy, Kína, Wuhan	tejpor, cukor, víz	sertéstrágya	60-80°C sütőben néhány órán át	723
házilégy, Egyesült Királyság	tejpor, cukor	baromfitrágya	leölés 80-90°C-os vízben, szárítás 65°C-on 3 órán át	334
fekete katonalégy, Ghána, Accra	víz	söripari melléktermék, hal takarmány hulladék, élesztő	60-80°C gázsütőben 2 órán át	120
feketearcú dongólégy Egyesült Király	cukor, víz	belsőség	60-80°C sütőben néhány órán át	18-20

Az ólom a felvett koncentrációtól függően károsíthatja a szerveket vagy szöveteket, továbbá károsíthatja a csontokra, a májat és központi idegrendszert. Rovarok esetén az emésztetlen ólom az exoszkeletonban raktározódik. Egy kísérlet során a teljes mértékben szerves anyagon nevelt LL-ban is kimutatható volt, máskor a LL-ban és a gyászbogár lárvában sem érte el a kimutatható szintet [10]. Különböző szubsztrátokon nevelve a LL esetén 0,063-0,079 mg/kg, míg a FKLL-nál ennél nagyobb, 0,55-2,68 mg/kg koncentrációt mértek. A fekete katonalégy előbábjában 0,66-0,99 mg/kg, illetve 0,12-0,36 mg/kg értékeket állapítottak meg, így az ólom tekintetében is elmondható, hogy az akkumuláció kisebb a rovar fejlettebb fejlődési stádiumaiban. A termeszekben 0,02-0,03 mg/L, 0,23 mg/kg, vagy a kimutatható szint alatti eredményeket mértek [10]. Az Európai Parlament és a Tanács 2002/32/EK irányelve által az ólomra vonatkozó határérték a takarmány alapanyagai esetében 10 mg/kg.

Az arzén gyakran előfordul inszekticid és herbicid szerekben. Arzén mérgezés jelei változatosak lehetnek, jelentkezhet emésztőrendszeri vagy akár idegrendszeri tünetekben is. FKLL-ban kisebb, 0,024 mg/kg koncentrációt mértek, míg a LL-ban 0,021-0,023 mg/kg értékeket tapasztaltak. Különböző nevelési módszerekkel, illetve földrajzi helyeken vizsgálva a FKLL esetén 0,142 mg/kg koncentrációt mértek. A fekete katonalégy előbábjában ennél kisebb értéket kaptak (0,041 mg/kg), tehát úgy tűnik az arzén tekintetében is a fejlettebb stádiumra jellemző az akkumuláció [10]. Az Európai Parlament és a Tanács 2002/32/EK irányelve értelmében az arzén maximális megengedett szintje a takarmány alapanyagai esetében 2 mg/kg.

A higany kis koncentrációban és térfogatban is erősen toxikus elem. Leggyakrabban metil-higanyként fordul elő. Károsítja a májat, vesét, az idegrendszert, az immunrendszert, szaporodási és a légző szervrendszert. A rovarokban természetes módon is jelen lehet, de felvehetik a mezőgazdasági hulladék anyagokból. A FKLL-ban 0,012 mg/kg, az előbábban 0,010-0,032 mg/kg, az adultban pedig 0,007 mg/kg koncentrációt mértek. Az Olaszországban termesztett LL esetén jelentősen kisebb (0,00012-0,00049 mg/kg) értékeket tapasztaltak, a Kínában (0,08 mg/kg) és Koreában (0,03 mg/kg) termesztett LL-val szemben [10]. Az Európai Parlament és a Tanács 2002/32/EK irányelve szerint a higanyra vonatkozó legmagasabb megengedett koncentráció a takarmány alapanyagai esetében 0,1 mg/kg.

Az eddigi tanulmányokból az látszik, hogy nagyobb részt a vizsgált rovarok NF-tartalma nem lépi túl az EU-s jogszabályokban meghatározott értékeket, így biztonságosak lennének takarmány-alapanyagnak. Azonban figyelembe kell venni, hogy milyen szubsztráton nevelik a lárvákat, mert ezzel pozitív és negatív irányba is befolyásolható a termék NF-tartalma.

2.5.7.2. Keresztreakciók

A rovarfehérje, akárcsak más fehérjék, önmagában is kiválthat allergiás reakciót, illetve keresztreakciót is okozhat más allergénekkel, ha bekerül a szervezetbe [1]. A keresztreakciók során az ismert allergén nincs jelen, az immunválaszt egy másik, hasonló szerkezetű fehérje váltja ki [97]. Az Allermatch™ humán esetekben azt a fehérjét tekinti potenciálisan allergizálónak, ha annak 80 egymást követő aminosavját vizsgálva, azoknak legalább 35%-a megegyezik az ismert allergén elsődleges szerkezetével [19].

Humán esetekben már felmerült, hogy a rovarevés allergiás reakciót válthat ki a rákfélékre és a háziporatkára allergiás személyek esetén. A fő allergének a tropomiozin, arginin-kináz, hősokkfehérjék, alfa-amiláz, valamint egyéb ízeltlábúakhoz köthető kisebb allergének. Ismert háziporatkára allergiás emberek vérszérumjában az IgE kötődött a háziporatka, valamint a lisztbogár lárva fajok kivonataihoz is. Más hasonló vizsgálatok során azonban 13 háziporatkára allergiás résztvevőből csak kettőnél mutattak IgE-reakciót a LL kivonattal [98].

Bajuk és mtsai. (2021) kutyák vérszérumában vizsgálták az IgE-reakciókat háziporatkák, illetve a LL ellen. Western blot analízis során azt az eredményt kapták, hogy a mesterséges emésztésen átesett, savas LL kivonat csak gyenge keresztreakciót mutatott, szemben a nem emésztett, savas LL kivonatokkal. Az emésztett, lúgos LL kivonatok esetén a kutyák vérszérumában lévő IgE kötődése elhanyagolható volt. A vizsgált kutyákat két csoportba osztották: az atkára allergiás, klinikai tüneteket mutató, valamint az egészséges kutyákra. Nem találtak szignifikáns összefüggést a klinikai tünetek megléte, az atkákra specifikus IgE antigének mennyisége, és a keresztreakciók mértéke között. Elképzelhető azonban, hogy a kutyák vérszérumját nem az akut fázisban vizsgálták, amikor a legnagyobb az IgE-szint. Az eredmények alapján az mondható el, hogy az atkákra allergiás kutyák esetén előfordulhat, hogy a LL fogyasztása is tüneteket produkál az állaton [19].

Az Allermatch™ segítségével az LL-ben, potencionálisan keresztreakciót kiváltó fehérjeként azonosítottak két tropomiozint, egy kutikulafehérjét, valamint egy illatanyag-kötő fehérjét. A feldolgozás során hő, nyomás, illetve hidrolízis hatására a fehérjék módosulhatnak, így kisebb mértékben lesznek képesek antigénként kötődni az IgE-hez [19]. Ezzel kapcsolatban azonban további vizsgálatok szükségesek a különböző rovarok, valamint a kutyák és macskák esetében is.

2.5.7.3. Dioxin

A dioxinok közé nagyjából 210 féle molekulát sorolhatunk, ide tartoznak a poliklór-dibenzodioxinok (PCDD) és a poliklór-dibenzofuránok (PCDF), a dioxinszerű vegyületek közé pedig a poliklór-bifenilek (PCB). A dioxinok főként égési melléktermékekként keletkeznek, míg a dioxinszerű vegyületeket széles körben használták a 20. században a betiltásukig például peszticidekben [99], [100]. Ezek a vegyületek sokkal jobban oldódnak lipidekben, mint vízben, emiatt pedig hosszú ideig képesek akkumulálódni a környezetben. Magasabb rendű állatok táplálékkal veszik fel a dioxinokat, így kerülhet a szervezetükbe, ahol pedig a zsírszövetekben tartósan fennmarad, és kimutatható. Metabolizációja és eliminációja lassú folyamat, ami a májon keresztül történik. Nagyobb mértékben képes csökkenni a szervezet dioxin tartalma a laktáció során, ugyanis lipofil tulajdonságai miatt a tejbe kiválasztódva is ürül. Toxikus hatását az aromásszénhidrogén-receptorhoz (Aryl Hydrocarbon Receptor) való kötődés után, a sejtmagban fejti ki. Az embriók a legérzékenyebbek a dioxinokra, különösen igaz ez a pisztrángok és lazacfélék esetében, de fókák és jegesmedvék esetén is megfigyeltek reprodukciós zavarokat és csontdeformációkat a perzisztensen szennyezett területeken [99].

