

ÁLLATTENYÉSZTÉS és TAKARMÁNYOZÁS

2017. 66. 1.

Alapítás éve: 1952

ÁLLATTENYÉSZTÉS – TARTÁS – TAKARMÁNYOZÁS



› Mikroalgák alkalmazása a takarmányozásban

› Amiláz etetés hatása a tejtermelésre és tejösszetételre

› Glicerín a sertés-takarmányozásban

› Precíziós állattartás és takarmányozás

TARTALOM - CONTENTS

<i>Ribács Attila – Barna Sándor – Galló Judit: Chlorella mikroalga felhasználása gazdasági állataink takarmányozásában. 1. közlemény. A tehének testsúlyára, tejtermelésére, valamint a tej zsír- és linolénsav (ω-3) tartalmára kifejtett hatása (The use of <i>Chlorella</i> microalgae in the feeding of farm animals. 1st Paper. Effect of <i>Chlorella</i> microalgae on body weight and milk production of dairy cows, as well as on fatty and linolenic acid (n-3) content of milk)</i>	1
<i>Ribács Attila – Mészáros Miklós – Futó Zoltán – Egri Zoltán – Galló Judit: Chlorella mikroalga felhasználása gazdasági állataink takarmányozásában. 2. közlemény. A pecsényepulykák hizlalási és vágási paramétereire kifejtett hatás (The use of <i>Chlorella</i> microalgae in the feeding of farm animals. 2nd Paper. Effect of <i>Chlorella</i> microalgae on fattening performance and slaughter traits of hybrid turkeys)</i>	11
<i>Halas Veronika: Precíziós állattartás és takarmányozás (Precision livestock farming and nutrition)</i>	24
<i>Horváth Rita: Extrahált repcedara és pogácsa felhasználása a hízósertések takarmányozásában (Rapeseed meal and cake for grower and finisher pigs)</i>	44
<i>Tóthi Róbert – Tóth Tamás: Influence of exogenous amylase on milk production and composition in dairy cows (Amiláz enzimkiegészítés etetésének hatása a tejelő tehének termelésére és a tej összetételére)</i>	59
<i>Vida Orsolya – Egri Borisz – Tóth Tamás: A glicerin etetés jelentősége a sertések takarmányozásában. Irodalmi összefoglaló (The importance of using glycerol in swine nutrition. Review)</i>	67

Címlap kép (Frontpage photograph)

Racka juhnyáj fejés közben
1896, Erdélyi Mór fényképész műhelyéből
(A Magyar Mezőgazdasági Múzeum gyűjteményéből)

Milking Racka sheep
1896, Mór Erdélyi Photo Workshop
(Collection of the Hungarian Agricultural Museum, Budapest)

CHLORELLA MIKROALGA FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

1. közlemény. A tehenek testsúlyára, tejtermelésére, valamint a tej zsír- és linolénsav- (ω -3) tartalmára kifejtett hatás

RIBÁCS ATTILA – BARNÁ SÁNDOR – GALLÓ JUDIT

ÖSSZEFOGLALÁS

A Szerzők 4 × 6 magyar tarka tehénnel végezték vizsgálataikat, melyek a tejelőtáp 0-1-3-5%-át kitevő *Chlorella* mikroalgát kaptak. Ez állatonként 0-20-60-100 g/nap alga felvételét jelentette. Az etetési kísérlet 21 napig tartott. A vizsgálat ideje alatt az 5%-os csoport élőszúlya nem szignifikáns mértékben csökkent, a többi csoporté változatlan maradt. A 3%-os csoport napi tejtermelése nagyobb ($p < 0,05$), az 5%-os csoporté kisebb ($p < 0,05$), míg az 1%-os csoporté hasonló volt, mint a kontroll csoporté. A tej zsírtartalma (%), linolénsav-tartalma (mg/l), illetve a tejjel leadott linolénsav (g/nap) minden kísérleti csoportban meghaladta a kontroll csoport értékét ($p < 0,05$), de a kísérleti csoportok (1-3-5%) között nem volt szignifikáns eltérés. A vizsgálatok eredményeit összegezve, a bendőben lebomló *Chlorella* mikroalgából 60 g/nap, vagyis testsúly kg-ként kb. 0,1 g algapor adagolása tekinthető optimálisnak tejtermelő tehenek részére.

SUMMARY

Ribács, A. – Barna, S. – Galló, J.: THE USE OF *CHLORELLA* MICROALGAE IN THE FEEDING OF FARM ANIMALS. 1st Paper.: EFFECT OF *CHLORELLA* MICROALGAE ON BODY WEIGHT AND MILK PRODUCTION OF DAIRY COWS, AS WELL AS ON FAT AND LINOLENIC ACID (n -3) CONTENT OF MILK

Study was conducted with Hungarian Simmental cattle ($n=24$, allotted into four groups) given *Chlorella* microalgae in 0, 1, 3 and 5% of the concentrate for 21 days. The amount of algae added was 0, 20, 60 and 100 g/day respectively. Body weight showed non-significant reduction in the group given 5% microalgae, whilst no change was found in the other groups. Daily milk yield was higher in the group given 3% algae ($p < 0.05$), was lower in the group given 5% algae ($p < 0.05$) and was similar in the group given 1% algae compared to control. Fat content (%) and linolenic acid content (mg/l) of milk, as well as linolenic acid content in delivered milk (g/day) were higher in all experimental groups than that of the control group ($p < 0.05$). There was no significant difference amongst the experimental groups. According to the experimental results, the optimal amount of rumen unprotected *Chlorella* microalgae for dairy cattle is 60 g/day that is 0.1 g algae powder per kg body weight.

BEVEZETÉS

Az elmúlt években világszerte felerősödtek az algák takarmányozási célú felhasználásával kapcsolatos kutatások. Az algák takarmányozásban betöltött szerepe alapvetően kétféle tulajdonságukra vezethető vissza; egyrészt a jelentős fehérjetartalmukra, másrészt a speciális zsírsav-összetételükre.

Az algák szárazanyag-tartalmának átlagosan 55-67%-a nyersfehérje (Vincze, 2012). Boyd (1973) 13 édesvízi algafaj vizsgálatából megállapította, hogy az algafehérje átlagosan 7,0% lizint, 5,0% treonint és 1,8% metionint tartalmaz. Az említett 3 esszenciális aminosav alapján kiszámítottuk néhány gyakori takarmányfehérje, valamint az algafehérje nélkülözhetetlenaminosav-indexét (NAI; 1. ábra) (Kakuk és Schmidt, 1988).

Megállapítható, hogy az algafehérje biológiai értéke jelentősen meghaladja a gabonafélékéét; az extrahált szójadara és a halliszt közé tehető. Kedvező aminosav-összetétele miatt egyes etetési kísérletekben a napi fehérjeigény 50%-áig is alkalmaztak már algákat, de ennek hazai viszonyok között az algaliszt beszerzési vagy előállításai költségei mindenképpen határt szabnak (Vincze, 2012).

