

A LISZTBOGÁR (*TENEbrio MOLITOR*) NAGYÜZEMI ELŐÁLLÍTÁSA

HETÉNYI NIKOLETTA

ÖSSZEFOGLALÁS

A lisztbogár (*Tenebrio molitor*) könnyen szaporítható, speciális berendezést vagy tartási körülményt nem igényel. A fejlődés teljes átalakulással történik, a nőtények 400-500 petét raknak. Az egyedfejlődés ütemét jelentősen befolyásolják a környezeti tényezők és a takarmányozás. Ezért a lárvák fejlődése 1-8 hónapig tart és „C” alakba tekeredésük jelzi a bábállapot előtt időszakot. Elhelyezésükre a hálós, illetve perforált aljzattal rendelkező kétszintes műanyag dobozok a legmegfelelőbbek, de használható hagyományos műanyag doboz is. A lisztbogár számára a szénhidrát a legfontosabb tápanyag, ennek hiányában nem fejlődik. Jól alkalmazkodnak a különböző összetételű takarmányokhoz. Erre a célra felhasználható a búzakorpa, akár 100%-ban, de a termelési adatok optimalizálásához érdemes takarmánykeveréket alkalmazni. A lárvák nyersfehérje-tartalmát nem befolyásolja jelentős mértékben a takarmány fehérjetartalma. Ezzel szemben a takarmány nagymértékű hatást gyakorolhat a nyerszsírtartalomra és a zsírsavösszetételre. Mindezek miatt a takarmányösszetételt előállítási céljaink határozzák meg.

SUMMARY

Hetényi, N.: MASS PRODUCTION OF YELLOW MEALWORM (*TENEbrio MOLITOR*)

Global protein demand is increasing, and insects are good alternative protein sources for animals and humans. Yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) is one of the most important farmed insect species; the percentage of edible parts is nearly 100%. The processed animal protein of yellow mealworm larvae is authorised in farm animals (except ruminants) and pet/companion animal feeds. In addition, the dried, frozen, and powder form is authorised as a novel food for human consumption. The larvae are known to have good nutritional value, digestibility, and flavour. Yellow mealworms are easy to breed and raise in large quantities. The life cycle has four stages: egg, larva, pupa, and adult. Females lay approximately 400-500 eggs, which hatch after 3–9 days at 25°C. The larva stage lasts 1–8 months, and the pupal stage for 6-28 days, depending on the environment and nutrition. The life span of adults is 2-3 months. Larvae are 16-32 mm long. The optimal temperature is 25-28°C, and the relative air humidity should be 60-75%. Larvae and beetle can be housed in 15 cm high plastic trays, preventing insects from escaping. Trays with the screened bottom are less labour intensive and frass cannot be accumulated in the tray, favour mite proliferation. Mealworms are negative phototropic; thus, the optimal photoperiod is 10:14-12:12 light: dark but keeping under dark conditions is also acceptable. Larvae can obtain water from the atmosphere. Additionally fresh feeds such as fruits or vegetables can be supplemented for moisture. Larvae and beetles are omnivorous and mainly fed on wheat bran or other cereal bran/flour. Carbohydrates are the most important nutrient for the yellow mealworm (67.3-71.5% in the diet). The crude protein content of the feed can be between 2-32% on dry matter basis, but 20-23% seems to be optimal. The ether extract should be 0.5-10% on dry matter basis. The diet has less influence on the larvae's crude protein content, but it significantly impacts the crude fat level and fatty acid composition.

BEVEZETÉS

A közönséges lisztbogár (*Tenebrio molitor*) a rovarok (*Insecta*) osztályának bogarak (*Coleoptera*) rendjébe, azon belül pedig a gyászbogárfélék (*Tenebrionidae*) családjába tartozik. Világszerte előforduló bogár. Takarmányként, illetve humán élelmiszerként a lárvát használják. Az Európai Unióban — bizonyos korlátozások mellett — jelenleg felhasználható a kérődzők kivételével a haszonállatok és a társállatok, kedvtelésből tartott állatok takarmányozásában (2017/893 EU rendelet). Humán élelmiszerként a fagyasztott, a szárított és por formájú lisztbogár lárvát engedélyezett (2015/2283, 2021/882 és 2022/169 EU Rendelet). A fekete katonalégység után a második legnagyobb mennyiségben előállított rovarfaj.

EGYEDFEJLŐDÉS

A lisztbogár teljes átalakulással fejlődik, amelynek szakaszai a pete, lárvák, báb és kifejlett bogár. A lárvák testhossza 16-32 mm, súlyuk 75-220 g. A lárvák testsúlyra való szelekciója lehetséges, de ez csökkenti a lárvák túlélési arányát (Morales-Ramos és mtsai, 2019). A kifejlett bogarak mérete 12-16 mm, súlyuk pedig hozzávetőleg 136 g (Riberio és mtsai, 2017; Hong és mtsai, 2020). Ezen értékeket befolyásolja a tartási körülmény és a takarmányozás (1. táblázat). Az egyedfejlődés hossza a környezeti hatásoktól függően 57-203 nap. A nőtények alkalmanként 100-200 petét raknak le, életük során összesen 400-500 petét, amelyekből 25°C-on 3-9 nap elteltével kelnek ki a lárvák. Ez a fejlődési szakasz 1-8 hónapig tart, ami alatt 9-23 alkalommal vedlenek. A vedlések számára hatással van a takarmányozás is. A kizárólag búzakorpán tartott lárvák esetében 16 vedlés, míg a búzakorpa-száritott burgonya-tojásfehérje keveréken tartva 10 vedlés után bábozódtak be (Morales-Ramos és mtsai, 2010). A bábállapot előtt időszakot jelzi, hogy „C” alakba tekerednek. A bábállapot 6-28 napig tart, hosszát elsősorban a környezeti hőmérséklet befolyásolja. A frissen kikelt bogarak kezdetben fehér színűek majd fokozatosan sötétedik a színük a kitin megszilárdulásával párhuzamosan. Három nap elteltével kezdődik a peterakás és a kifejlett bogarak élettartama 2-3 hónap (Riberio és mtsai, 2017; Hong és mtsai, 2020). Az életkor előrehaladtával a bogarak reprodukciós teljesítménye csökken (Adamaki-Sotiraki és mtsai, 2022; Frooninckx és mtsai, 2022).