A kutyák nagyobb mértékben képesek kiválasztani a dioxinokat, mint például a macskák, így a felhalmozódás mértéke is kisebb esetükben [101]. Egy Japánban végzett vizsgálat során, 8 macskából vettek vese-, máj-, és izomszövet mintát, és azt találták, hogy a dioxinok és a dioxinszerű vegyületek (PCB, PBDE, DDT, CHL) mindegyike a vesében akkumulálódott a legmagasabb koncentrációban. A macskák egyedi tulajdonsága, hogy a vese proximális tubulusai több lipidcseppet tartalmaznak, így könnyebben halmozódnak fel a lipofil vegyületek. Annak tudatában, hogy az idősebb macskák elhullásának egyik leggyakoribb oka az idült veseelégtelenség. Más tényezők mellett, feltételezhető, hogy a vesében felhalmozódó dioxinok is hozzájárulhatnak ennek kialakulásához [102]. Egy

szintén Japánban végzett kutatás során, amelyben macskák vérplazmáját vizsgálták, negatív korrelációt találtak a dioxinok (és a dioxinok metabolitjainak) koncentrációja és a pajzsmirigy hormonok szintje között [103]. Összefüggést véltek még felfedezni ezen anyagok vérplazmában mért koncentrációja és a macskák 2-es típusú cukorbetegsége, és az acromegalia között [104].

A kedvtelésből tartott állatok takarmányának maximális dioxin és PCB szintjeit az Európai Parlament és Tanács 2002/32/EK irányelvében határozták meg. A 12%-os nedvességtartalmú összetett takarmányokban a dioxinok maximális értéke 1,75 ng/kg lehet, míg a dioxinok és a dioxinszerű PCB-k összesen maximum 5,5 ng/kg-ot érhetnek el.

Pajurek és mtársai. 2021-ben a FKLL és LL-val végeztek vizsgálatot, amely során ezen rovarokból származó fehérjét kevertek különböző arányban brojlercsirkék takarmányába, majd a dioxinok (PCDD/PCDF) és a dioxinszerű vegyületek (PCB) tartalmát vizsgálták az eltérő rovarfehérje-tartalmú takarmányokban, és azoknak a csirkéknek a májában és izomszövetében, amelyek 35 napon át fogyasztották az eleséget [11].

Megvizsgálták a tápokhoz kevert rovarfehérjét is és a FKLL, valamint a LL esetén is a mért átlagérték a PCDD/PCDF maximálisan megengedett szintjének 9%-a alatt volt. A PCDD/PCDF és PCB-k esetén a maximálisan megengedett szint 8%-a alatt maradt. A FKLL-t tartalmazó takarmányokban a PCDD/PCDF a maximálisan megengedett értékének <7%-át mérték, míg a PCDD/PCDF és PCB esetében ez <6% volt. Ugyanezen paraméterek a LL-t tartalmazó takarmányok esetén 13% alatt maradt. A legnagyobb arányban a starter takarmányba keverték a rovarfehérjéket (FKLL = 40%; LL = 25%). Ezekből, a FKLL-t tartalmazó mintában a vizsgált dioxinok és a dioxinszerű vegyületek külön, és együtt sem érte el a kimutatható mennyiséget. A LL-t tartalmazó mintában a dioxinok esetén 0,06 ng/kg-ot mértek, míg a dioxinszerű vegyületek, illetve a dioxinok és dioxinszerű vegyületek együttes mérésekor sem kaptak mérhető eredményeket. A vizsgált máj és izomszövet mintáknál nem találtak szignifikáns különbséget a kontroll takarmányt és a rovarfehérjét tartalmazó takarmányt fogyasztó csirkék között [11].

Összehasonlításként, ha a rovarfehérje-tartalmat vesszük alapul, a kutyatápokra a 20-30% közötti fehérjetartalom jellemző, így valószínűsíthető, hogy az egyébként szintén FKLL-t tartalmazó eleségek is határértékek alatti dioxint és dioxinszerű vegyületeket tartalmazhat [18], [19], [20], [107]. A macskatápok esetén nagyobb, 30%-os rovarfehérje-tartalom a

jellemző, és a FKLL mellett LL-ból is gyártanak eleséget, amelyet a fenti kísérletben csak kisebb arányban használtak a takarmányokban, és némileg nagyobb értékeket is mértek a LL-t tartalmazó mintákban, ennek ellenére a vizsgált szennyezők feltételezhetően a macskatápokban sem lépik túl a megengedett határértéket [108], [109]. Azonban fontos figyelembe venni, hogy a rovarok dioxintartalmát nemcsak az azok faja befolyásolja, hanem a környezetük, és a szubsztrát is, amit fogyasztanak [11]. Emellett, ahogy korábban már említésre került, a dioxinnal szennyezett takarmányt elfogyasztó állatok fajtól függően eltérően metabolizálják a szennyező anyagokat, így a RT kutya- és macskatápok dioxinnal való szennyezettségét, és ezek tartós fogyasztás esetén jelentkező hatását célzottan kellene vizsgálni. Az eddigi eredmények alapján azonban feltételezhető, hogy az Európai Uniós előírásoknak megfelelő RT kutya- és macskatápok ebből a szempontból nem jelentenek veszélyt az ezeket fogyasztó társállatokra.

2.5.8. A rovartartalmú kutya- és macskaeledelek globális trendje

A kisállateledelek között egyre szélesebb a választék a RT kutya- és macskatápok esetén. Európában 2015-ben jelent meg az első RT kutyatáp, 2018-ban már legalább 12 márkának a terméke tartalmazott rovarokat, 2021-ben ez a szám már elérte a 42-t globálisan. A legtöbb gyártó száraz kutyatápot forgalmazott, ezt követte a szintén kutyáknak gyártott nedves eleség, és csak néhány márka foglalkozott macskaeledellel. Európa tekintetében és globálisan is elmondható, hogy főleg FKLL-t tartalmaznak a termékek [6].

Mint a rovarok elfogadottságáról szóló fejezetben is említettem, a RT eleségeket általában összefüggésbe hozzák olyan tulajdonságokkal, amelyek az állattartók számára vonzó alternatívát jelenthetnek a hagyományos összetételű takarmányokhoz képest, ilyen például, hogy hipoallergén, fenntartható, támogatja az emésztőrendszert, immunrendszert vagy az idős kutyák agyi funkcióit, könnyen emészthető, illetve antioxidáns tartalmú (14. táblázat) [6]. Az egyre bővülő termékkínálat arra enged következtetni, hogy a rovartartalmú kisállateledelekre van igény.

14. táblázat: Európában, Észak-Amerikában és Ázsiában 2023-ban forgalmazott rovartartalmú kisállateledelek száma a rájuk vonatkozó állítások alapján csoportosítva [6].

Állítás	Európa	Észak-Amerika	Ázsia
Hipoallergén	31	3	3
Fenntartható	23	6	3
Emésztőrendszer egészségét támogató és könnyen emészthető	15	2	2
Immunrendszert támogató és antioxidáns tartalmú	7	0	0
Idős kutyák agyi funkcióit támogató	1	0	0

3. Módszer

Az irodalmi áttekintés célja az volt, hogy összegyűjtse és rendszerezze a kutyák és macskák rovaralapú táplálásával összefüggő releváns tanulmányokat. A tudományos cikkek kereséséhez kezdetben az “insects AND dog food”, “insects AND cat food”, “insects AND (dog OR cat) AND pet food”, “insect-based pet food” kulcsszavakra történt keresés. A kereséseket a Google Scholar, a CAB Abstracts, és az Animal Science Collection nevű oldalakon végeztem. Azokat a cikkeket nem vettem figyelembe, amelyekben a rovarok, mint paraziták, vagy kártevők szerepeltek, valamint, ha a teljes szöveg nem volt elérhető angol, esetleg német nyelven.

Az oldalakon átlagosan nagyjából 50, a szakdolgozat szempontjából releváns cikket lehetett találni, amelyek teljes szövege angol nyelven elérhető volt. A felhasznált irodalom egyes fejezeteknél további célzott keresések eredményeivel egészült ki (pl.: “black soldier fly”, “heavy metals AND insects”, “insect-based pet food AND allergy” stb.).

A hazai forgalomban kapható rovartartalmú kutya- és macskatápok bemutatására a Google keresőjét használtam és a “kutyatáp rovar”, “macskatáp rovar”, “nedves kutyaeledel rovar”, “nedves macskaeledel rovar”, “jutalomfalat rovar” kifejezéseket használtam. Emellett pedig a Zooplus oldalán kerestem a kutya- és macskaeledelekre szűkítve a “rovar” és “insect” szavakat.