Kérdőző állatok részére az alga általában mégsem fehérjetakarmányként jut szerephez, hanem az ω -3 zsírsavak (főleg a DHA; dokozahexaénsav, $C_{22:6}$ ω -3) forrásaként. Etetésétől elsősorban az állati test és termékek DHA-tartalmának növekedése várható (Insausti és mtsai, 2011; Kupczyn'sky és mtsai, 2011; Glover és mtsai, 2012; Stamey és mtsai, 2012). A kísérletek egy részében igazolódott, hogy a mikroalga bendőbeli védelme (pl. lipid-kapszulázással) fokozza a DHA beépülését a tejzsírba, bár ez a hatás védetlen mikroalga adagolásával is elérhető. A vizsgálatok során megfigyelték a tejzsír CLA (konjugáltlinolsav)- tartalmának

1. ábra Néhány takarmányfehérje és az algafehérje nélkülözhetetlenaminosav-indexe

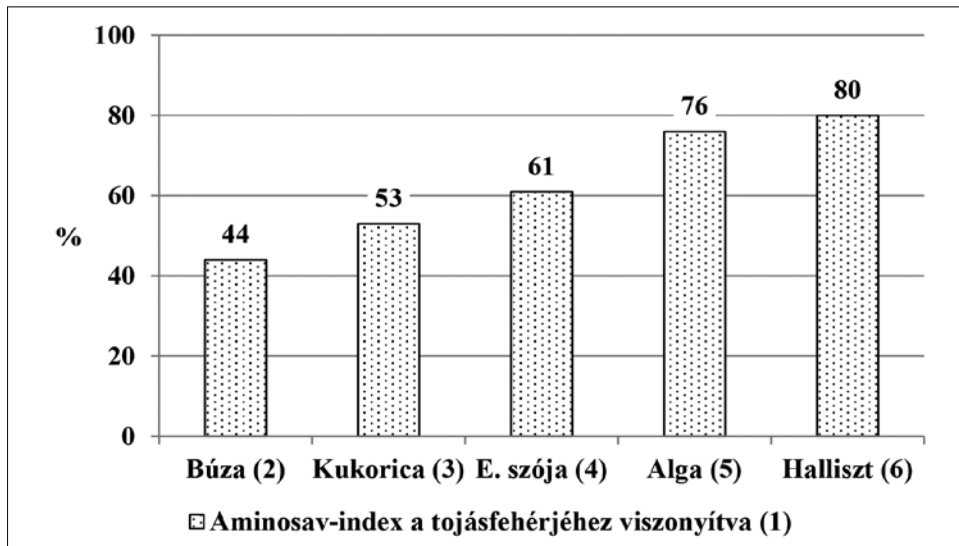


Figure 1. Essential amino acid index of some forage proteins and algae protein amino acid index compared to egg protein (1); wheat (2); corn (3); soybean meal (4); algae (5); fish meal (6)

emelkedését is. Az említett változások humán táplálkozásbiológiai szempontból igen kedvezőnek ítéelhetők (Szakály és mtsai, 2001).

Napjainkban a kis mennyiségű mikroalgának számos előnyös hatást tulajdonítanak a gazdasági állatok egészségi állapotára, pl. csökkenti a koleszterin mennyiségét a szervezetben, hatásos a toxikózisok ellen, véd a káros sugárzásoktól, antikarcinogén, antivirális és immunmódosító hatású. Mindezek eredményeképp kedvezően befolyásolja az állatok takarmányhasznosítását, termelését, szaporodását. – foglalja össze Vincze (2012).

Kísérletünk során különböző adagokban (a tejelőtáp 1-3-5%-a) etetett, a ben-dőben lebomló *Chlorella* mikroalgának a tejtermelő tehenek élősúlyára, napi tejtermelésére, tejük zsír-, valamint linolénsav-tartalmára kifejtett hatását vizsgáltuk. Munkánkkal elsősorban a kiegészítés optimális szintjét kívántuk meghatározni.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletbe összesen 24, magyar tarka fajtájú tehenet vontunk be, melyek testsúlya (609 ± 38 kg) és a napi tejtermelése ($14,9 \pm 0,6$ l) hasonló volt a kísérlet indulásakor. Az állatokat 4 csoportba osztottuk be, ezzel 1 kontroll- és 3 kísérleti csoportot alakítva ki. Csoportonként tehát 6-6 állat vett részt a kísérletben. Az egyes csoportok etetésenként – naponta kétszer – a következő takarmányadagot kapták: 20 kg silókukorica szilázs, 20 kg lucernaszenázs, 24 kg rétiszéna és 6 kg tejelőtáp, így az egy egyedre jutó napi takarmányadag a következő volt: 6,67 kg silókukorica szilázs, 6,67 kg lucernaszenázs, 8 kg rétiszéna és 2 kg tejelőtáp. A tejelőtápot a silókukorica szilázshoz keverve kapták az állatok. A napi takarmányadag számított táplálóanyag tartalmát – 1 állatra vonatkozóan – az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat

A napi takarmányadag számított táplálóanyag tartalma (kontroll)

Száranyag (kg) (1)	14,4
NE _i (MJ)	81,7
NE _i szálastakarmányból (%) (2)	83
MFE (g)	1244
MFN (g)	1135
Nyersrost a szárazanyagban (%) (3)	26,5

Table 1. Calculated nutrient content of daily feed intake (control)
dry matter content (1); NE_i from roughage (2); crude fibre content (% in dry matter) (3)

A kontroll csoporttal etetett tejelőtáp nem tartalmazott algát. A 3 kísérleti csoport tápjaiba 1; 3 és 5% algát kevertünk, illetve ugyanennyivel csökkentettük az extrahált szójadara arányát. Ezzel a felhasznált szójának relatíve 10; 31; illetve 52%-át váltottuk ki azonos mennyiségű algával. A kísérletben etetett tejelőtápok összetételét a 2. táblázat, míg a felhasznált alga tulajdonságait a 3. táblázat szemlélteti. Az etetési kísérlet 21 napig tartott.

Az állatok testsúlyát a kísérlet előtti, illetve utáni napon egyedileg mértük. A fejés naponta kétszer, vákuumvezetékhez csatlakoztatható sajttáros fejőgépekkel

történt. A tehenek tejtermelését a kísérlet 6-9-12-15-18-21. napján, 0,1 liter pontossággal, egyedileg mértük. A tej összetételének nyomon követéséhez minden második mérési napon (6-12-18.), csoportonként 3 tehén tejéből vettünk mintát.

A mintákból a tej zsírtartalmát, illetve annak linolénsav-tartalmát határoztuk meg. A tej zsírtartalmának meghatározása gravimetriás módszerrel történt, az MSZ ISO 1211:1991 szabvány szerint. A tejsír linolénsav-tartalmát HP 5890 Gas Chromatograph készülékkel, Agilent J&W HP-5 oszloppal, 100-320°C – 15°C/perc hőmérsékleti programmal vizsgáltuk.

A kísérleti eredmények feldolgozását az SPSS programcsomag segítségével, variancia-analízis Tukey b teszttel végeztük el.