ZÁRTTÉRI TENYÉSZTÉS

A lisztbogár könnyen szaporítható, speciális berendezést vagy tartási körülményt nem igényel. Elhelyezésükre megfelel egy 65x50x15 cm-es műanyag doboz, amiből a kifejlett bogarak sem tudnak kimászni (Dossey és mtsai, 2016). Mivel repülni nem tudnak, így nem kell lefedni az edényeket (van Huis és Tomberlin, 2017). A bogarak számára felületnövelőt, pl.: tojástartó kell biztosítani. A zárt aljú műanyag dobozos rendszer olcsó, ugyanakkor hátránya, hogy az ürülék felhalmozódik benne, ami kedvez az atkák elszaporodásának. Munkaigényessé teszi használatukat, hogy a lerakott peték az alomanyagban maradnak. Ezzel szemben a hálós, illetve perforált aljzattal (nagyjából 0,5 mm-es) rendelkező dobozok használatakor ezeket a problémákat kiküszöbölhetjük. Itt a kétszintes dobozrendszer felső szintjén vannak

a bogarak vagy a lárvák, az alatta lévő edénybe pedig lehullik az ürülék, a peték, illetve a fiatal, kisméretű lárvák. Ilyen dobozok alkalmazásakor nem használható liszt állagú takarmány, mert az is az alsó szintre hullana (Dossey és mtsai, 2016).

Nagyüzemi körülmények között 25-28°C az optimális környezeti hőmérséklet. Az egyes életszakaszok hőmérsékletigénye között nincs különbség. A tolerálható tartomány, amelyen belül még fejlődnek a rovarok, 10-35°C, de a két szélső érték felé közeledve lassul a növekedési ütem. A környezeti hőmérséklet hatással van a lárvák fehérje- és zsírtartalmára, valamint a zsírsavösszetételre is (Bjerge és mtsai, 2018; Adámková és mtsai, 2020). A hőmérséklet növekedésével a zsírtartalom emelkedik (15°C-on 24,1%; 31°C-on 31,6%), a fehérjetartalom pedig csökken (15°C-on 57,8%; 31°C-on 37,9%; Bjerge és mtsai, 2018). A páratartalom tekintetében 60-75% megfelelő. A nagyobb páratartalom akár kedvezően is befolyásolhatja a lárvák fejlődését, de hajlamosít a penészgomba fertőzésre és az atkák elszaporodására (Riberio és mtsai, 2017).

A lisztbogarakat és lárvákat negatív fototropizmus jellemzi. Az alomanyagban, a felszínhez közel helyezkednek el és csak sötétben másznak annak felszínére. A bábozódás beindulásához napi 10-12 óra sötétség szükséges (Riberio és mtsai, 2017). Ugyanakkor Eberle és mtsai (2022) a legjobb túlélési arányt és növekedési ütemet a legrövidebb fejlődési idő mellett 25 és 30°C-on mérték teljes sötétségben. Kröncke és mtsai (2022) szintén alkalmasnak találták a megvilágítás nélküli elhelyezést.

A lárvák nagy egyedsűrűsége késlelteti vagy megakadályozza a bebábozódást, valamint lassítja a lárvák növekedési ütemét és csökkenti a báb súlyát. Ezen felül megfigyelték a mortalitás, illetve a kannibalizmus növekedését és a romló takarmányértékesítést, ez tehát összességében az előállítási költségek növekedésével jár. A bogarak nagy egyedsűrűsége csökkenti az élettartamot és növeli a felnőtt bogarak által elfogyasztott peték számát (Dossey és mtsai, 2016; Frooninckx és mtsai, 2022). Nagyüzemi körülmények között megfelelő lehet a 0,94 bogár/cm² és 1,18 lárv/cm² egyedsűrűség (Dossey és mtsai, 2016). A lisztbogár és lárv termelési adataira és élettani paramétereire a tartási körülmények mellett jelentős hatása van a takarmányozásnak is (1. és 3. táblázat). A beltenyésztésből származó hím bogarak szaga kevésbé vonzó a nőstények számára, míg a hímek esetében nem figyeltek meg hasonló különbséget (Pölkki és mtsai, 2012).

TAKARMÁNYOZÁS ÉS TENYÉSZTÉSI EREDMÉNYEK

A tenyésztett rovarok esetében is alkalmazni kell a haszonállatokra vonatkozó takarmányozási tilalmat (999/2001 és 1069/2009 EU rendeletek). Ennek értelmében ételmaradékot, húst és halat tartalmazó élelmiszereket nem lehet felhasználni. Habár a lárvák csirketrágyán tartva is megfelelően fejlődnek és a bogarak szaporodási mutatói is kedvezőek, de a jelenlegi szabályozás mellett ilyen alomanyagot sem lehet felhasználni (Silva és mtsai, 2021).

A lisztbogár alkalmazkodott a szélsőségesen száraz környezethez. A lárvák képesek a takarmányban vagy környezetben lévő víz mellett a levegő nedvességtartalmát is felvenni. Ettől függetlenül az optimális fejlődés érdekében szükséges valamilyen vízforrást (pl.: friss zöldség vagy gyümölcs, nedves takarmány) biztosítani számukra. A bogaraknak a felületnövelésre használt tojástartóra érdemes

helyezni a lédús takarmányt, de a maradékot naponta el kell távolítani (*Riberio és mtsai*, 2017)

Morales-Ramos és mtsai (2020) a lárvák szabad takarmányválasztása alapján arra a következtetésre jutottak, hogy az optimális zsír:fehérje:szénhidrát arány átlagosan $10 \pm 4:24 \pm 4:66 \pm 6\%$. *Kröncke és mtsai* (2022) a 8,6-10% zsír-, 19,9-22,8% fehérje- és 67,3-71,5% szénhidráttartalmú keveréket alkalmazásakor érték el a legjobb eredményt.