A források feldolgozásakor elsődleges szempont volt, hogy a tárgyalt téma miként kapcsolódik a kutyákhoz vagy macskákhoz, illetve milyen pozitív vagy negatív hatással lehet rájuk. Amennyiben a forrás lehetővé tette bemutattuk a rovarok és a hagyományosan használt alapanyagok közötti különbségeket.

4. Eredmények

Az irodalmi áttekintésben 58 rovarokkal kapcsolatos tudományos cikk került felhasználásra. Ezek közül harminchat 2020-2024 között jelent meg. A hazai forgalomban elérhető RT kutya- és macskaeledelek fejezetben összesen 28 ilyen termék került bemutatásra. Az irodalomjegyzék további 23 megjelölt hivatkozása szakkönyvekből, jogszabályokból és olyan közleményekből áll, amelyek egy adott téma átfogó megértését segítik.

A rovarfehérje előállításhoz szükséges **termőföld és vízigény** szignifikánsan kisebb, mint a hagyományosan állati fehérjék esetében [1], [2], [23]. A LL, argentin csótány, házi tücsök és keleti vándorsáska metánkibocsátása kisebb, mint a sertésé és húsmarháé. (3. táblázat) [23]. A rovarok nagyobb arányban képesek az elfogyasztott fehérjét a saját szöveteikbe építeni, mint a mezőgazdasági haszonállatok [24]. Gyakorlati alkalmazásukat a hagyományos alapanyagokhoz képest nagyobb beszerzési áruk korlátozhatja [2]. Ellentétben a haszonállatokkal, a kutya- és macskatápokban nem csak feldolgozott állati eredetű fehérjeként, hanem kezelt- és kezeletlen, valamint, élő formában is felhasználhatók a rovarok, ami mérsékli a költségeket. Az EU-ban csak a rendeletben felsorolt nyolc rovarfaj számít tenyésztett rovaroknak, amelyek takarmányozásakor a haszonállatokra vonatkozó előírásokat kell követni [27],[26], [27].

A leggyakrabban használt rovarok a **FKLL** és az **LL**, mint az a 11. és 12. táblázatban is látható. A rovarok takarmányozása és aktuális fejlődési stádiuma nagyban befolyásolja a termék tápanyagtartalmát, ezért a fehérje-, zsír-, és rosttartalomra talált értékek széles skálán mozognak [4]. A FKLL jellemzően 42% nyersfehérjét, 24-25% nyerszsírt és 7% nyersrostot tartalmaz, de a szubsztrát összetétele jelentős hatással lehet ezekre az értékekre (1. táblázat) [1]. Az FKLL leucinban, lizinben és valinban gazdag, azonban metionin-, arginin- és taurin-tartalma kevés lehet a kutyák és macskák számára [15], [16]. A rovarok között egyedülállóan nagy LS-tartalommal rendelkezik, de ennek mennyisége széles határok között mozoghat [8], [17]. A rosttartalom főleg a kitin mennyiségétől függ, amely

pedig folyamatosan változik a rovar fejlődése során, de általában 5-9,6% sza közé tehető [4].

A LL nyersfehérje tartalma 53%, nyerszsírtartalma 37%, nyersrost tartalma pedig 7% körül mozog [2]. Jó minőségű fehérjét tartalmaz, nagy a leucin-, valin- és lizintartalma, azonban a kutyák és macskák számára nem elégséges a benne található hisztidin-, metionin- és triptofán tartalma [18]. A telített zsírsavak közül — a FKLL-val ellentétben — elsősorban palmitinsavat tartalmaz [2].

A **kutyák és macskák táplálóanyag-igénye** szinte teljes mértékben ismert. A kölyköknek aránylag nagy a zsír-, fehérje- és ásványianyag-szükséglete (2. táblázat) [21]. Macskák esetén fokozottan figyelni kell a megfelelő taurin- és fehérjebevitelre élettani sajátosságaik miatt [22]. A rovarok nagyon különböző vitamin- és ásványianyag tartalma miatt az RT takarmányok összeállításakor elemezni kell az alapanyagok összetételét. A **rovarok valódi fehérjetartalmát túlbecsülik**. A fehérjetartalom kiszámításakor a hagyományosan használt Kjeldahl-féle módszer (Kp = 6,25) nem ad pontos értékeket, hiszen a rovarok nitrogén tartalma a fehérjéken kívül származhat még a kitinből, foszfolipidekből és a béltraktusban lévő anyagokból (pl.: ammónia) [5], [50]. A korrigált Kp-értékek FKLL esetén 4,67, LL-nál 4,75, PGL-nél pedig 4,86 (6. táblázat). Az ezen értékek alapján számított fehérjemennyiség körülbelül 20%-kal alacsonyabb volt, mint ami a 6,25-ös szorzófaktorral kapott eredmény lett volna [50]. A rovarok — nem megfelelő minőségű szubsztrát esetén — tartalmazhatnak NF-eket, dioxint és dioxinszerű vegyületeket, ezért is fontos az erre vonatkozó jogszabályok szigorú betartása [2] [10] [11] [18], [19], [20], [107].

A teljes zsírtartalmú FKLL előnye, hogy **LS**-hoz köthető jótékony hatások érvényesülnek [8], [22], de az egyéb rovarfajok felhasználása is kedvező élettani hatásokkal járhat a **prebiotikus és antioxidáns** (pl.: kitin, antimikrobiális fehérje) tulajdonságok miatt [7], [32], [38]. A rovarok kitintartalma 5,7-18% közötti, [14], [33], amely a RT kutya- és macskatápok emészthetőségét ronthatja [55]. A **rovarok bélflórára gyakorolt hatását** vizsgálva általában az tapasztalható, hogy a bélsáranalízis során a vizsgált baktériumtörzsek és nemzetségek aránya nem, vagy csak kis mértékben mutat változást a kontroll csoportokhoz képest (5. táblázat) [33], [43], [44]. Macskák esetén FKLL hatására nőhet a jótékony hatású *Bifidobacterium, Megaspheara, Megamonas* és *Cetenilbacterium*

[42]. Kutyákban a HT és a SLB is fokozta a hasznos baktériumok közé tartozó *Lactobacillusok* arányát, míg a THT a *Catenibecterium*-ok mennyiségét [33], [43].

Új fehérjeforrásként a rovarok alkalmazhatók lehetnek allergiás egyedeknél. Eleségallergia miatt kutyáknál kialakult bőrtüneteket az esetek többségében javultak FKLL és LL tartalmú takarmány fogyasztásának hatására [47], [48]. A lehetséges **keresztreakciók** miatt — amelyekért a ropomiozin, illetve egy illatanyag-kötő fehérje lehet a felelős — alkalmazásuk nem feltétlenül jár sikerrel [19]. Kevés tanulmány található, amely a RT eleség hatására kialakuló esetleges keresztreakciót vizsgálja a poratkára allergiás társállatok esetén, különösen a macskákkal kapcsolatban. A legtöbb irodalom a LL-t vizsgálja. Kutyák esetében nem mutattak ki egyértelmű kapcsolatot a poratka és a LL által kiváltott keresztallergia között [19].

A **RT kisállat eledelek elfogadottságát** több országban is felmérték. Az állattartók ellenérzései csökkentek és hajlamosabbak voltak RT eledelt venni a kedvenceiknek, amennyiben abban nem felismerhető a rovar és valamilyen jótékony, illetve előnyös hatás (pl.: hipoallergén, fenntartható, antioxidánsokat tartalmaz) tulajdonítható a tápnak [9], [30]. Segít, ha az állatorvosa ajánlja, illetve, ha nem kerül sokkal többe, esetleg olcsóbb, mint a hagyományos alapanyagokból gyártott takarmányok [9], [52], [53]. A gazdáknak fontos, hogy az állat szívesen fogyassza az eledelt [9]. A RT tápok a kísérletek alapján inkább ízletesek a kutyák és macskák számára, mint nem [44], [55], [56]. A macskák esetén azonban a vizsgált állatok kisebb része kifejezetten elutasító volt a FKLL tartalmú táppal szemben. Azok a tulajdonosok nagyobb hajlandóságot mutatnak a RT takarmány megvásárlására, akik saját maguk is kóstoltak már rovarokat, illetve akik számára fontos a fenntarthatóság [9], [52], [53].