2. táblázat

A kísérletben etetett tejelőtápok összetétele

Összetevők (3)	Kontroll (1)	1% alga (2)	3% alga (2)	5% alga (2)
	% -os arány (4)			
Kukorica (5)	57,6			
Búza (6)	19,2			
Búzakorpa (7)	11,5			
Premix	2,0			
Extrahált szójadara (8)	9,7	8,7	6,7	4,7
Alga (2)	0,0	1,0	3,0	5,0

Table 2. Composition of experimental concentrates control (1); algae (2); ingredients (3); percentage of ingredients (4); corn (5); wheat (6); wheat bran (7); soybean meal (8)

3. táblázat

A kísérletben felhasznált alga jellemzői

Név (1)	<i>Chlorella</i>
Megjelenés (2)	Finom zöld por (3)
Íz és szag (4)	Természetes (5)
80 mesh méreten átmegy (%) (6)	100
Nyersfehérje (%) (7)	64,5
Karotinoid (%) (8)	2,1
Hamu (%) (9)	6,2
Összes nehézfém (ppm) (10)	0,82
Növényvédőszer (11)	Nem kimutatható (12)
<i>Escherichia coli</i>	Mentes (13)
<i>Salmonella</i>	Mentes (13)

Table 3. The characteristics of the experimental algae name (breed) (1); physical appearance (2); fine green powder (3); flavor and odour (4); natural (5); passing through the 80-mesh screen (%) (6); crude protein content (7); carotenoid content (8); crude ash content (9); total heavy metal content (ppm) (10); pesticide content (11); non detectable (12); free (13)

EREDMÉNYEK

A kísérleti állatok testsúlyának alakulása a vizsgálat során

Az állatok vizsgálat előtt és után mért testsúlyát a 4. táblázat tartalmazza.

4. táblázat

A kísérleti állatok átlagos testsúlya a vizsgálat kezdetén és végén (n = 6; p > 0,05)

	Kontroll (1)	1% alga (2)	3% alga (2)	5% alga (2)
	Testsúly (kg) (3)			
Kísérlet kezdetén (4)	611 ± 23	608 ± 34	607 ± 39	610 ± 51
Kísérlet végén (5)	611 ± 23	608 ± 35	612 ± 38	587 ± 49

Table 4. Body weight of the animals at the beginning and at the end of the experiment control (1); concentration of algae (%) (2); body weight (kg) (3); at the beginning of the experiment (4); at the end of the experiment (5)

Látható, hogy a kísérlet kezdetén az egyes csoportokat közel azonos átlagsúllyal alakítottuk ki. A vizsgálat időtartama alatt lényeges mértékben az egyik csoport átlagsúlya sem változott. Az 5%-os csoportban nem szignifikáns – tehenenként 17-37 kg, átlagosan 30 kg – testsúlycsökkenést tapasztaltunk. A csoport egy egyedénél éppen ellentétes tendencia figyelhető meg, testsúlya 15 kg-ot gyarapodott a kísérlet során.

Algaetetés hatása a napi tejtermelés alakulására a kísérlet során

A kísérlet során mért tejtermelési eredményeket az 5. táblázat mutatja be. Megállapítható, hogy a kísérlet első másfél hetében nem alakult ki szignifikáns különbség az egyes csoportok napi tejtermelése között. A tejelőtáp 1%-át kitevő (20 g/nap) alga a későbbiekben sem volt hatással a tehének napi tejtermelésére, azonban a 3-5% algát fogyasztó csoportok esetében már tapasztalhatók statisztikailag igazolható eltérések a kontrollhoz viszonyítva.

Az alga arányának 3%-ra (60 g/nap) történő emelése kedvezően befolyásolta a tehének tejmennyiségét, a 3%-os csoport egyedei naponta átlagosan 1 literrel termeltek több tejet, mind a kontroll, mind az 1%-os csoport állatainál ($p < 0,05$). Ugyanakkor az 5%-ban (100 g/nap) végzett algaadagolás már negatív hatásának bizonyult; az érintett tehének napi tejtermelése átlagosan 0,8 literrel alulmaradt a kontroll, illetve az 1%-os csoportoknál tapasztalt termelési szinthez viszonyítva ($p < 0,05$).

Algaetetés hatása a termelt tej zsír- és linolénsav-tartalmára

A tej összetételében bekövetkezett változásokat – melyek a kísérlet teljes időtartamára vonatkoznak – a 2-5. ábrákon követhetjük nyomon. A 2. ábrán látható, hogy minden algát fogyasztó csoport tejének zsirtartalma jelentős mértékben meghaladta a kontroll teje jellemző értékét ($p < 0,05$), ugyanakkor nem mutatott összefüggést az alga-kiegészítés mértékével.

5. táblázat

A tejtermelés alakulása a kísérlet során (n = 6)

	Kontroll (1)	1% alga (2)	3% alga (2)	5% alga (2)
	Napi tejtermelés (liter) (3)			
6. nap (4)	15,12 (a) ± 0,73	14,63 (a) ± 0,39	14,77 (a) ± 0,67	15,15 (a) ± 0,45
9. nap (4)	14,40 (a) ± 0,91	14,35 (a) ± 0,79	15,53 (a) ± 0,47	14,17 (a) ± 0,93
12. nap (4)	14,42 (a) ± 0,84	14,35 (a) ± 0,76	15,83 (b) ± 0,36	13,92 (a) ± 0,97
15. nap (4)	14,77 (ab) ± 0,80	14,82 (ab) ± 0,79	15,77 (a) ± 0,29	13,73 (b) ± 1,15
18. nap (4)	15,18 (a) ± 0,62	14,92 (a) ± 0,59	16,22 (b) ± 0,52	13,20 (c) ± 1,09
21. nap (4)	14,80 (a) ± 0,65	14,75 (a) ± 0,55	16,23 (b) ± 0,48	13,30 (c) ± 0,59
Összesített (5)	14,78 (a) ± 0,82	14,64 (a) ± 0,70	15,73 (b) ± 0,69	13,91 (c) ± 1,11

a,b,c: Vízszintes sorokon belül, a különböző betűvel jelölt értékek szignifikánsan eltérnek egymástól ($p < 0,05$).

Table 5. Milk production during the experiment

control (1); algae (2); daily milk yield (3); day (4); mean (5)

Different letters (a, b, c) within a row indicate significant difference at the $p < 0.05$ level.

A különböző csoportok tejsírájának %-os linolénsav-tartalmát a 3. ábra szemlélteti. A linolénsav-tartalom emelkedése már a tejelőtáp 1%-át kitevő alga-kiegészítés esetén is látványos volt, a kontroll érték több mint 2-szeresét sikerült ilyen adagolással elérni. Az alga adagjának 3%-ra történő emelésével tovább nőtt a linolénsav aránya a tejsírban. Statisztikailag is igazolható különbséget viszont

2. ábra A kísérletben termelt tej zsírtartalma

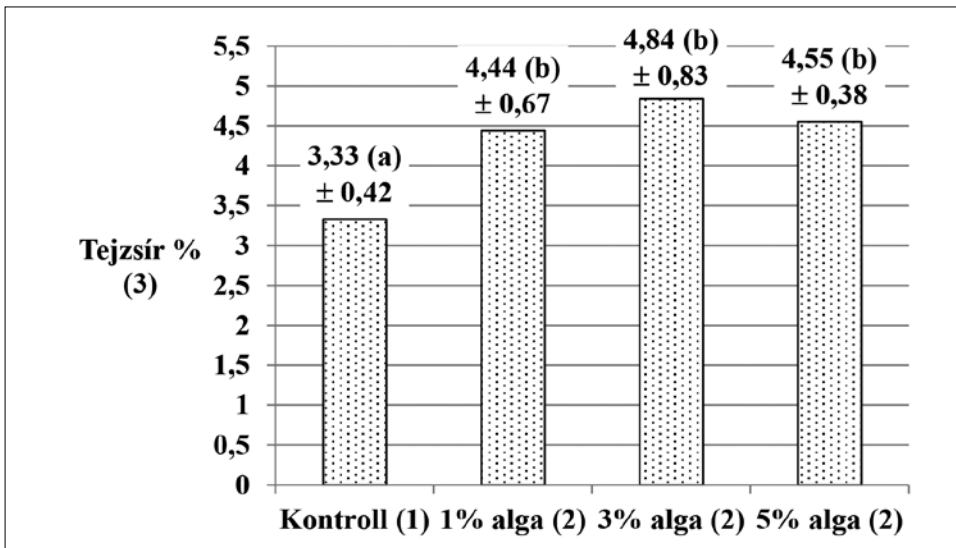


Figure 2. The fat content of milk during the experiment

control (1); the percentage of algae in the concentrate (2); the percentage of milk fat (3)