A legszélesebb körben használt alomanyag a búzakorpa, amely akár kizárólagos takarmányként is adható (*Dossey és mtsai*, 2016; *Melis és mtsai*, 2019; *Bordiean és mtsai*, 2020; *Rumbos és mtsai*, 2020; *Zim és mtsai*, 2021; *Jajíc és mtsai*, 2022). *Bordiean és mtsai* (2020) a legnagyobb egyedi lárvasúlyt a 100%-os búzakorpával érték el, amit az extrahált repcedara és 20%-os fehérjetartalmú csirketáp 75-25%-os keveréke és a búzakorpa-csirketáp 50-50%-os keveréke követett. A lisztbogár számára a szénhidrát a legfontosabb tápanyag, ennek hiányában nem fejlődik (*Dossey és mtsai*, 2016; *Riberio és mtsai*, 2017). *Kröncke és mtsai* (2022) egy önkéntes takarmányválasztáson alapuló vizsgálatban a 67,3-71,5% között szénhidráttartalmat találták optimálisnak. Nem minden szénhidrátforrás megfelelő, mert a kukoricagluténen vagy amaránt magon tartott bogarak nem szaporodtak (*Rumbos és mtsai*, 2020). A rizs-, árpa- és kölespehely alkalmazásakor kevesebb élő lárvát sikerült nyerni, mint a búzakorpa esetében (1. táblázat). Rozspehely etetésekor pedig kisebb számú, de nagyobb méretűre nőtt lárvát gyűjtöttek be az inkubációs idő végén. A hüvelyesek lisztjei növelték a bogarak mortalitását és csökkentették a lárvaszámot. Ezen a takarmánycsoporton belül a csicseriborsó- és a lencseliszt eredményezte a legnagyobb lárvasúlyt, míg a szójaliszt ebből a szempontból nem volt előnyös.

Rumbos és mtsai (2020) vizsgálatából kiderült, hogy a takarmány fizikai formája is hatása van a termelési mutatókra (1. táblázat). Annak ellenére, hogy a kölespehely és a szemes köles táplálóanyag-tartalma megegyezik, a pehely kedvezőbben hatott a bogarak termelési mutatóira, míg a szemes forma a lárvák súlygyarapodását javította. *Naser El Deen és mtsai* (2022) a különböző részecskeméretű takarmányok (0-0,8; 0,8-2; 2-3; 3-4 mm; búzakorpa, pelletált csirketáp, darált kukorica, lucerna pellet) hatását vizsgálták a lárvák növekedési ütemére. A lucerna pellet kivételével a 2 mm alatti szemcseméret szignifikánsan növelte a lárvák súlygyarapodását.

A takarmány fehérjetartalma 2-32% között mozoghat, de a 20-22% körüli szint optimális (*Ramos-Elorduy és mtsai*, 2002; *Kröncke és mtsai*, 2022). Limitáló aminosavak a treonin és a triptofán (*Riberio és mtsai*, 2017). Csupán gyenge pozitív korreláció figyelhető meg a táp fehérjetartalma és a lárvák fehérjetartalma között (*Rumbos és mtsai*, 2020; *Jajíc és mtsai*, 2022). A táp energiatartalma, valamint a lárvák egyedsúlya között nincs összefüggés, viszont nagy fehérjetartalmú táp kedvezően hat a növekedési ütemre (*Rumbos és mtsai*, 2020). Ennek ellenére *Rumbos és mtsai* (2020) azt tapasztalták, hogy a hüvelyesek lisztjei nagy fehérjetartalmuk ellenére a legtöbb esetben kedvezőtlenül hatottak a lárvák súlygyarapodására (1. táblázat). Az egyik legrosszabb eredményt a szójaliszt adta, amire magyarázatot adhat a szójában található tripszin inhibitor jelenléte, amennyiben azt hőkezeléssel nem eliminálták. A maximális növekedési ütemhez szükséges aminosavigényen felüli bevitel szintén negatívan hat a súlygyarapodásra, mert a feleslegben felszívódott aminosavak anyagcseréje energiaigényes folyamat.

1. táblázat

Különböző takarmányok hatása a *Tenebrio molitor* termelési mutatóira

Takarmány (1)	Bogarak mortalitása (%) ^{*(2)}	Élő lárvák száma ^{** (3)}	Egyedi lárvasúly szárítva (mg) ^{** (4)}	ECl (%) ^{** (5)}
Árpa liszt (6)	3,3±2,1	52,0±7,2	3,3±0,4	8,0±1,0
Kukorica liszt (7)	6,7±3,3	120,7±19,9	0,6±0,1	5,2±0,4
Kukorica keményítő (8)	3,3±2,1	103,8±24,9	0,4±0,1	3,0±0,7
Durumbúza liszt (9)	6,7±3,3	123,0±20,6	4,3±0,9	16,9±1,4
Kölesliszt (10)	1,7±1,7	49,5±13,1	0,3±0,1	1,8±0,3
Kölespehely (11)	3,3±2,1	102,7±7,9	0,6±0,1	5,5±0,6
Zabliszt (12)	16,7±4,9	153,5±5,4	0,7±0,1	5,6±0,2
Zabkorpa (13)	3,3±2,1	70,3±9,8	0,8±0,1	9,9±0,3
Zabpehely (14)	0,0±0,0	69,8±11,9	1,6±0,4	6,8±0,8
Rizsliszt (15)	1,7±1,7	51,5±6,4	1,0±0,3	3,1±0,7
Rozsliszt (16)	6,7±3,3	149,3±13,4	1,0±0,1	4,9±0,4
Rozspehely (17)	3,3±0,0	20,7±5,2	8,3±1,1	11,6±0,5
Búzaliszt (18)	3,3±2,1	107,5±37,1	2,1±0,5	5,6±1,7
Búzakorpa (19)	6,7±2,6	183,8±11,3	8,2±0,9	14,9±0,4
Teljes kiőrlésű búzaliszt (20)	-	56,2±19,9	1,8±0,2	4,6±0,9
Tönkölybúza liszt (21)	8,3±4,8	121,3±18,9	2,5±0,1	9,2±0,6
Hajdina pehely (22)	3,3±3,3	21,3±1,4	1,5±0,4	6,0±0,9
Hajdina liszt (23)	10,0±2,6	155,0±15,1	1,4±0,0	8,7±0,6
Csicseriborsó liszt (24)	15,0±4,3	90,5±21,8	1,1±0,1	7,1±0,5
Lencseliszt (25)	30,0±8,2	71,7±10,3	1,4±0,1	8,6±0,7
Szójaliszt (26)	48,5±9,9	6,7±3,3	0,6±0,1	2,5±0,5
Tojótáp (27)	6,7±3,3	149,2±25,3	11,1±1,9	15,5±0,7
Tejpor (28)	5,0±3,4	28,0±6,9	0,5±0,1	7,1±5,5
Tojáspor (29)	13,3±4,2	4,7±1,2	0,8±0,1	1,9±1,1
Tejpótló tápszer (30)	48,3±13,5	180±24,9	3,1±0,5	14,0±0,5