Az **rovarok emészthetőségét** vizsgálták *in vitro*, és *in vivo* is kutyákban és macskákban. Az eredmények jellemzően 80% feletti nyersfehérje emészthetőséget mutattak, de voltak ennél kisebb mérési eredmények is. A RT kutya- és macskatápok ezen paramétereinek további vizsgálata szükséges.

A **hazai forgalomban kapható kutyatápok**, nedves kutyaeledelek és jutalomfalatok szinte mindegyike FKLL-t tartalmaz. A termékek között, egy jutalomfalat tartalmaz LL-t és tücsköt (*Gryllus testaceus*). Három terméken nem tüntetik fel a használt rovarfajt. A termékek fele a “hipoallergén” jelzővel volt ellátva (ebből 7 FKLL-t, 1 LL-t és tücsköt, 1

ismeretlen rovarfajt tartalmazott). Ezt követte a “fenntartható” (2 FKLL, 1 ismeretlen rovarfaj), valamint az „érzékeny emésztőrendszerű” kutyák számára gyártott (2 FKLL, 1 ismeretlen rovarfaj) és a “gabonamentes” (3 FKLL). A száraztápok nyersfehérje tartalma 20,0-26,0%, míg a nyerszsír tartalma 10,0-16,0% között változott (11. táblázat). Magyarországon nagyjából feleannyi **RT macskaeledel** érhető el, mint RT kutyaeledel. Itt is a FKLL a leggyakrabban használt rovarfaj, de találni LL-t tartalmazó jutalomfalatot is. Négy termék esetén a rovarfaj nem volt feltüntetve. A macskaeleségeknél is elmondható, hogy a gyártók legnagyobb részben “hipoallergénként” jelölték meg a termékeiket, ezek közül 2-nél FKLL-t, 3-nál pedig ismeretlen rovarfajt használtak. Ezek mellett említést érdemel még „érzékeny emésztőrendszerű” macskáknak gyártott táp (1 FKLL, 1 LL, 1 ismeretlen rovarfaj), illetve a “gabonamentes” (1 FKLL) és “fenntartható” (1 FKLL) termékek. A tápok nyersfehérje tartalma 30,0-34,0%, a nyerszsír tartalma 14,0-19,5% között mozog (12. táblázat).

A rovartartalmú kutya- és macskaeledelek kínálata világszerte évről évre nő. A 2023-as évben Európában a RT kisállateledelek 40%-a hipoallergénként volt címkézve, közel 30%-uknál a fenntarthatóság volt a hangsúlyos. A könnyű emészthetőség a termékek 19%-ánál szerepelt, az immunrendszer támogatására a 10%-ukat ajánlották, és nagyjából 1%-uk kifejezetten az idős kutyák számára készült [6].

5. Következtetések

Az eredményekből látható, hogy a rovarok számos olyan tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek ígéretes takarmány-alapanyaggá teszik őket. A FKLL és a LL beltartalmi értékei kedvezőek lehetnek, de figyelembe kell venni, hogy ezt számos tényező befolyásolhatja, így például a szubsztrát összetétele [1], [1], [5]. Teljes értékű eledelek gyártása esetén a FKLL-liszt használatakor metionin, arginin és taurin, a LL-lisztnél metionin, hisztidin és triptofán kiegészítés szükséges [14], [18]. Az is kiderült, hogy a fehérjetartalom kiszámítására használt módszer is torzíthatja az értékeket, így ezeket az adatokat érdemes körültekintően kezelni [5]. Az EU-ban takarmányként engedélyezett többi rovarfajról kevesebb tanulmány érhető el, különösen a kutyákra és macskákra gyakorolt hatásukat illetően.

Az eddig megjelent tanulmányok azt mutatják, hogy a rovarok fenntarthatóbb fehérjeforrások lehetnek, mint a sertés vagy a szarvasmarha [1]. A rovarok, illetve rovarlisztek ára jelenleg nagy, de még kevés kutatás foglalkozott ennek csökkentési

lehetőségeivel [25]. A rovarlisztek ára a kutya és macska tulajdonosok számára is fontos szempont [52].

A kitin emészthetőségét vizsgálták már kutyákban, azonban még vitatott, hogy valóban tartalmaznak-e kitinázt az emésztőnedveik, illetve a bélflórát alkotó baktériumok képesek-e ennek szintetizálására [33], [34]. Ez a kérdés a macskáknál is fennáll, így mindkét faj esetén további vizsgálatok szükségesek. Az antimikrobiális tulajdonságokkal rendelkező peptidek és zsírsavak hatását főleg haszonállatokon tanulmányozták, így még nem áll rendelkezésre elegendő adat arról, hogy RT eledelek fogyasztása, hogyan befolyásolná a bélflóra egészségét, illetve felhasználható-e diszbiózissal járó megbetegedések kiegészítő [7], [37], [41].

Az eliminációs diéta során alkalmazott RT-eledelek hatására az eleségallergiára adott bőrtünetek javulhatnak, azonban figyelembe kell venni, hogy egyéni eltéréseket és az esetleges keresztreakciókat [47], [48]. A macskákról ezen a területen is kevesebb az információ. Az elérhető irodalom alapján nem áll rendelkezésre adat arról, hogy az RT-eledelek milyen hatást gyakorolnak az eleségallergiában szenvedő, emésztőrendszeri tüneteket mutató állatokra.

A RT tápok kedveltségének felmérésekor megfigyelhető országok közötti különbség. A belga válaszadók hajlandóak lennének többet fizetni az RT-alapú állateledelekért, míg az olasz vásárlók csak akkor választanák ezeket, ha olcsóbbak lennének a megszokott termékeknél [9], [52]. A RT kisállateledelek eladásánál lényeges szempont lehet, hogy az adott ország átlagos kutya- és macskatartói hogyan viszonyulnak az ilyen összetételű termékekhez. A Belgiumban végzett felmérésben tapasztaltak oka lehetett az is, hogy a kitöltők 25%-ának valamilyen kapcsolata volt állatorvostudományhoz (állatorvosok, állatorvosi asszisztensek, állatorvostan-hallgatók) [9]. Ez torzíthatja az eredményeket, különösen, ha a hétköznapi állattartók (és potenciális vásárlók) véleményére lennénk kíváncsiak.

A rovarlisztet tartalmazó eleségek emészthetősége a legmagasabb bekeverési arányban (20-24%) kis mértékben, de csökkent, de így is jellemzően meghaladták a kisállateledeleknél tapasztalható átlagos nyersfehérje- (80%) és nyerszsír-emészthetőséget (90%) [12], [65]. Alkalmazásuk a kisállateledelekben valószínűleg nem okoz lényeges változást a tápanyagok emészthetősége szempontjából. Mindazonáltal a rovarokat

tartalmazó takarmányok esetében figyelembe kell venni a FEDIAF ajánlását, hogy amennyiben nem garantálható a >80% feletti emészthetőség, a tápok esszenciális AS tartalmát 10%-kal meg kell emelni [21].

A nehézfémek és dioxinok elsősorban a szubsztráton keresztül juthatnak a rovarok szervezetébe [10], [11]. A tanulmányok és az EU-s szabályozás alapján azonban úgy tűnik, hogy a tenyésztett rovarok nem valószínű, hogy határértéket meghaladó mennyiséget halmoznának fel bármelyik anyag esetén (2.5.7.1 Nehézfémek felhalmozása, 2.5.7.3. Dioxin) [10], [11], [110].

Az eddigiek alapján kijelenthető, hogy az EU-ban forgalmazható kutya- és macskatápok nem jelentenek veszélyt sem a tápanyagok hiánya, sem a szennyezőanyagok előfordulása szempontjából az állatok számára (2.5.7.1 Nehézfémek felhalmozása, 2.5.7.3. Dioxin). A fenntarthatóság és az allergiás állatok esetében kifejezetten előnyösek lehetnek a hagyományos összetevőket tartalmazó kisállateledelekkel szemben (amennyiben az állatnak nincs egyedi érzékenysége a rovarokra) (2.3.1. Előnyök, 2.5.2.5. Új fehérjeforrás).

6. Összefoglalás

A rovarok takarmányokban való felhasználását részben az ösztönzi, hogy fenntartható fehérjeforrások lehetnek. Előállításuk kevesebb termőföldet, vizet és takarmányt igényel, mint a hagyományos állati eredetű fehérjeforrásoké.

A szakdolgozat célja a rovartartalmú (RT) kutya- és macskatápok gyakorlati felhasználásának, előnyeinek, hátrányainak és lehetséges kockázatainak bemutatása, az ehhez kapcsolódó irodalom összegyűjtésével és rendszerezésével.