3. ábra A tejsír linolénsav-tartalma

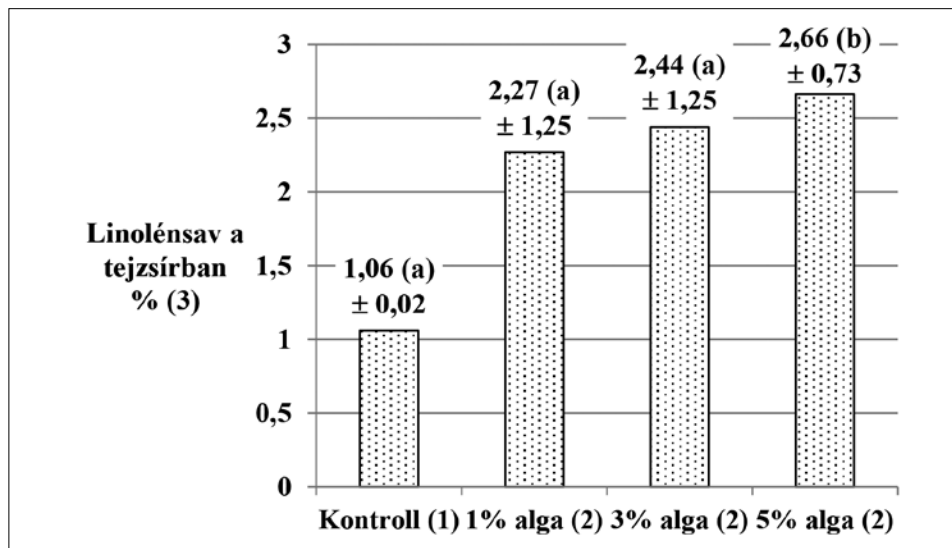


Figure 3. Linolenic acid content of milk fat control (1); the percentage of algae in the concentrate (2); linolenic acid percentage in the milk fat (3)

4. ábra A tej linolénsav-tartalma (literenként)

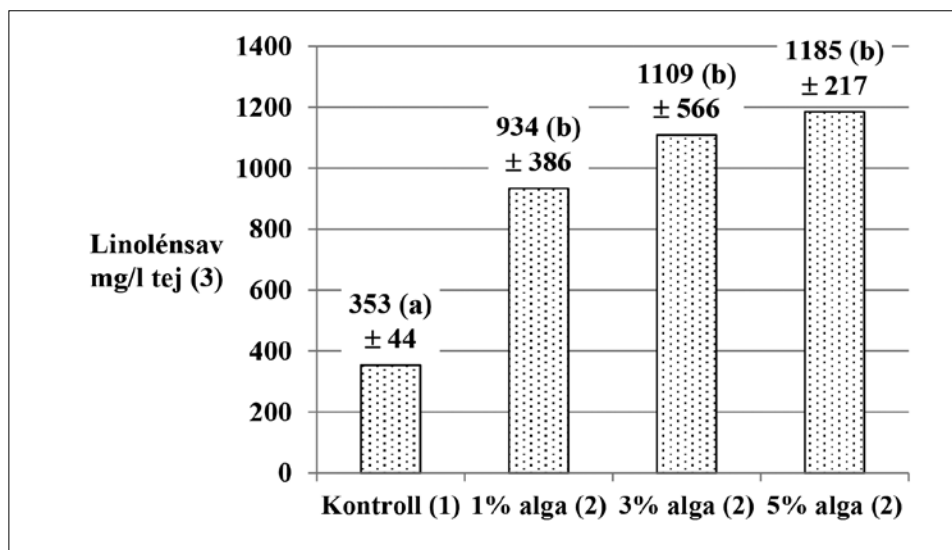


Figure 4. Linolenic acid content of the milk (per liter) control (1); the percentage of algae in the concentrate (2); linolenic acid in mg/l milk (3)

5. ábra A tejjel naponta leadott linolénsav mennyisége

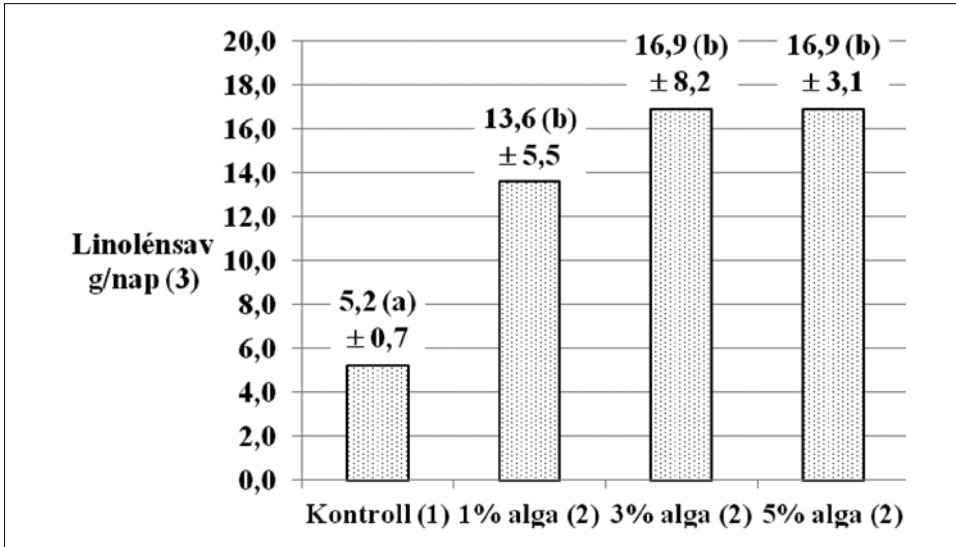


Figure 5. The daily amount of linolenic acid delivered in milk control (1); the percentage of algae in the concentrate (2); linolenic acid g/day (3)

csak az 5% algatartalmú tejelőtáp etetése eredményezett ($p < 0,05$), mind a kontrollhoz, mind pedig a többi kezeléshez viszonyítva.

Egységnyi termék, azaz 1 liter tej linolénsav tartalmát vizsgálva (4. ábra), a következő megállapítások tehetők: A tejelőtáp algával történő kiegészítése már 1%-os arányban is eredményesen növelte az 1 liter tej mg-ban kifejezett linolénsav tartalmát.

Ezt az igen kedvező változást kétféle körülmény összehatása eredményezte: Egyrészt nőtt a linolénsav részaránya a tejszírsban, de ugyanakkor nagyobb volt a tej %-os zsírtartalma is, a kontroll tejhez viszonyítva. Az alga részarányának emelése a tápban tendencia jelleggel tovább növelte a tej literenkénti linolénsav tartalmát. A kontrollhoz viszonyítva mindhárom érték szignifikánsan nagyobb ($p < 0,05$), de az egyes (algás) kezelések közötti eltérések nem igazolhatók. Ebből a szempontból egyenértékűnek bizonyult tehát az 1 és 5% alga etetése.