*1 hét elteltével, **9 hét inkubáció után, ECl = Efficiency of conversion of ingested feed (elfogyasztott takarmány átalakításának hatékonysága)

Forrás: Rumbos és mtsai (2020)

Table 1. Effects of substrates on mealworm production

substrate (1); adult mortality (*after 1-week) (2); number of alive larvae (**after 9 weeks) (3); individual larval dry weight (4); efficiency of ingested food conversion (ECl) (5); barley meal (6); corn flour (7); corn starch (8); durum wheat flour (9); millet flour (10); millet flakes (11); oat flour (12); oat bran (13); oat flakes (14); rice flour (15); rye flour (16); rye flakes (17); wheat flour (18); wheat bran (19); whole meal flour (20); zea flour (21); buckwheat flakes (22); buckwheat flour (23); chickpea flour (24); lentil flour (25); soya meal (26); egg-layer hen feed (27); milk powder (28); egg whole powder (29); milk-based feed (30)

A hüvelyesek nagyobb lektintartalma a keményítőben gazdag alapanyagokkal szemben szintén magyarázatot adhat az eredményekre. A bogarak szaporodási mutatóira kedvezőbben hatottak a keményítőben gazdagabb takarmányok, mint a hüvelyesek (Rumbos és mtsai, 2020). A legnagyobb lárvaszámot a búzakorpa, a tejpótló tápszer, a tojótáp, valamint a hajdina- és rozsliszt eredményezte (1. táblázat). Több vizsgálat alapján a tojótáp vagy brojlercsirke táp is kedvező termelési adatokat eredményez (Bordiean és mtsai, 2020; Rumbos és mtsai, 2020; Zim és mtsai, 2021). Az egyes fejlődési szakaszok aminosavigénye azonos (Oonincx és Finke, 2020). A fehérjetartalom növelése csökkenti a lárvák fejlődési idejét és növelheti azok súlyát (Morales-Ramos és mtsai, 2011, 2013; van Broekhoven és mtsai, 2015). A lisztbogár számára megfelelő a 0,5-10% közötti nyerszsírtartalom.

A lárvák jól tolerálják a takarmányban (pl. sörtörköly) lévő emészthető rostokat, mivel emésztőrendszerükben megtalálható a celluláz enzim (Genta és mtsai, 2009; Melis és mtsai, 2019). A lisztbogár és lárvá vitaminigényéről keveset lehet tudni, az 1940-es és 50-es években végeztek ezzel kapcsolatban kísérleteket. Ezek alapján elmondható, hogy bizonyos B-komplexbe tartozó vitaminok (tiamin, riboflavin, piridoxin, niacin, pantoténsav) hiányában nincs fejlődés. Biotin és folsav ellátás nélkül pedig nagymértékben lelassul a növekedés. Valószínűleg ezért is előnyös takarmány a búzakorpa. Az A-, C-, D-, E- és K-vitamin kiegészítésnek nincs kimutatható pozitív hatása. Amennyiben a lárvák már elérték a kifejlett állapotot, vitaminkiegészítés nélkül is lezajlik a bábozódás (Riberio és mtsai, 2017).

A rovarok takarmányértékesítésének vizsgálatakor is használható a haszonállatoknál alkalmazott fajlagos takarmányhasznosítás (FCR = Feed Conversion Ratio). Entomológusok azonban inkább az elfogyasztott takarmány átalakításának hatékonyságával (ECI = Efficiency of Conversion of Ingested food) számolnak, ami a súlygyarapodás/elfogyasztott takarmány $\cdot 100$ (Waldbauer, 1968). A lisztbogár lárvá esetében az FCR és ECI értékek is széles határok között mozognak a takarmánytól függően (1., 2. és 3. táblázat). A kevés fehérjét, illetve a kevés fehérjét és szénhidrátot tartalmazó táp rontja a takarmányhasznosítást (Oonincx és mtsai, 2015; van Broekhoven és mtsai, 2015; Bordiean és mtsai, 2020). Bordiean és mtsai (2020) a 100% búzakorpa, 100% csirketáp, 100% extrahált repcedara, valamint a repcedara vagy búzakorpa és csirketáp különböző arányú keverékei esetében nem találtak szignifikáns különbséget az FCR értékek között (1,55-2,08). Az ECI esetében azonban szignifikáns eltérések voltak, a legnagyobb 23,9%-ot a repcedara-csirketáp 25-75%-os keveréke eredményezte.

A TAKARMÁNYOZÁS HATÁSA A LISZTKUKAC TESTÖSSZETÉTELÉRE

A takarmány összetételének változtatásával módosítható a lárvák testösszetétele. A takarmány zsírtartalmának növelése hatással van a zsírsavösszetételre, de nem befolyásolja a lárvá vagy a báb zsírtartalmát (Dreassi és mtsai, 2017, 2. táblázat). A búzakorpához képest a sörtörköly etetése jelentősen növelte a többszörösen telítetlen, de csökkentette az egyszerűen telítetlen zsírsavak mennyiségét.