A tápokban leggyakrabban használt rovarfajok a fekete katonalégy lárva (*Hermetia illucens*, FKLL) és lisztbogár lárva (*Tenebrio molitor,* LL). A rovarok nagy és jól emészthető fehérje- és zsírtartalma lehetővé teszi használatukat a társállatok számára gyártott eledelekben. A bennük található kitin, antimikrobiális peptidek és (a FKLL esetében) antimikrobiális hatású laurinsav kedvező élettani hatásokkal rendelkezhet, de ennek egyértelmű tisztázása még további vizsgálatokat igényel. Az esetleges kockázatok — mint a nehézfémek vagy a dioxin jelenléte, illetve az allergiás reakció — az eddig rendelkezésre álló információk alapján kicsi jelentőségűek. A rovarok kitintartalma viszont ronthatja a nyersfehérje emészthetőségét. Magyarországon is több gyártótól származó RT kutya- és macskaeledel elérhető. Nemzetközi felmérések szerint a tulajdonosokra jellemző a rovarokkal szembeni ellenérzés, de az állatorvosi ajánlás és a jótékony, illetve előnyös (pl.: hipoallergén, fenntartható) hatások ismerete növelheti az elfogadottságot.

A kutyákra és különösen a macskákra vonatkozóan kevesebb tanulmány vizsgálja a RT takarmányok etetésének hosszú távú és speciális élettani hatásait. Emellett a kísérletek során gyakran kevés állatot vontak be, ami korlátozza az eredmények megbízhatóságát. Egyes, az Európai Unióban takarmányozásra használható rovarok esetén is kevés adatot találni a kutya- és macskatápokban való felhasználásukról.

A rendelkezésre álló irodalmi adatok alapján a RT takarmányok legalább olyan jó minőségűek, mint a már megszokott fehérjeforrásokat tartalmazók és a társállatok többsége szívesen elfogyasztja azokat, bár a macska esetében az utóbbival kapcsolatban nagyobbak az egyedi eltérések. A RT tápok hasznos, új alternatívák lehetnek azoknak az állattartóknak, akik számára fontos a fenntarthatóság, vagy akiknek kedvence eleségallergiája miatt új fehérjeforrást kell bevezetnie.

7. Irodalomjegyzék

[1] J. Kępińska-Pacelik és W. Biel, „Insects in Pet Food Industry—Hope or Threat?”, *Animals*, köt. 12, sz. 12, o. 1515, jún. 2022, doi: 10.3390/ani12121515.

[2] F. Valdés *és mtsai.*, „Insects as Feed for Companion and Exotic Pets: A Current Trend”, *Animals*, köt. 12, sz. 11, o. 1450, jún. 2022, doi: 10.3390/ani12111450.

[3] M. Schaap, „The use of insects in pet food”, University of Ghent, 2021.

[4] A. Abd El-Wahab *és mtsai.*, „Insect Larvae Meal (Hermetia illucens) as a Sustainable Protein Source of Canine Food and Its Impacts on Nutrient Digestibility and Fecal Quality”, *Animals*, köt. 11, sz. 9, o. 2525, aug. 2021, doi: 10.3390/ani11092525.

[5] A. Jonas-Levi és J.-J. I. Martinez, „The high level of protein content reported in insects for food and feed is overestimated”, *J. Food Compos. Anal.*, köt. 62, o. 184–188, szept. 2017, doi: 10.1016/j.jfca.2017.06.004.

[6] S. A. Siddiqui *és mtsai.*, „Insect-based dog and cat food: A short investigative review on market, claims and consumer perception”, *J. Asia-Pac. Entomol.*, köt. 26, sz. 1, o. 102020, márc. 2023, doi: 10.1016/j.aspen.2022.102020.

[7] T. Veldkamp, L. Dong, A. Paul, és C. Govers, „Bioactive properties of insect products for monogastric animals – a review”, *J. Insects Food Feed*, köt. 8, sz. 9, o. 1027–1040, szept. 2022, doi: 10.3920/JIFF2021.0031.

[8] T. Suryati, E. Julaeha, K. Farabi, H. Ambarsari, és A. T. Hidayat, „Lauric Acid from the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) and Its Potential Applications”, *Sustainability*, köt. 15, sz. 13, o. 10383, jún. 2023, doi: 10.3390/su151310383.

[9] C. Baptista Da Silva, E. L. D. Santos Neto, B. J. G. Broeckx, N. Ruiz‐Suárez, M. Eeckhout, és M. Hesta, „Assessing pet owners’ willingness to embrace insects in pet food”, *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.*, o. jpn.14019, júl. 2024, doi: 10.1111/jpn.14019.

[10] E. Malematja, T. G. Manyelo, N. A. Sebola, S. D. Kolobe, és M. Mabelebele, „The accumulation of heavy metals in feeder insects and their impact on animal production”, *Sci. Total Environ.*, köt. 885, o. 163716, aug. 2023, doi: 10.1016/j.scitotenv.2023.163716.

[11] M. Pajurek, M. Warenik-Bany, S. Mikołajczyk, S. Maszewski, és K. Kwiatek, „Dioxins and polychlorinated biphenyls in insect processed animal proteins used as a feed – is there a health risk?”, *J. Insects Food Feed*, köt. 9, sz. 1, o. 65–76, jan. 2023, doi: 10.3920/JIFF2021.0215.

[12] T. A. Freel, A. McComb, és E. A. Koutsos, „Digestibility and safety of dry black soldier fly larvae meal and black soldier fly larvae oil in dogs”, *J. Anim. Sci.*, köt. 99, sz. 3, o. skab047, márc. 2021, doi: 10.1093/jas/skab047.

[13] S. Grasso és M. Bordiga, *Edible Insects Processing for Food and Feed*, 2023. kiad. CRC Press.

[14] S. Lu *és mtsai.*, „Nutritional Composition of Black Soldier Fly Larvae (Hermetia illucens L.) and Its Potential Uses as Alternative Protein Sources in Animal Diets: A Review”, *Insects*, köt. 13, sz. 9, o. 831, szept. 2022, doi: 10.3390/insects13090831.

[15] G. Bosch és K. S. Swanson, „Effect of using insects as feed on animals: pet dogs and cats”, *J. Insects Food Feed*, köt. 7, sz. 5, o. 795–805, aug. 2021, doi: 10.3920/JIFF2020.0084.

[16] S. McCusker, P. R. Buff, Z. Yu, és A. J. Fascetti, „Amino acid content of selected plant, algae and insect species: a search for alternative protein sources for use in pet foods”, *J. Nutr. Sci.*, köt. 3, o. e39, 2014, doi: 10.1017/jns.2014.33.

[17] B. Georgescu *és mtsai.*, „Modulating the Fatty Acid Profiles of Hermetia illucens Larvae Fats by Dietary Enrichment with Different Oilseeds: A Sustainable Way for Future Use in Feed and Food”, *Insects*, köt. 13, sz. 9, o. 801, szept. 2022, doi: 10.3390/insects13090801.