Kísérletünk értékelése során meghatároztuk a tejjel naponta leadott linolénsav mennyiséget is, g-ban kifejezve (5. ábra). Az eredmények alakulását itt már egészen összetett hatásrendszer befolyásolta, mivel az – az etetett alga mennyiségén túl – nemcsak a tej %-os zsírtartalmától, hanem a napi tejtermelés (liter) alakulásától is függött. Az 1-3%-os csoportok eredményei hasonló tendenciát mutatnak, mint az előző szempont szerinti értékeléskor, viszont 5% alga etetése nem javította tovább az eredményt. Ez azzal áll összefüggésben, hogy az ilyen mértékű alga-kiegészítés már lényegesen csökkentette a tehének napi tejtermelését. A kontrollhoz képest mindegyik elérés szignifikáns mértékű ($p < 0,05$), de az egyes (algás) kezelések egymástól érdemben nem különböznek. Itt sem igazolható tehát elérés az 1 és 5% alga ilyen irányú hatása között.

EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE, KÖVETKEZTETÉSEK

Megállapítható, hogy a kontroll takarmányadag számított NE_1 és MF tartalma (1. táblázat) egymással összhangban van, mindegyik – 600 kg élősúlyt, 4% tejszír- és 3,5% tejfehérje-tartalmat feltételezve – napi 13 l tej termelésére képesíti az állatokat. Szárazanyag-tartalma ugyancsak megfelel az ilyen testsúlyú és tejtermelésű tehének igényeinek (Schmidt, 2003).

Eredményeink szerint az extrahált szójadara *Chlorella* algaporral történő részbeni helyettesítése – az alga részarányától függően – közömbös, pozitív, illetve negatív hatással egyaránt lehet a tehének tejtermelésére. Kedvező hatás csak a 3%-os csoportban alakult ki, ami – a tejelőtáp 2 kg-os napi adagjával is számolva – 60 g/nap, azaz testsúly kg-ként és naponta kb. 0,1 g alga felvételét jelentette. Az említett adag 33%-a (1%, azaz 20 g/nap) hatástalan volt a tehének napi tejtermelésére, míg a 167%-ánál (5%, azaz 100 g/nap) már egyértelmű negatív hatás jelentkezett. Azokban a kísérletekben, melyekben bendővédett algát etettek (Glover és mtsai, 2012; Stamey és mtsai, 2012) nem tapasztaltak lényeges hatást a tehének napi tejtermelésére. Cruywagen és mtsai (2015) magas mésztartalmú tengeri algát eredményesen alkalmaztak bendőpufferként, etetésével magasabb tejtermelést értek el, mint kétszeres mennyiségű nátrium-bikarbonát hasonló célú adagolása esetén. Abughazaleh és mtsai (2009) napi 150 g alga etetése során nem tapasztaltak kedvezőtlen hatást sem a tej mennyiségére, sem a tejalkotók arányára, sem pedig a tejszír összetételére nézve.

Vizsgálataink során a tejelőtáp 5%-áig (ez napi 2 kg tejelőtáp esetén 100 g alga felvételét jelenti) nem tapasztaltunk a tej zsírtartalmára kifejtett negatív hatást. Boeckert és mtsai (2008) kísérleteiben 10 g/kg szárazanyag mértékű alga-kiegészítés – ami esetünkben 144 g/nap alga adagolását jelentené – már csökkentette a tej zsírtartalmát. Ez minden valószínűség szerint összefüggésben áll azzal, hogy az algaetetés következtében bizonyos esetekben csökkenhet az összes illózsírsav-koncentrációja, megváltozhat az egyes illózsírsavak aránya a bendőfolyadékban, illetve emelkedhet annak pH-értéke (Boeckert és mtsai, 2008; Kupczyn'sky és mtsai, 2011). Az említett eredmények arra utalnak, hogy az algaetetés jelentős hatást gyakorolhat a bendőben zajló mikrobás fermentációra, gátolhatja a bendőbeli baktériumok és/vagy protozoák működését. Stamey és mtsai (2012) vizsgálataiban a védett (lipid-kapszulázott) algakészítmény eredményesen növelte a tejszír ω -3 zsírsavtartalmát, anélkül, hogy káros hatással lett volna a tejszír mennyiségére.

Az algaetetésnek a tejszír zsírsav-összetételére kifejtett kedvező hatásait mára már számos kísérlet igazolta (irodalmi hivatkozások a Bevezetésben). Esetünkben a tejszír %-os linolénsav-tartalmát vizsgálva, az egyes csoportokon belül is jelentős egyedi eltérések mutatkoztak, ezért biztonsággal csak az alga legnagyobb adagjánál (5%) állapítható meg a pozitív hatás. Ugyanakkor a napi tejtermelést elemezve, kifejezetten hátrányosnak bizonyult az említett algamennyiség feletetése. Az egységnyi termék linolénsav-tartalma (mg/l tej), illetve a tejjel naponta leadott linolénsav mennyiség (g/nap) tekintetében nem igazolható érdemi különbség az 1-3-5% alga hatása között, ugyanakkor a kontrollhoz képest mindhárom algaadagolás kedvező változást hozott. A 3%-ban adagolt alga növelte a tehének napi tejtermelését, káros mellékhatások fellépése nélkül, míg a tejelőtáp 1%-át kitevő alga nem eredményezett érzékelhető termelés-élettani változásokat.

A vizsgálatok eredményeit összegezve, a bendőben lebomló *Chlorella* mikroalgából a tejtermelő tehenek részére 60 g/nap, vagyis testsúly kg-ként kb. 0,1 g algapor adagolása tekinthető optimálisnak.

IRODALOMJEGYZÉK

- Abughazaleh, A. A. – Potu, R. B. – Ibrahim, S.* (2009): Short communication: The effect of substituting fish oil in dairy cow diets with docosahexaenoic acid-micro algae on milk composition and fatty acids profile. *J. Dairy Sci.*, 92. 6156-6159.
- Boeckeaert, C. – Vlaeminck, B. – Dijkstra, J. – Issa-Zacharia, A. – Nespen, T. van – Straalen, W. van – Fievez, V.* (2008): Effect of dietary starch or micro algae supplementation on rumen fermentation and milk fatty acid composition of dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 91. 4714-4727.
- Boyd, C. E.* (1973): Amino acid composition of freshwater algae. *Archiv. Hydrobiol.* 72, 1-6. In: *Bowen, S. H.* (1987): Composition and nutritional value of detritus. In: *Detritus and microbial ecology in aquaculture. Proc Conf. Detrital Systems Aquaculture*, 26-31. August, 1985, Bellagio, Como, Italy
- Cruywagen, C. W. – Taylor, S. – Beya, M. M. – Calitz, T.* (2015): The effect of buffering dairy cow diets with limestone, calcareous marine algae, or sodium bicarbonate on ruminal pH profiles, production responses, and rumen fermentation. *J. Dairy Sci.*, 98. 5506-5514.
- Glover, K. E. – Budge, S. – Rose, M. – Rupasinghe, H. P. V. – MacLaren, L. – Green-Johnson, J. – Fredeen, A. H.* (2012): Effect of feeding fresh forage and marine algae on the fatty acid composition and oxidation of milk and butter. *J. Dairy Sci.*, 95. 2797-2809.
- Insausti, K. – Zudaire, G. – Sarriés, M. V. – Beriain, M. J. – Gómez, I. – Arana, A. – Mendizabal, J. A. – Purroy, A.* (2011): Increasing polyunsaturated and omega 3 fatty acids on raza Navarra lamb meat using linseed and microalgae. II. Meat quality: Fatty acid composition. 14th Jord. *Sobre Prod. Anim.*, Zaragoza, Espana, 17 y 18 de Mayo
- Kakuk T. – Schmidt J.* (1988): Takarmányozástan. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 242-243.
- Kupczyn'ski, R. – Janeczek, W. – Kinal, S. – Kuczaj, M.* (2011): Possibility of modifying the fatty acid profile of cow's milk: marine algae application. *Med. Wet.*, 67. 304-308.
- Schmidt J.* (2003): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 357-360.
- Stamey, J. A. – Shepherd, D. M. – De Veth, M. J. – Corl, B. A.* (2012): Use of algae or algal oil rich in n-3 fatty acids as a feed supplement for dairy cattle. *J. Dairy Sci.*, 95. 5269-5275.
- Szakály S. – Schäffer B. – Horn P. – Sarudi Cs. – Szakály Z.* (2001): A tej táplálkozásbiológiai értéke a közelmúlt új kutatási eredményei tükrében. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 50. 435-448.
- Vincze L.* (2012): Mikro alga: a jövő takarmánya? *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 40. 24-25.