Van Broekhoven és mtsai (2015) különböző takarmányok (sok fehérje [24,0%] + sok szénhidrát [28,4%]; sok fehérje [32,5%] + kevés szénhidrát [7,4%]; kevés fehérje [10,7%] + sok szénhidrát [46,7%]; kevés fehérje [20,0%] + kevés szénhidrát [19,4%] és kontrollcsoport [15,5% fehérje és 23% szénhidrát]) hatását vizsgálva

2. táblázat

Különböző takarmányok hatása a *Tenebrio molitor* lárvá testösszetételére

	Búzakorpa (1)	Sörtörköly (2)	Zabliszt (3)	Búzalisztból készült kenyér (4)
Nyersfehérje (% eredeti anyagban) (5)	13,35 ± 0,08	14,78 ± 0,30	–	–
Nyerszsír (% eredeti anyagban) (6)	12,42 ± 0,13	6,39 ± 0,09	–	–
Palmitinsav (% zsírsav) (7)	17,78 ± 0,33	18,04 ± 0,08	20,25 ± 1,13	19,46 ± 0,37
Olajsav (% zsírsav) (8)	43,67 ± 0,50	21,58 ± 0,12	43,56 ± 0,21	44,53 ± 1,28
Linolsav (% zsírsav) (9)	27,90 ± 0,38	47,38 ± 0,22	22,49 ± 0,94	19,71 ± 0,87
Linolénsav (% zsírsav) (10)	1,44 ± 0,03	3,30 ± 0,05	0,55 ± 0,19	0,28 ± 0,08
Telített zsírsavak (% zsírsav) (11)	22,96 ± 0,21	24,38 ± 0,72	29,33 ± 0,26	30,94 ± 0,66
Egyszeresen telítetlen zsírsavak (% zsírsav) (12)	47,29 ± 0,47	24,35 ± 0,29	46,81 ± 0,83	48,26 ± 1,03
Többszörösen telítetlen zsírsavak (% zsírsav) (13)	29,86 ± 0,22	51,38 ± 0,57	23,58 ± 1,06	20,48 ± 0,90
FCR (%) (14)	5,48 ± 0,19	4,35 ± 0,45	–	–

FCR = Feed conversion ratio (fajlagos takarmányhasznosítás)

Forrás: Dreassi és mtsai (2017); Melis és mtsai (2019)

Table 2. Composition of *Tenebrio molitor* larvae fed with various substrates

wheat bran (1); brewer's grain (2); oat flour (3); wheat flour bread (4); crude protein (on a fresh weight basis) (5); ether extract (6); palmitic acid (% fatty acid) (7); oleic acid (8); linoleic acid (9); linolenic acid (10); saturated fatty acids (11); monounsaturated fatty acids (12); polyunsaturated fatty acids (13); feed conversion ratio (14)

arra jutottak, hogy a lárvák fehérjetartalma csak minimálisan változott, a zsírtartalomra és a zsírsavösszetételre viszont jelentős hatása volt a takarmányoknak (3. táblázat). Az adatokból látható, hogy fehérjehiányos takarmány alkalmazásakor lassul a lárvák fejlődési üteme (van Broekhoven és mtsai, 2015). Hasonló következtetésre jutottak Oonincx és mtsai (2015) is, de vizsgálatukban a túlélési arányt is jelentősen rontotta a fehérjében szegényebb táp (12,9 és 14,4%).

A kifejlett lárvák fehérje- és zsírtartalma széles határok között mozoghat, még a búzakorpán tartott lárvák esetében is jelentősen eltérnek a vizsgálati eredmények (4. táblázat). Jajić és mtsai (2022) a legnagyobb fehérje- és legkisebb zsírtartalmat búzakorpával érték el. A kitenben gazdag kutikulában jelentős mennyiségben fehérje is található. A savdetergens rostfrakció (ADF) az aminosavak közül főleg valint, hisztidint és glicint tartalmaz nagyobb mennyiségben (Finke, 2007). A bogarak glicinben és triptofában, míg a lárvák leucinban, fenilalaninban és tirozinban

3. táblázat

Különböző fehérje- és szénhidráttartalmú takarmányok hatása a lisztbogár testösszetételére és termelési adataira

Takarmány (1)	Nyers-fehérje (2)	Nyers-zsír (3)	FCR (5)	Fejlődési idő (nap) (6)	Túlélés (%)* (7)	Linolsav (8)	Linolén-sav (9)
	% szárazanyag (4)					% zsírsav (10)	
sok fehérje + sok szénhidrát (11)	48,6	26,3	3,04	79±3,2	88±5,2	20,99	0,67
sok fehérje + kevés szénhidrát (12)	47,5	27,6	2,62	95±3,2	92±2,6	31,25	1,29
kevés fehérje + sok szénhidrát (13)	46,9	18,9	6,05	168±11,5	88±0,9	15,45	–
kevés fehérje + kevés szénhidrát (14)	–	–	–	95±7,1	84±10,5	–	–
kontrollcsoport (15)	45,1	25,0	3,44	123±2,4	86±9,6	27,83	1,48

^{*}50%-os bábozódási arány elérésekor, FCR = Feed conversion ratio (fajlagos takarmányhasznosítás)

Forrás: van Broekhoven és mtsai (2015)

Table 3. Composition of *Tenebrio molitor* larvae fed with various substrates

substrate (1); crude protein (2); ether extract (3); on dry matter basis (4); feed conversion ratio (5); development time (day) (6); survival (^{*}at 50% pupation rate) (7); linoleic acid (8); linolenic acid (9); in % of fatty acids (10); high protein + high carbohydrate (11); high protein + low carbohydrate (12); low protein + high carbohydrate (13); low protein + low carbohydrate (14); control group (15)

gazdagabbak. A fehérjetartalmakkal kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy a mérések során a nyersfehérje meghatározáshoz általában a 6,25-ös szorzóval számolnak, ami a rovarok jelentős NPN-tartalma miatt túlbecsült érték (Janssen és mtsai, 2017; Boulos és mtsai, 2020; Ritvanen és mtsai, 2020). Irodalmi adatok alapján ezen érték a lisztbogár lárvá esetében 4,75 (Janssen és mtsai, 2017), illetve 5,41 (Boulos és mtsai, 2020). A fejlődő lárvá nyerszsírtartalma fokozatosan emelkedik majd a kifejlett bogár esetében csökken, mert a bábállapot során ez a fő energiaforrás (Oonincx és Finke, 2021).