[18] J. Hong, T. Han, és Y. Y. Kim, „Mealworm (Tenebrio molitor Larvae) as an Alternative Protein Source for Monogastric Animal: A Review”, *Animals*, köt. 10, sz. 11, o. 2068, nov. 2020, doi: 10.3390/ani10112068.
[19] B. Premrov Bajuk, P. Zrimšek, T. Kotnik, A. Leonardi, I. Križaj, és B. Jakovac Strajn, „Insect Protein-Based Diet as Potential Risk of Allergy in Dogs”, *Animals*, köt. 11, sz. 7, o. 1942, jún. 2021, doi: 10.3390/ani11071942.
[20] National Research Council, *Nutrient Requirements of Dogs and Cats*, 7th kiad. National Academies Press, 2018.
[21] „Nutritional Guidelines for Complete and Complementary Pet Food for Cats and Dogs”. Federation of European Pet Food Industries, 2021.
[22] L. P. Case, M. G. Hayek, L. Daristotle, és M. F. Raasch, *Canine and Feline Nutrition*, 3. Mosby, 2011.
[23] D. G. A. B. Oonincx és I. J. M. De Boer, „Environmental Impact of the Production of Mealworms as a Protein Source for Humans – A Life Cycle Assessment”, *PLoS ONE*, köt. 7, sz. 12, o. e51145, dec. 2012, doi: 10.1371/journal.pone.0051145.
[24] A. Van Huis és D. G. A. B. Oonincx, „The environmental sustainability of insects as food and feed. A review”, *Agron. Sustain. Dev.*, köt. 37, sz. 5, o. 43, okt. 2017, doi: 10.1007/s13593-017-0452-8.
[25] B. Torquati és A. Marchini, „Green metamorphoses – agriculture, food, ecology”, in *Green metamorphoses: agriculture, food, ecology*, Perugia, Italy: Wageningen Academic Publishers, okt. 2020, o. 21–33. doi: 10.3920/978-90-8686-898-8_0.
[26] „EU Legislation – General Overview”, International Platform of Insects for Food and Feed. Elérés: 2024. szeptember 8. [Online]. Elérhető: https://ipiff.org/insects-eu-legislation-general/
[27] A BIZOTTSÁG 142/2011/EU RENDELETE a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról szóló 1069/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet végrehajtásáról, valamint a 97/78/EK tanácsi irányelvnek az egyes minták és tételek határon történő állat-egészségügyi ellenőrzése alóli, az irányelv szerinti mentesítése tekintetében történő végrehajtásáról. 2011.
[28] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 999/2001/EK RENDELETE egyes fertőző szivacsos agyvelőbántalmak megelőzésére, az ellenük való védekezésre és a felszámolásukra vonatkozó szabályok megállapításáról. 2001.
[29] Az Európai Parlament és a Tanács 1069/2009/EK rendelete (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet). 2009.
[30] J. E. Higa, M. B. Ruby, és P. Rozin, „Americans’ acceptance of black soldier fly larvae as food for themselves, their dogs, and farmed animals”, *Food Qual. Prefer.*, köt. 90, o. 104119, jún. 2021, doi: 10.1016/j.foodqual.2020.104119.
[31] K. Seo *és mtsai.*, „Evaluation of Fermented Oat and Black Soldier Fly Larva as Food Ingredients in Senior Dog Diets”, *Animals*, köt. 11, sz. 12, o. 3509, dec. 2021, doi: 10.3390/ani11123509.
[32] X. J. Lei, T. H. Kim, J. H. Park, és I. H. Kim, „Evaluation of Supplementation of Defatted Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Larvae Meal in Beagle Dogs”, *Ann. Anim. Sci.*, köt. 19, sz. 3, o. 767–777, júl. 2019, doi: 10.2478/aoas-2019-0021.
[33] S. Areerat, P. Chundang, C. Lekcharoensuk, P. Patumcharoenpol, és A. Kovitvadhi, „Insect-based diets (house crickets and mulberry silkworm pupae): A comparison of their effects on canine gut microbiota”, *Vet. World*, o. 1627–1635, aug. 2023, doi:

10.14202/vetworld.2023.1627-1635.
[34] Y. Okamoto *és mtsai.*, „Physical changes of chitin and chitosan in canine gastrointestinal tract”, *Carbohydr. Polym.*, köt. 44, sz. 3, o. 211–215, márc. 2001, doi: 10.1016/S0144-8617(00)00229-0.
[35] S. Kröger, C. Heide, és J. Zentek, „Evaluation of an extruded diet for adult dogs containing larvae meal from the Black soldier fly (Hermetia illucens)”, *Anim. Feed Sci. Technol.*, köt. 270, o. 114699, dec. 2020, doi: 10.1016/j.anifeedsci.2020.114699.
[36] C. D. Thatcher, M. S. Hand, R. L. Remillard, P. Roudebush, és B. J. Novotny, *Small Animal Clinical Nutrition*, 5. 2010.
[37] L. Gasco, M. Finke, és A. Van Huis, „Can diets containing insects promote animal health?”, *J. Insects Food Feed*, köt. 4, sz. 1, o. 1–4, márc. 2018, doi: 10.3920/JIFF2018.x001.
[38] L. Borrelli, L. Varriale, L. Dipineto, A. Pace, L. F. Menna, és A. Fioretti, „Insect Derived Lauric Acid as Promising Alternative Strategy to Antibiotics in the Antimicrobial Resistance Scenario”, *Front. Microbiol.*, köt. 12, o. 620798, febr. 2021, doi: 10.3389/fmicb.2021.620798.
[39] R. Lappano *és mtsai.*, „The lauric acid-activated signaling prompts apoptosis in cancer cells”, *Cell Death Discov.*, köt. 3, sz. 1, o. 17063, szept. 2017, doi: 10.1038/cddiscovery.2017.63.
[40] Ł. Grześkowiak, A. Endo, S. Beasley, és S. Salminen, „Microbiota and probiotics in canine and feline welfare”, *Anaerobe*, köt. 34, o. 14–23, aug. 2015, doi: 10.1016/j.anaerobe.2015.04.002.
[41] B. Kierończyk *és mtsai.*, „Available for millions of years but discovered through the last decade: Insects as a source of nutrients and energy in animal diets”, *Anim. Nutr.*, köt. 11, o. 60–79, dec. 2022, doi: 10.1016/j.aninu.2022.06.015.
[42] G. Bosch, B. A. Loureiro, D. Schokker, S. K. Kar, A. Paul, és N. Sluczanowski, „Black soldier fly larvae meal in an extruded food: effects on nutritional quality and health parameters in healthy adult cats”, *J. Insects Food Feed*, köt. 10, sz. 9, o. 1595–1606, ápr. 2024, doi: 10.1163/23524588-00001093.
[43] J. K. Jarett, A. Carlson, M. Rossoni Serao, J. Strickland, L. Serfilippi, és H. H. Ganz, „Diets with and without edible cricket support a similar level of diversity in the gut microbiome of dogs”, *PeerJ*, köt. 7, o. e7661, szept. 2019, doi: 10.7717/peerj.7661.
[44] S. Do, E. A. Koutsos, A. McComb, T. Phungviwatnikul, M. R. C. De Godoy, és K. S. Swanson, „Palatability and apparent total tract macronutrient digestibility of retorted black soldier fly larvae-containing diets and their effects on the fecal characteristics of cats consuming them”, *J. Anim. Sci.*, köt. 100, sz. 4, o. skac068, ápr. 2022, doi: 10.1093/jas/skac068.
[45] R. Marsella, D. Santoro, és K. Ahrens, „Early exposure to probiotics in a canine model of atopic dermatitis has long-term clinical and immunological effects”, *Vet. Immunol. Immunopathol.*, köt. 146, sz. 2, o. 185–189, ápr. 2012, doi: 10.1016/j.vetimm.2012.02.013.
[46] W. H. Miller, C. E. Griffin, és K. L. Campbell, *Muller and Kirk's Small Animal Dermatology*, 7. Elsevier Mosby, 2013.
[47] K.-I. Lee *és mtsai.*, „Clinical application of insect-based diet in canine allergic dermatitis”, *Korean J. Vet. Res.*, köt. 61, sz. 4, o. e36, dec. 2021, doi: 10.14405/kjvr.2021.61.e36.
[48] T. M. S. A. Böhm, C. J. Klinger, N. Gedon, L. Udraite, K. Hiltenkamp, és R. S. Mueller, „Effect of an insect protein-based diet on clinical signs of dogs with cutaneous adverse food reactions”, *Tierarztl. Prax. Ausg. K Klientiere Heimtiere*, köt. 46, sz. 5, o. 297–302, okt. 2018, doi: 10.15654/TPK-170833.