Érkezett: 2016. január

Szerzők címe: Ribács A. – Barna S.
Szent István Egyetem; Gazdasági-, Agrár- és Egészségtudományi Kar,
Tessedik Campus

Author's address: Szent István University; Faculty of Economics, Agriculture and Health
Sciences, Tessedik Campus
H-5540 Szarvas, Szabadság u. 1-3.

Galló J.

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ – Állattenyésztési,
Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet
National Agricultural Research and Innovation Centre – Research Institute for
Animal Breeding, Nutrition and Meat Science
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1.

CHLORELLA MIKROALGA FELHASZNÁLÁSA GAZDASÁGI ÁLLATAINK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

2. közlemény. A pecsenyepulykák hizlalási és vágási paramétereire kifejtett hatás

RIBÁCS ATTILA – MÉSZÁROS MIKLÓS – FUTÓ ZOLTÁN – EGRI ZOLTÁN – GALLÓ JUDIT

ÖSSZEFOGLALÁS

A szerzők 6-14 hetes *Hybrid Converter* pecsenyepulyka tojókkal végezték vizsgálataikat, üzemi körülmények között. Összesen 3 kísérleti és 3 kontroll csoportot alakítottak ki. A kísérleti csoportok takarmánya 0,5-1,0-1,5% *Chlorella* algaport tartalmazott, azonos mennyiségű extrahált szójadara kiváltására. Minden kísérleti csoport mellé – azzal közös légtérben – egy-egy kontroll csoportot is beállítottak, amelyek nem fogyasztottak algát. A kísérleti csoportok súlygyarapodása (kg/hét), heti takarmányfelvétele (kg/egyed), fajlagos takarmányhasznosítása (kg/kg) és grilltömege (kg) egyik kezelés esetében sem különbözött lényegesen a megfelelő kontroll csoportétól ($p > 0,05$). A húsüzemi kobzások aránya ugyancsak hasonlóan alakult a kísérleti és kontroll csoportoknál. Az eredményekből az következik, hogy a *Chlorella* algapor – amennyiben lehetővé teszi az ára – 1,5%-ig biztonságosan használható fel a vizsgált pulykatápban.

SUMMARY

Ribács, A. – Mészáros, M. – Futó, Z. – Egri, Z. – Galló, J.: THE USE OF CHLORELLA MICROALGAE IN THE FEEDING OF FARM ANIMALS. 2nd Paper. EFFECT OF CHLORELLA MICROALGAE ON FATTENING PERFORMANCE AND SLAUGHTER TRAITS OF HYBRID TURKEYS

Hybrid Converter turkey hens between 6 and 14 weeks of age were involved in this experiment. Three experimental and three control groups were formed at two turkey farms. 0.5, 1.0 and 1.5% soybean meal was replaced by the same level of *Chlorella* microalgae in the three experimental diets, respectively. Control groups were used alongside each experimental group under the same circumstances. Body weight gain (kg/week), weekly feed intake (kg/bird), feed conversion ratio (kg/kg) and grill weight (kg) of experimental groups did not differ significantly compared to control groups ($p > 0.05$). Rate of processing condemnations in the experimental and control groups was also similar. Consequently, *Chlorella* microalgae – depending on its price – can be safely used in the examined feed up to 1.5%.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A mikroalgák takarmányozásban betöltött szerepe baromfi esetében is hasonló, mint más gazdasági állatfajok takarmányozása során. Egyrészt jelentős mennyiségű és biológiailag értékes fehérjét tartalmaznak, másrészt az ω -3 zsírsavak forrásai lehetnek, továbbá számos, kedvező élettani hatást is tulajdonítanak a mikroalgáknak (Vincze, 2012).

A fehérjeforrás megválasztásának jelentősége a pulykahizlalásban

Több külföldi vizsgálat eredménye igazolja, hogy a különböző fehérjeforrások eltérően befolyásolják a pulykák emésztését, így a termelésükre is különböző hatást fejthetnek ki. Az extrahált szójadara rosttartalmának bizonyos összetevői ronthatják a termelési eredményeket, ugyanakkor a szénhidrátartalma kedvezően befolyásolja a mikrobás lebontó folyamatokat a vakbélben. Ezzel szemben az extrahált napraforgódara csökkenti a vakbélben történő mikrobás fermentáció mértékét, növekvő bekeverési arányával csökken a súlygyarapodás. Az extrahált repcedara megfelelő (csökkentett glükozinolát- és tannintartalmú) változatai még 10% feletti arányban etetve sem okoznak depressziót a madarak növekedésében, sem a vakbélbeli emésztési folyamatokban (Dublec, 2014).

A baromfifajok vakbélében végbemenő folyamatok jelentőségéről nem egységes a kutatók álláspontja. Egyes szerzők fontosnak tartják a vakbél szerepét az emésztésben, éppen a benne zajló mikrobás fermentáció miatt, míg mások véleménye szerint ezek a folyamatok csak kismértékben befolyásolják a baromfi fehérjeemésztését (Juhász, 2002).

A nyers szójabab tripszininhibitor-tartalmaz, ami csökkenti a fehérjék emészthetőségét. Bár ez hőkezeléssel jól hatástalanítható, még az extrahált szójadara felhasználása előtt is javasolt a tripszininhibitor-tartalom ellenőrzése. A napraforgó nem tartalmaz az emésztésre káros hatású anyagokat, viszont az extrahált darájában – a héj miatt – jelentős a nyersrost aránya, ami rontja a táplálóanyagok emészthetőségét. Baromfitápokba ezért csak kisebb (10-12%) nyersrosttartalmú tételek felhasználása ajánlott (Schmidt, 2015).

A „hagyományos” fehérjeforrások említett negatív hatásai úgy is mérsékelhetők, ha más (alternatív) fehérjeforrással legalább részben kiváltják azokat. Ennek során természetesen mérlegelni kell a takarmány-előállítás költségeinek alakulását, továbbá az alkalmazandó fehérjeforrás emésztési folyamatokra és termékminőségre (pl. zsírsavösszetétel) kifejtett hatását is.