Humán táplálkozási szempontból a lárvá zsírsavösszetétele a kedvezőtlen $\omega 6$: $\omega 3$ arány miatt nem optimális (2. és 3. táblázat). Célrányos takarmányozással azonban növelhető az élettani szempontból kedvező $\omega 3$ zsírsavak mennyisége. Erre alkalmas lehet a lenmag, a lenmagolaj és a chia mag (Francardi és mtsai, 2017; Melis és mtsai, 2019; Oonincx és mtsai, 2020; Lawal és mtsai, 2021). Az ideálisnak tekintett 5:1-es arány vagy ahhoz közeli érték elérhető 10% lenmagliszt vagy 10% chia mag takarmányba keverésével (Francardi és mtsai, 2017; Lawal és mtsai, 2021).

A lárvák szénhidráttartalma elhanyagolható, 1-7% közötti, és elsősorban az emésztőrendszerben maradt takarmányt jelenti (Oonincx és Finke, 2021). A legtöbb tenyésztett rovarhoz hasonlóan (Finke, 2002, 2013) a lisztbogár lárvák is szegények kalciumban (<1-2,5 g/kg), de foszforban gazdagok (7-8 g/kg). A vedlések száma befolyásolja az ásványianyag-tartalmat. A második vedlés utáni szakaszban a legnagyobb a Ca- (0,736 g/kg), Fe- (250 mg/kg), K- (14,6 g/kg), Mn- (18,9 mg/kg),

4. táblázat

A lisztbogár lárvá táplálóanyag-tartalma

Forrás (1)	Nyersfehérje (2)	Nyerszsír (3)	Nyershamu (4)	Takarmány (6)
	% szárazanyag (5)			
<i>Ravzanaadii és mtsai</i> (2012)	46,4	32,7	2,9	búzakorpa és zöldségek (7)
<i>Zhao és mtsai</i> (2016)	51,5 ± 0,51	32,9 ± 0,9	4,9 ± 0,07	búza, búzakorpa, répa (8)
<i>Zielińska és mtsai</i> (2015)	43	40,9	3,4	ismeretlen, kereskedőtől vásárolt lárvák (9)
<i>Oonincx és mtsai</i> (2015)	44,4	26,8±1,9	–	sütemény maradék (50%), kenyér (50%) (10)
	53,6±0,3	22,5±1,1	–	gabona (60%), sörélesztő (20%), sütemény maradék (20%) (11)
<i>Lenaerts és mtsai</i> (2018)	63,9	–	4,4	ismeretlen, kereskedőtől vásárolt lárvák (12)
<i>Megido és mtsai</i> (2018)	52,3	18,2	4,7	búzaliszt, sörtörköly, búzakorpa (13)
<i>Heidari-Parsa és mtsai</i> (2018)	60,2±1,08	19,1±0,3	4,2±0,3	zabpehely és zöldségek (14)
<i>Jajić és mtsai</i> (2022)	71,2 ± 1,1	6,1 ± 1,1	7,5 ± 0,2	búzakorpa (15)
	38,9 ± 0,2	45,2 ± 0,4	3,5 ± 0,02	árpa (16)

Table 4. Composition of *Tenebrio molitor* larvae

reference (1); crude protein (2); ether extract (3); crude ash (4); on dry matter basis (5); feed (6); wheat bran, vegetables (7); wheat, wheat bran, carrot (8); unknown, commercial larvae (9); cookie remains (50%), bread (50%) (10); cereal grains (60%), brewer's yeast (20%), cookie remains (20%) (11); unknown, commercial larvae (12); wheat flour, brewer's grain, wheat bran (13); oat flakes, vegetables (14); wheat bran (15); barley (16)

Na- (2,1 mg/kg), S- (9,1 g/kg) és Zn- (171 mg/kg) tartalom (*Simon és mtsai*, 2013). A kis és közepes méretű lárvák esetében elérhető az 1:1-es Ca:P, ha a felhasználás előtti 48 órában 8% Ca-ot tartalmazó tápot alkalmazunk (*Hunt és mtsai*, 2001). A lárvák vitamintartalmáról és annak a takarmányozással való kapcsolatáról még kevés információ áll rendelkezésre (*Oonincx és Finke*, 2021). A D-vitamin tartalom UVB sugárzás biztosítása mellett meghaladhatja a 6000 NE/kg-ot (*Oonincx és mtsai*, 2018). Az E-vitamin szint <22-116 NE/kg között mozoghat, de a kereskedelmi forgalomban kapható rovarokban általában <37 IU/kg (*Finke*, 2015; *Oonincx és mtsai*, 2018).