[49] F. Mariotti, D. Tomé, és P. P. Mirand, „Converting Nitrogen into Protein—Beyond 6.25 and Jones' Factors", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, köt. 48, sz. 2, o. 177–184, jan. 2008, doi: 10.1080/10408390701279749.
[50] R. H. Janssen, J.-P. Vincken, L. A. M. Van Den Broek, V. Fogliano, és C. M. M. Lakemond, „Nitrogen-to-Protein Conversion Factors for Three Edible Insects: *Tenebrio molitor* , *Alphitobius diaperinus* , and *Hermetia illucens*", *J. Agric. Food Chem.*, köt. 65, sz. 11, o. 2275–2278, márc. 2017, doi: 10.1021/acs.jafc.7b00471.
[51] M. D. Finke, „Estimate of chitin in raw whole insects", *Zoo Biol.*, köt. 26, sz. 2, o. 105–115, 2007, doi: 10.1002/zoo.20123.
[52] T. Fantechi, G. Califano, F. Caracciolo, és C. Contini, „Puppy power: How neophobia, attitude towards sustainability, and animal empathy affect the demand for insect-based pet food", *Food Res. Int.*, köt. 177, o. 113879, febr. 2024, doi: 10.1016/j.foodres.2023.113879.
[53] J. Pinney és M. Costa-Font, „A Model for Consumer Acceptance of Insect-Based Dog Foods among Adult UK Dog Owners", *Animals*, köt. 14, sz. 7, o. 1021, márc. 2024, doi: 10.3390/ani14071021.
[54] V. Villanueva, F. Valdés, S. Zavala, J. M. Yáñez, és C. Valenzuela, „Perception of cat owners on the use of insects as feed ingredients for cats", *J. Insects Food Feed*, köt. 9, sz. 11, o. 1431–1443, aug. 2023, doi: 10.1163/23524588-20220106.
[55] N. Paßlack és J. Zentek, „Akzeptanz, Verträglichkeit und scheinbare Nährstoffverdaulichkeit von Alleinfuttermitteln auf Basis von Hermetia-illucens-Larvenmehl bei Katzen", *Tierärztl. Prax. Ausg. K Kleintiere Heimtiere*, köt. 46, sz. 04, o. 213–221, aug. 2018, doi: 10.15654/TPK-180372.
[56] B. Kierończyk *és mtsai.*, „Do insects smell attractive to dogs? A comparison of dog reactions to insects and commercial feed aromas – a preliminary study", *Ann. Anim. Sci.*, köt. 18, sz. 3, o. 795–800, júl. 2018, doi: 10.2478/aoas-2018-0012.
[57] G. Bosch, S. Zhang, D. G. A. B. Oonincx, és W. H. Hendriks, „Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods", *J. Nutr. Sci.*, köt. 3, o. e29, 2014, doi: 10.1017/jns.2014.23.
[58] S. Marono *és mtsai.*, „*In Vitro* Crude Protein Digestibility of *Tenebrio Molitor* and *Hermetia Illucens* Insect Meals and its Correlation with Chemical Composition Traits", *Ital. J. Anim. Sci.*, köt. 14, sz. 3, o. 3889, jan. 2015, doi: 10.4081/ijas.2015.3889.
[59] M. Rodríguez-Rodríguez, F. G. Barroso, D. Fabrikov, és M. J. Sánchez-Muros, „In Vitro Crude Protein Digestibility of Insects: A Review", *Insects*, köt. 13, sz. 8, o. 682, júl. 2022, doi: 10.3390/insects13080682.
[60] L. Penazzi *és mtsai.*, „In vivo and in vitro Digestibility of an Extruded Complete Dog Food Containing Black Soldier Fly (Hermetia illucens) Larvae Meal as Protein Source", *Front. Vet. Sci.*, köt. 8, o. 653411, jún. 2021, doi: 10.3389/fvets.2021.653411.
[61] G. Bosch, J. J. M. Vervoort, és W. H. Hendriks, „IIn vivo and in vitro Digestibilitfermentability of selected insects for dog foods", *Anim. Feed Sci. Technol.*, köt. 221, o. 174–184, nov. 2016, doi: 10.1016/j.anifeedsci.2016.08.018.
[62] A. C. Beynen, „Insect-based petfood", szept. 2018.
[63] Meyer LF, Kölln M, Kamphues J, „KTP: Hundefutter mit Insekten? Untersuchungen zu Mischfuttermitteln mit Larven der Schwarzen Soldatenfliege als Proteinquelle", *Kleintierpraxis*, sz. Kleintierpraxis 64, Heft 03|2019 , 124-135, o. 0124–0135, 0 2019, doi: 10.2377/0023-2076-64-124.
[64] R. M. Yamka, E. A. Koutsos, és A. McComb, „Evaluation of black soldier fly larvae as a protein and fat source in pet foods". 2019.
[65] L. R. Kilburn, A. T. Carlson, E. Lewis, és M. C. R. Serao, „Cricket (Gryllodes sigillatus) meal fed to healthy adult dogs does not affect general health and minimally

impacts apparent total tract digestibility”, *J. Anim. Sci.*, köt. 98, sz. 3, o. skaa083, márc. 2020, doi: 10.1093/jas/skaa083.
[66] S. Jian *és mtsai.*, „Effects of black soldier fly larvae as protein or fat sources on apparent nutrient digestibility, fecal microbiota, and metabolic profiles in beagle dogs”, *Front. Microbiol.*, köt. 13, o. 1044986, nov. 2022, doi: 10.3389/fmicb.2022.1044986.
[67] S. Areerat, P. Chundang, C. Lekcharoensuk, és A. Kovitvadhi, „Possibility of Using House Cricket (Acheta domesticus) or Mulberry Silkworm (Bombyx mori) Pupae Meal to Replace Poultry Meal in Canine Diets Based on Health and Nutrient Digestibility”, *Animals*, köt. 11, sz. 9, o. 2680, szept. 2021, doi: 10.3390/ani11092680.
[68] „Trovet Hypoallergenic IPD rovar”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/trovet/1876382?variantId=1876382.1&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwgL-3BhDnARIsAL6KZ6-jV2r7KJnN8BEFr9nVwORZNnzli1VJl_qu8bUl3mWlOMK8MivWVgsaAmX9EALw_wcB&activeVariant=1876382.1
[69] „HYPOALLERGENIC DOG DRY”, josera.hu. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://www.josera.hu/hypoallergenic_dog_dry-p1539
[70] „Hipoallergén Száraz Kutyatáp Közepes Kutyafajták. Rovarfehérjés kutyatáp Gabonamentes - Landgut-Schmaus a Bellfor kutyaeledelek”, hu.bellfor.info. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://hu.bellfor.info/termeszeti-aruk-schmaus-klein-7.5-kg?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw-r-vBhC-ARIsAGgUO2DnF75a_CyuhZ2nzIQbbOYyiWtRpv9vYO2VbGVZAYwtmCH4WZQB3AkaAjm_EALw_wcB
[71] „Mera Dog Pure Sensitive Adult Insect Protein kutyatáp”, petito.hu. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://www.petito.hu/mera-dog-pure-sensitive-adult-insect-protein-kutyatap-125kg?utm_source=google_shopping&utm_medium=cpp&utm_campaign=direct_link&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw-r-vBhC-ARIsAGgUO2C7pWFQjOX7TZv8zhedLa0xl4KuElkMQVcs43hfdiX_jPCHzFdeRKwaAm_cEALw_wcB
[72] „Concept for Life Veterinary Diet Hypoallergenic Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/cfl_vet/allergia/794667?activeVariant=794667.9
[73] „Brit Care Dog Sustainable Adult Medium Breed Chicken & Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. szeptember 22. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/brit/care_adult/1427074?activeVariant=1427074.0
[74] „Brit Care Dog Sustainable Sensitive Fish & Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/brit/care_adult/1427320?variantId=1427320.2&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwu-63BhC9ARIsAMMTLXQn-kIXCUhfjasfE-7H0P_f-iGPV4o7iIF37yT7r-LMoJqpusvcuI0aAvtZEALw_wcB&activeVariant=1427320.2
[75] „Greenwoods Insects with Potatoes, Peas & Fava Beans”, Zooplus. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.co.uk/shop/dogs/dry_dog_food/greenwoods/greenwoods_insects_dry/1092037?awc=2940_1723114474_ac2090ac1442ddfe8227b93931159743&activeVariant=1092037.4
[76] „Calibra Veterinary Diet Dog Ultra-Hypoallergenic Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető:

https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/calibra_vet/1909554?activeVariant=1909554.1
[77] „Green Petfood InsectDog hipoallergén”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/green_petfood/insectdog/583700?activeVariant=583700.8
[78] „Green Petfood InsectDog sensitive”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/green_petfood/insectdog/722990?activeVariant=722990.5
[79] „Greenwoods Insects rovarok, sárgarépa, borsó & bab”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/szaraz_kutyatap/greenwoods/greenwoods_insects/1087620?variantId=1087620.6&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwu-63BhC9ARIsAMMTLXTy9uTy6qDmGkU88mt9GZmCqqRYd6w_QYWbSAGybX8YcUOx62mABukaAroIEALw_wcB&activeVariant=1087620.6
[80] „Calibra Veterinary Diets Dog Hypoallergén rovar és lazac”, Abiszoo.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://abiszoo.hu/product-hun-16507-Calibra-Veterinary-Diets-Dog-Hypoallergen-rovar-es-lazac-400g.html?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwu-63BhC9ARIsAMMTLXQGvITxv_t1jmfFdx2fp_ecKnnI6SnRvZR7CyVkNPj6YgEUGCaVSuEaAlSSEALw_wcB
[81] „Concept for Life Insect snack édesburgonyával”, Zooplus.hu. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/jutalomfalat/concept_for_life/insect_snack/1027054?activeVariant=1027054.1
[82] „Concept for Life Insect snack sárgarépával”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/jutalomfalat/concept_for_life/insect_snack/1028009?activeVariant=1028009.1
[83] „Green Petfood InsectDog Denties”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/jutalomfalat/greenpetfood/1905250?variantId=1905250.1%2F-2271685%2F%2BKEDVUJ10&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwu-63BhC9ARIsAMMTLXSREpY9QGnG6BzJ3HGF_WkBRn8u0HS2oFt59a6ZfhdMdi9mkP9obJYaArihEALw_wcB&activeVariant=1905250.0
[84] „Caniland Dog Bones Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/jutalomfalat/canibit/egyeb/1337190?activeVariant=1337190.1
[85] „Vitakraft Insect Stick”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. október 1. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/kutya/jutalomfalat/vitakraft/stickeshuscsik/1003927?activeVariant=1003927.0
[86] „mera Cats Sensitive Adult Insect”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/wahre_liebe/2009449?activeVariant=2009449.0
[87] „Concept for Life Veterinary Diet Hypoallergenic Insect cat”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/concept_for_life_veterinary_diet_macska_szaraz/allergia/791025?activeVariant=791025.5
[88] „Brit Care Cat Grain-Free Insect Food Allergy Management”, Zooplus.hu. Elérés:

2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/brit_cat/brit_care/1418834?activeVariant=1418834.0
[89] „Greenwoods Insects rovarok burgonyával, borsóval és favababbal”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/greenwoods/insects/1869449?activeVariant=1869449.2
[90] „Hill’s Science Plan Adult Hypoallergenic No Grain tojás és rovarfehérje”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/hills_sp/special_care/1901304?activeVariant=1901304.3
[91] „FairCat”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/szaraz_macskatap/green_petfood/1195519?activeVariant=1195519.1
[92] „I love my cat nedves táp macskáknak rovarfehérjével”, hu.zooexperte.com. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://hu.zooexperte.com/nedves-eledel-macskaknak-rovarokkal-6x400g
[93] „GimCat rovar sticks”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/jutalomfalat/gimpet/gimpet_ragorud/2148134?activeVariant=2148134.1
[94] „GimCat Nutri Pockets rovar és macskamenta”, Zooplus.hu. Elérés: 2024. november 17. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/jutalomfalat/gimpet/gimpet_nutri_pockets/2148114?activeVariant=2148114.1
[95] „Brit Care Superfruits & rovarok macskasnack”, Zooplus.hu. [Online]. Elérhető: https://www.zooplus.hu/shop/macska/jutalomfalat/brit/superfruits/1418914?activeVariant=1418914.1
[96] A. J. Charlton *és mtsai.*, „Exploring the chemical safety of fly larvae as a source of protein for animal feed”, *J. Insects Food Feed*, köt. 1, sz. 1, o. 7–16, jan. 2015, doi: 10.3920/JIFF2014.0020.
[97] „Cross Reaction - an overview | ScienceDirect Topics”. Elérés: 2024. október 27. [Online]. Elérhető: https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/cross-reaction
[98] S. Belluco, C. Losasso, M. Maggioletti, C. C. Alonzi, M. G. Paoletti, és A. Ricci, „Edible Insects in a Food Safety and Nutritional Perspective: A Critical Review”, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, köt. 12, sz. 3, o. 296–313, máj. 2013, doi: 10.1111/1541-4337.12014.
[99] J. Tuomisto, „Dioxins and dioxin-like compounds: toxicity in humans and animals, sources, and behaviour in the environment”, *WikiJournal Med.*, köt. 6, sz. 1, o. 8, 2019, doi: 10.15347/wjm/2019.008.
[100] J. Borja, D. M. Taleon, J. Auresenia, és S. Gallardo, „Polychlorinated biphenyls and their biodegradation”, *Process Biochem.*, köt. 40, sz. 6, o. 1999–2013, máj. 2005, doi: 10.1016/j.procbio.2004.08.006.
[101] T. Kunisue *és mtsai.*, „Contamination status and accumulation features of persistent organochlorines in pet dogs and cats from Japan”, *Environ. Pollut.*, köt. 136, sz. 3, o. 465–476, aug. 2005, doi: 10.1016/j.envpol.2004.12.039.
[102] K. Nomiyama, R. Sato, F. Sato, és A. Eguchi, „Accumulation of persistent organic pollutants in the kidneys of pet cats (*Felis silvestris catus*) and the potential implications for their health”, *Sci. Total Environ.*, köt. 933, o. 173212, júl. 2024, doi:

10.1016/j.scitotenv.2024.173212.
[103] K. Nomiyama *és mtsai.*, „Health impact assessment of pet cats caused by organohalogen contaminants by serum metabolomics and thyroid hormone analysis”, *Sci. Total Environ.*, köt. 842, o. 156490, okt. 2022, doi: 10.1016/j.scitotenv.2022.156490.
[104] A. C. Dirtu, S. J. M. Niessen, P. G. Jorens, és A. Covaci, „Organohalogenated contaminants in domestic cats’ plasma in relation to spontaneous acromegaly and type 2 diabetes mellitus: A clue for endocrine disruption in humans?”, *Environ. Int.*, köt. 57–58, o. 60–67, júl. 2013, doi: 10.1016/j.envint.2013.04.004.
[105] „vital insect pro”, mera. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://www.mera-petfood.com/de/hund/produkte/vital-insect-pro-trocken/
[106] „mera pure sensitive Insect Protein”, mera. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://shop.mera-petfood.com/shop/insect-protein
[107] „PERRO Select Insect”, PERRO. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://www.perro.at/en/perro-select-insect/181990
[108] „Concept for Life Veterinary Hypoallergenic - Insect”, bitiba. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://www.bitiba.co.uk/shop/cats/dry_cat_food/concept_for_life_vet_cat_dry/hypoallergenic/1080563?activeVariant=1080563.3
[109] „Insect-based cat food”, imby. Elérés: 2024. augusztus 8. [Online]. Elérhető: https://imbypetfood.com/be-en/product/cat-food
[110] *AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS 2002/32/EK IRÁNYELVE (2002. május 7.) a takarmányban előforduló nemkívánatos anyagokról*.

Diplomamunka konzultációs lap állatorvostan hallgatók részére

A hallgató neve: Kiss Luca

Neptun-kódja: XZLCLK

A témavezető neve és beosztása: Dr. Hetényi Nikoletta, tudományos munkatárs

Tanszék: ÁTLI, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék

A diplomadolgozat címe: Rovartartalmú kutya- és macskatápok.

Konzultáció - 1. félév

	Időpont			Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024	02	10	Konzultáció az irodalmi áttekintésről	
2.	2024	03	10	Konzultáció, szakirodalom gyűjtése	
3.	2024	04	19	Konzultáció, irodalmi áttekintés	
4.	2024	05	10	Konzultáció, irodalmi áttekintés	
5.	2024	05	26	Konzultáció, irodalmi áttekintés	

Érdemjegy az első félév végén: 5 (jeles)

Konzultáció - 2. félév

	Időpont			Téma/Témavezető megjegyzése	Témavezető aláírása
	Év	Hó	Nap		
1.	2024	09	17	Első vázlat átnézése	
2.	2024	10	01	Második vázlat, irodalmi áttekintés	
3.	2024	10	28	Irodalmi áttekintés, gyakorlati felhasználás, előnyök és hátrányok	
4.	2024	11	19	Bevezetés, módszer, következtetések	
5.	2024	11	28	Végső változat	

Érdemjegy a második félév végén: 5 (jeles)

A nyomtatvány a hallgatói és a tanszéki ügyintézői aláírás, valamint az átvétel dátuma nélkül nem érvényes. A konzultációs lap a diplomamunka mellékletét képezi!

A diplomamunka - a szakra vonatkozóan - a Tanulmányi- és Vizsgaszabályzatban, valamint az Útmutató a szakdolgozatok/diplomamunkák készítéséhez című mellékletében leírt követelményeknek megfelel.

A diplomamunka befogadható, védésre alkalmasnak találtam.

Dr. Hutás Nikolett
témavezető aláírása

Hallgató aláírása: .....

Tanszéki előadó aláírása: Bálint Ivett Átvétel dátuma: 2024.12.02.

ÁLLATORVOSTUDOMÁNYI EGYETEM Állatnevelési, Takarmányozástani és Laboratóriumi Tudományi Intézet BUDAPEST

A nyomtatvány a hallgatói és a tanszéki ügyintézői aláírás, valamint az átvétel dátuma nélkül nem érvényes. A konzultációs lap a diplomamunka mellékletét képezi!