A mikroalga-kiegészítés hatása a baromfi emésztésére

Ma már általánosan elfogadott nézet, hogy a bélflóra fontos szerepet tölt be az állatok egészségének megőrzésében. Janczyk és mtsai (2009) tojtyúkokkal végzett kísérletei szerint a takarmány mikroalgával (*Chlorella*) történő kiegészítése növeli a mikrobiális diverzitást az emésztőrendszerben, különösen a vakbélben. A Szerzők által DGGE technológiával vizsgált szekvenciák legtöbbször szoros kapcsolatba hozható a *Ruminococcaceae*, *Lachnospiraceae* és a *Lactobacillus* nemzetségekkel.

Oh és *mtsai* (2015) kacsák esetében nem tapasztalták sem az összes mikrobaszám, sem a tejsavbaktériumok, sem pedig a coliform baktériumok számának lényeges változását a vakbél tartalmában, a *Chlorella*-etetés következményeként. *Kang* és *mtsai* (2013) brojlercsirkén végzett vizsgálataiban különböző *Chlorella*-készítmények ugyancsak nem voltak hatással az *E. coli* és a *Salmonella* mennyiségére, de a friss, folyékony *Chlorella* etetésekor szignifikánsan nőtt a *Lactobacillus*-populáció a bélfűrőben. *Waldenstedt* és *mtsai* (2003) szintén brojlercsirkék esetében tapasztalták, hogy a *Haematococcus pluvialis* mikroalga etetése csökkenti a *Clostridium perfringens* megtelepedését a vakbélben.

Az ω -3-zsírsvadúsítás lehetőségei

Ismert tény, hogy az ω -3 zsírsavakban gazdag takarmány etetése baromfi esetében is növeli azok részarányát a testben, illetve termékben. *Jeong WooCheol* és *mtsai* (2008) a *Schizochytrium mangrovei* tengeri mikroalgafajt szójadara fermentálásához használták fel, ezáltal DHA-ban (dokozahexaénsav, C_{22:6}, ω -3) gazdagított fehérjetakarmányt állítottak elő. A készítmény 3-5-10%-ban történő etetése szignifikánsan emelte a tyúkok mell- és combizomzatának, valamint tojásának DHA-tartalmát. Legkedvezőbb hatást a 10%-os kezelésnél tapasztalták.

Pulyka esetében nem algával, hanem növényi olajjal (repceolaj) végzett etetési kísérletekről van tudomásunk, amellyel ugyancsak sikerült elérni a máj, illetve hasúri zsír ω -3 zsírsavtartalmának emelkedését (*Nobar* és *mtsai*, 2011, *Salamatdoustnobar* és *mtsai*, 2011). Pecsényecsirkékkel végzett vizsgálatokban halolajat, illetve lenolajat is alkalmaztak már hasonló célokra, azonban ezek az olajok ronthatják a hús élvezeti értékét, emellett a lenolaj még a termelési paraméterekre is kedvezőtlen hatással lehet (*Bartos* és *mtsai*, 2004).

Céltitűzés

Tekintettel az algaetetés kedvező termelés-élettani hatásaira, a „funkcionális” élelmiszerek egyre növekvő jelentőségére, továbbá arra a tényre, hogy a pulykáról ilyen téren viszonylag kevés tapasztalattal rendelkezünk, kísérletünk során üzemi körülmények között vizsgáltuk a *Chlorella* algaporral végzett kiegészítés hatását a pulykahizlalás eredményeire. Elsődleges célunk annak megfigyelése volt, hogy a hízópulykák szervezete miként reagál az alga jelenlétére a takarmányban. Ennek megfelelően a kiegészítés mértékét viszonylag alacsony (0,5-1,5%) szintre állítottuk be.

ANYAG ÉS MÓDSZER

A vizsgálatokat *Hybrid Converter* pecsenyepulyka tojókkal végeztük el, 6-14 hetes életkor között. A hibridre jellemző *standard* termelési értékeket az 1. táblázat mutatja be.

A vizsgálathoz összesen 3 kontroll és 3 kísérleti csoportot alakítottunk ki. A 0,5% és 1,0% algatartalmú táp tesztelése során mind a kontroll, mind pedig a kísérleti csoportok 2.000 egyedből álltak. A 1,5% algát tartalmazó táp vizsgálata másik telephelyen történt, 1.000-1.000 egyed bevonásával. A kontroll és a kísérleti

csoportokat minden esetben közös légtérben, egymástól kerítővel elválasztva helyezték el, biztosítva ezzel, hogy a csoportok egyedeit – a takarmány összetételétől eltekintve – azonos környezeti hatások ériék.

A kontroll csoportok takarmánya a következő összetevőket tartalmazta: kukorica, búza, búzatakarmányliszt, DDGS, extrahált napraforgódara, extrahált szójadara, full-fat szója, növényi olaj, takarmánymész, MCP, só, nátrium-szulfát, L-lizin, DL-metionin, L-treonin, premix. A gyártó (Y Pulyka Kft., Mágocs) által megadott beltartalmi értékeit a 2. táblázatban tüntetjük fel. Az etetett alga tulajdonságait pedig a 3. táblázat szemlélteti.

A 3 kísérleti csoport takarmányába 0,5-1,0-1,5% *Chlorella* algaport kevertünk, illetve az extrahált szójadara mennyiségét ugyanennyivel csökkentettük. Az állatok a takarmányt étvágy szerinti mennyiségben fogyaszthatták, ami megfelel a tenyésztő szervezet ajánlásának.

A madarak fejlődését az egyes csoportokban hetente 20-20 egyed leméréssel követtük nyomon. A takarmányfogyasztást ugyancsak egyhetes időközökkel határozták meg az üzemben, az egész csoportra vonatkozóan.

Ebből az adatból, a csoportok egyedszámából, továbbá a heti súlygyarapodásból számítottuk ki a fajlagos takarmányhasznosítás értékét az adott hétre. A 4-6. táblázatokban bemutatott eredményeket tehát csoportonként a heti 1 adatból határoztuk meg.

Az állatok átlagos grilltömegét a húsüzemben, csoportonként 10-10 egyed adatának rögzítésével állapítottuk meg. A vágott áru minőségét a kobzási adatok megadásával jellemezzük. Annak érdekében, hogy az eltérő csoportlétszámok

1. táblázat

A Hybrid Converter pecsenyepulyka tojók standard termelési paraméterei

Életkor (hét) (1)	Testsúly (kg) (2)	Heti takarmány-felvétel (kg/egyed) (3)	Súlygyarapodás (kg/hét) (4)	Fajlagos takarmányhasznosítás (kg/kg) (5)
6	2,36	1,08	---	1,64
7	3,16	1,39	0,80	1,74
8	4,05	1,60	0,89	1,80
9	4,98	1,82	0,93	1,96
10	5,94	2,03	0,96	2,11
11	6,88	2,14	0,94	2,28
12	7,80	2,26	0,92	2,44
13	8,66	2,32	0,86	2,70
14	9,45	2,40	0,79	3,05
A vizsgált időszak átlagában (6)		1,89	0,89	2,19

Forrás (7): www.hybridturkeys.com

Table 1. Standard values of production traits of Hybrid Converter females
age (week) (1); live body weight (kg) (2); weekly feed intake (kg/bird) (3); body weight gain (kg/week) (4); feed conversion ratio (FCR in kg/kg) (5); average values over the experimental period (6); source (7)