KÖVETKEZTETÉSEK

A lisztbogár az egyszerűen tenyészthető rovarok közé tartozik, szükségleti értékei viszonylag jól ismertek és könnyen alkalmazkodik a különböző összetételű takarmányokhoz. Mivel a takarmány összetétele hatással van a lárvák táplálóanyag-tartalmára és élettartamára, valamint a bogarak szaporodásbiológiai mutatóira is, a takarmányösszetételt előállítási céljaink határozzák meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- 999/2001 EU rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács 999/2001/EK rendelete (2001. május 22.) egyes fertőző szivacsos agyvelőbántalmak megelőzésére, az ellenük való védekezésre és a felszámolásukra vonatkozó szabályok megállapításáról.
- 1069/2009 EU rendelet: 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).
- 2017/893 EU rendelet: A Bizottság 2017/893 rendelete (2017. május 24.) a 999/2001/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet I. és IV. mellékletének a 142/2011/EU bizottsági rendelet X., XIV. és XV. mellékletének a feldolgozott állati fehérjére vonatkozó rendelkezések tekintetében történő módosításáról.
- 2015/2283 rendelet: Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2015/2283 rendelete (2015. november 25.) az új élelmiszerekről, az 1169/2011/EU európai parlamenti és tanácsi rendelet módosításáról, valamint a 258/97/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet és az 1852/2001/EK bizottsági rendelet hatályon kívül helyezéséről (EGT-vonatkozású szöveg)
- 2021/882 rendelet: A Bizottság (EU) 2021/882 végrehajtási rendelete (2021. június 1.) a szárított *Tenebrio molitor* lárvá (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg)
- 2022/169 rendelet: A Bizottság (EU) 2022/169 végrehajtási rendelete (2022. február 8.) a közönséges lisztbogár fagyasztott, szárított és por formában lévő lárvája (*Tenebrio molitor* lárvá (EU) 2015/2283 európai parlamenti és tanácsi rendelet szerinti, új élelmiszerként történő forgalomba hozatalának engedélyezéséről és az (EU) 2017/2470 bizottsági végrehajtási rendelet módosításáról (EGT-vonatkozású szöveg)
- Adamaki-Sotiraki, C. – Rumbos, C. I. – Athanassiou, C. G. (2022): Strain effect on the adult performance of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor* L. J. Insects Food Feed, 8. 1401-1410.
- Adámková, A. – Miček, J. – Adámek, M. – Borkovcová, M. – Bednářová, M. – Hlobilová, V. – Knížková, I. – Juríková T. (2020): *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) - Optimization of rearing conditions to obtain desired nutritional values. J. Insect Sci., 20. 24.
- Bjerge, J. D. – Overgaard, J. – Malte, H. – Gianotten, N. – Heckmann, L. H. (2018): Role of temperature on growth and metabolic rate in the tenebrionid beetles *Alphitobius diaperinus* and *Tenebrio molitor*. J. Insect Physiol., 107. 89-96.
- Boulos, S. – Tännler, A. – Nyström, L. (2020): Nitrogen-to-protein conversion factors for edible insects on the swiss market: *T. molitor*, *A. domesticus*, and *L. migratoria*. Front. Nutr., 7. 89.
- Bordiean, A. – Krzyżaniak, M. – Stolarski, M. J. – Peni, D. (2020): Growth potential of yellow mealworm reared on industrial residues. Agriculture, 10. 599.
- Dossey, A. T. – Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. (eds.) (2016): Insects as sustainable food ingredients: production, processing and food applications. Academic Press, San Diego, CA.
- Dreassi, E. – Cito, A. – Zanfini, A. – Materozzi, L. – Botta, M. – Francardi, V. (2017): Dietary fatty acids influence the growth and fatty acid composition of the yellow mealworm *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Lipids, 52. 285-294.
- Eberle, S. – Schaden, L.M. – Tintner, J. – Stauffer, C. – Schebeck, M. (2022): Effect of temperature and photoperiod on development, survival, and growth rate of mealworms (*Tenebrio molitor*). Insects, 13. 321.
- Finke, M. D. (2002): Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. Zoo Biol., 21. 286-293.
- Finke, M. D. (2007): Estimate of chitin in raw whole insects. Zoo Biol., 26. 105-115.
- Finke, M. D. (2013): Complete nutrient content of four species of feeder insects. Zoo Biol., 32. 27-36.
- Finke, M. D. (2015): Complete nutrient content of four species of commercially available feeder insects fed enhanced diets during growth. Zoo Biol., 34. 554-564.

- Frooninckx, L. – Berrens, S. – Van Peer, M. – Wuyts, A. – Broeckx, L. – Van Miert, S. (2022): Determining the effect of different reproduction factors on the yield and hatching of *Tenebrio Molitor* eggs. *Insects*, 13. 615.
- Francardi, V. – Cito, A. – Fusi, S. – Botta, M. – Dreassi, E. (2017): Linseed to increase n-3 fatty acid in *Tenebrio molitor* (Coleoptera Tenebrionidae). *Redia*, 100. 73-76.
- Genta, F. A. – Bragatto, I. – Terra, W. R. – Ferreira, C. (2009): Purification, characterization and sequencing of the major β -1,3-glucanase from the midgut of *Tenebrio molitor* larvae. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, 39. 861-874.
- Heidari-Parsa, S. – Imani, S. – Fathipour, Y. – Kheiri, F. – Chamani, M. (2018): Determination of yellow mealworm (*Tenebrio molitor*) nutritional value as an animal and human food supplementation. *Arthropods*, 7. 94-102.
- Hong, J. – Han, T. – Kim, Y. Y. (2020): Mealworm (*Tenebrio molitor* Larvae) as an alternative protein source for monogastric animal: A review. *Animals*, 10. 2068.
- Hunt, A. S. – Ward, A. W. – Ferguson, G. W. (2001): Effects of a high calcium diet on gut loading in varying ages of crickets (*Acheta domestica*) and meal-worms (*Tenebrio molitor*). *Proceedings of the 4th Conference on Zoo and Wildlife Nutrition*. Lake Buena Vista, Florida. 94–99.
- Janssen, R. H. – Vincken, J. P. – van den Broek, L. A. – Fogliano, V. – Lakemond, C. M. (2017): Nitrogen-to-protein conversion factors for three edible insects: *Tenebrio molitor*, *Alphitobius diaperinus*, and *Hermetia illucens*. *J. Agric. Food. Chem.*, 65. 2275-2278.
- Jajić, I. – Krstović, S. – Petrović, M. – Urošević, M. – Glamočić, D. – Samardžić, M. – Popović, A. – Guljaš, D. (2022): Changes in the chemical composition of the yellow mealworm (*Tenebrio molitor* L.) reared on different feedstuffs. *J. Anim. Feed Sci.*, 31. 191-200.
- Kröncke, N. – Benning, R. (2022): Self-selection of feeding substrates by *Tenebrio molitor* larvae of different ages to determine optimal macronutrient intake and the influence on larval growth and protein content. *Insects*, 13. 657.
- Lawal, K. – Kavle, R. – Akanbi, T. – Miroso, M. – Agyei, D. (2021): Enrichment in specific fatty acids profile of *Tenebrio molitor* and *Hermetia Illucens* larvae through feeding. *Future Food*, 3. 1-7.
- Lenaerts, S. – Van Der Borgh, M. – Callens, A. – Van Campenhout, L. (2018): Suitability of microwave drying for mealworms (*Tenebrio molitor*) as alternative to freeze drying: Impact on nutritional quality and colour. *Food Chem.*, 254. 129-136.
- Megido, C. R. – Poelaert, C. – Ernens, M. – Liotta, M. – Blecker, C. – Danthine, S. – Tyteca, E. – Haubruge, É. – Alabi, T. – Bindelle, J. (2018): Effect of household cooking techniques on the microbiological load and the nutritional quality of mealworms (*Tenebrio molitor* L. 1758). *Food Res. Int.*, 106. 503-508.
- Melis, R. – Braca, A. – Sanna, R. – Spada, S. – Mulas, G. – Fadda, M. L. – Sassu, M. M. – Serra G. – Aneddaet, R. (2019): Metabolic response of yellow mealworm larvae to two alternative rearing substrates. *Metabolomics*, 15. 113.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro-Ilan D. I. – Tedders W. L. (2010): Developmental plasticity in *Tenebrio mamar* (Coleoptera: Tenebrionidae): Analysis of instar variation in number and development time under different diets. *J. Entomol. Sci.*, 45. 75-90.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro-Ilan, D. I. – Tedders, W. L. (2011): Self-selection of two diet components by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) larvae and its impact on fitness. *Environ. Entomol.*, 40. 1285-1294.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Shapiro Ilan, D. I. – Tedders, W. L. (2013): Use of nutrient self-selection as a diet refining tool in *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Entomol. Sci.*, 48. 206-221.
- Morales-Ramos, J. A. – Kelstrup, H. C. – Rojas, M. G. – Emery, V. (2019): Body mass increase induced by eight years of artificial selection in the yellow mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae) and life history trade-offs. *J. Insect Sci.*, 19. 4.
- Morales-Ramos, J. A. – Rojas, M. G. – Kelstrup, H. C. – Emery, V. (2020): Self-selection of agricultural by-products and food ingredients by *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) and impact on food utilization and nutrient intake. *Insects*, 11. 827.

- Naser El Deen, S. – Sprangers, T. – Baldacchino, F. – Deruytter, D. (2022): The effects of the particle size of four different feeds on the larval growth of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae). Eur. J. Entomol., 119. 242-249.
- Oonincx, D. G. – van Broekhoven, S. – van Huis, A. – van Loon, J. J. A. (2015): Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. PLoS One, 10. e0144601.
- Oonincx, D. G. – Van Keulen, P. – Finke, M. D. – Baines, F. M. – Vermeulen, M. – Bosch, G. (2018): Evidence of vitamin D synthesis in insects exposed to UVb light. Sci. Rep., 8. 1-10.
- Oonincx, D. G. – Laurent, S. – Veenenbos, M. E. – van Loon, J. J. (2020): Dietary enrichment of edible insects with omega 3 fatty acids. Insect Sci., 27. 500-509.
- Oonincx, D. G. – Finke, M. D. (2021): Nutritional value of insects and ways to manipulate their composition. J. Insects Food Feed, 7. 639-659.
- Pölkki, M. – Krams, I. – Kangassalo, K. – Rantala, M. J. (2012): Inbreeding affects sexual signalling in males but not females of *Tenebrio molitor*. Biol. Lett., 8. 423-425.
- Ramos-Elorduy, J. – González, E. A. – Hernández, A.R. – Pino, J. M. (2002): Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to recycle organic wastes and as feed for broiler chickens. J. Econ. Entomol., 95. 214-20.
- Ravzanaadii, N. – Kim, S-H. – Choi, W. H. – Hong, S-J. – Kim, N. J. (2012): Nutritional value of mealworm, *Tenebrio molitor* as food source. Int. J. Indust. Entomol., 25. 93-98.
- Ribeiro, N. (2017): *Tenebrio molitor* for food or feed: rearing conditions and the effects of pesticides on its performance. PhD thesis, Escola Superior Agrária de Coimbra, 70.
- Ritvanen, T. – Pastell, H. – Welling, A. – Raatikainen, M. (2020): The nitrogen-to-protein conversion factor of two cricket species - *Acheta domesticus* and *Gryllus bimaculatus*. Agric. Food Sci., 29. 1-5.
- Rumbos, C. I. – Karapanagiotidis, I. T. – Mente, E. – Psafakis, P. – Christos, G. (2020): Evaluation of various commodities for the development of the yellow mealworm, *Tenebrio molitor*. Sci. Rep., 10. 11224.
- Silva, L. B. – de Souza, R. G. – da Silva, S. R. – Feitosa, A. D. C. – Lopes, E. C. – Lima, S. B. P. – Dourado, L. R. B. – Pavan, B. E. (2021): Development of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) on poultry litter-based diets: Effect on chemical composition of larvae. J. Insect Sci., 21. 7.
- Simon, E. – Baranyai, E. – Braun, M. – Fábrián, I. – Tóthmérész, B. (2013): Elemental concentration in mealworm beetle (*Tenebrio molitor* L.) during metamorphosis. Biol. Trace Elem. Res., 154. 81-87.
- Zim, J. – Lhomme, P. – Takhim, A. – Sarehane, M. – Bouharroud, R. (2021): Growth performance, conversion and survival rates of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) reared on various livestock diets. Mor. J. Agri. Sci., 2. 161-164.
- van Huis, A. – Tomberlin, J. K. (eds) (2017): Insects as food and feed: from production to consumption. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 447.
- van Broekhoven, S. – Oonincx, D. G. – van Huis, A. – van Loon, J. J. (2015): Growth performance and feed conversion efficiency of three edible mealworm species (Coleoptera: Tenebrionidae) on diets composed of organic by-products. J. Insect Physiol., 73. 1-10.
- Waldbauer, G. P. (1968): The consumption and utilization of food by insects. Adv. Insect Physiol., 5. 229-288.
- Zhao, X. – Vázquez-Gutiérrez, J. L. – Johansson, D. P. – Landberg, R. – Langton, M. (2016): Yellow mealworm protein for food purposes - Extraction and functional properties. PLoS One, 11. e0147791.
- Zielińska, E. – Baraniak, B. – Karaś, M. – Rybczyńska, K. – Jakubczyk, A. (2015): Selected species of edible insects as a source of nutrient composition. Food Res. Int., 77. 460-466.

Érkezett: 2022. augusztus

Szerző címe: Hetényi N.

Állatorvostudományi Egyetem, Állattenyésztési, Takarmányozástani és
Laborállat-tudományi Intézet, Takarmányozástani és Klinikai Dietetikai Tanszék
Author's address: University of Veterinary Medicine Budapest, Institute for Animal Breeding,
Nutrition and Laboratory Animal Science
H-1078 Budapest, István u. 2.
hetenyi.nikoletta@univet.hu