2. táblázat

A kísérletben etetett kontroll pulykatápok táplálóanyag-tartalma

Nedvesség, tápláló- és ásványi anyagok (1)	%-os arány (2)
Nedvesség (3)	12,60
Nyersfehérje (4)	16,30
Nyerszsír (5)	5,60
Nyersrost (6)	3,91
Hamu (7)	4,24
Lizin (8)	1,02
Metionin (9)	0,44
Ca	0,94
P	0,61
Na	0,16

Forrás (10): Y Pulyka Kft., Mágocs

Table 2. Nutrient content of turkey feed fed in the control groups
 moisture-, nutrient- and mineral content (1); percent in the diet (2); moisture (3); crude protein (4); crude fat (5); crude fibre (6); ash content (7); lysine (8); methionine (9); source (10)

3. táblázat

A kísérletben felhasznált alga jellemzői

Név (1)	<i>Chlorella</i>
Megjelenés (2)	Finom zöld por (3)
Íz és szag (4)	Természetes (5)
80 mesh méreten átmegy (%) (6)	100
Nyersfehérje (%) (7)	64,5
Karotinoid (%) (8)	2,1
Hamu (%) (9)	6,2
Összes nehézfém (ppm) (10)	0,82
Növényvédőszer (11)	Nem kimutatható (12)
<i>Escherichia coli</i>	Mentes (13)
<i>Salmonella</i>	Mentes (13)

Table 3. The characteristics of the experimental algae
 name (breed) (1); physical appearance (2); fine green powder (3); flavor and odour (4); natural (5); passing through the 80-mesh screen (%) (6); crude protein content (7); carotenoid content (8); crude ash content (9); total heavy metal content (ppm) (10); pesticide content (11); non detectable (12); free (13)

ne zavarják az eredmények összehasonlíthatóságát, az összes kobzás mennyiségét – csoportonként – %-ban adjuk meg.

Az adatok kiértékelése Microsoft Excel programban történt. A csoportátlagokat egymáshoz kétmintás t-próba, a vizsgált hibridre vonatkozó standard termelési értékekhez pedig egymintás t-próba segítségével hasonlítottuk (Reichart, 2005). Az elhullási- és kobzási adatok száma – mivel ezekkel kapcsolatosan csoportonként csak 1 adat áll rendelkezésre – nem teszi lehetővé a statisztikai szempontú értékelést.

EREDMÉNYEK

Algaetetés hatása az állatok testsúlyára és súlygyarapodására

A kísérletbe vont állományok átlagos testsúlyának alakulását, valamint az adott hibridre vonatkozó standard értékeket a 1-3. ábrák szemléltetik. Összességében megállapítható, hogy a madarak realizálódott átlagos testsúlya kismértékben elmaradt a standard értéktől, továbbá az algát fogyasztó és a kontroll állatok testsúlya között egyik algaadagolásnál sem alakult ki érdemi különbség.

A 0,5% algával végzett vizsgálat során – a teljes vizsgálati idő átlagában – a kontroll állatok $90,93 \pm 3,43\%$ -át, míg az algát fogyasztók $91,82 \pm 3,16\%$ -át érték el a standard értékeknek ($p > 0,05$). Hasonló eredményekre jutottunk 1,0% alga-kiegészítést alkalmazva: $89,26 \pm 3,64\%$ (kontroll) szemben a $87,48 \pm 4,49\%$ -kal (kísérleti; $p > 0,05$), illetve 1,5% algatartalmú táp hatását vizsgálva is: $96,50 \pm 6,03\%$ (kontroll) szemben a $97,84 \pm 5,69\%$ -kal (kísérleti; $p > 0,05$).

1. ábra Az állatok átlagos testsúlyának alakulása a 0,5%-os kezelés esetén (n = 20)

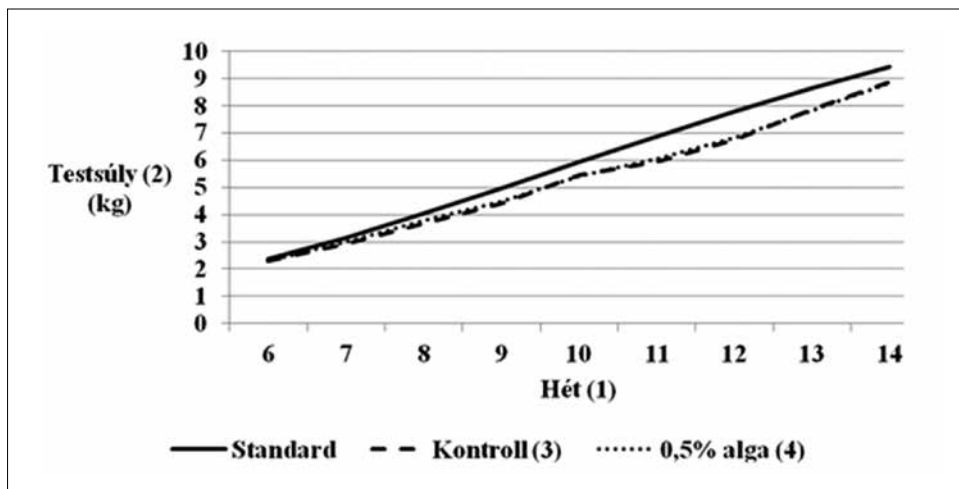


Figure 1. Average live body weight of animals (kg) fed diet containing 0.5% algae week (1); live body weight (2); control group (3); experimental group fed diet supplemented with 0.5% algae (4)

2. ábra Az állatok átlagos testsúlyának alakulása az 1,0%-os kezelés esetén (n = 20)

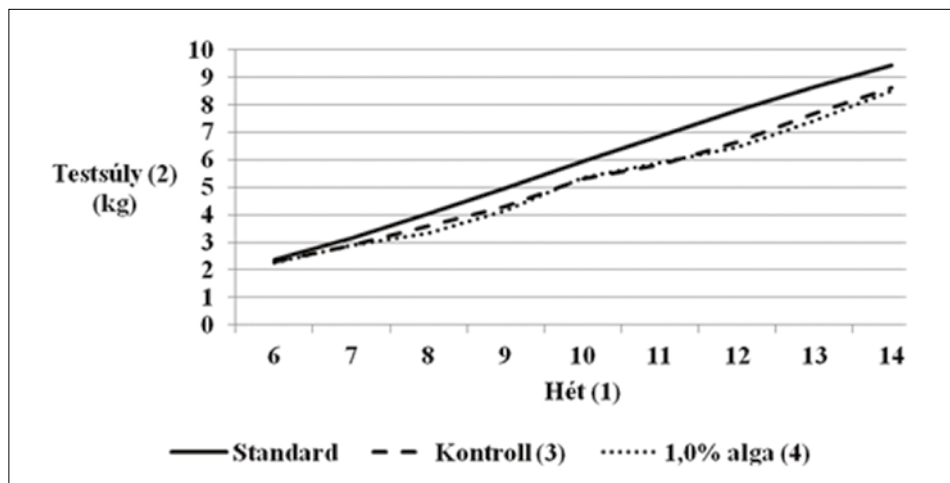


Figure 2. Average live body weight of animals (kg) fed diet containing 1.0% algae week (1); live body weight (2); control group (3); experimental group fed diet supplemented with 1.0% algae (4)

3. ábra Az állatok átlagos testsúlyának alakulása a 1,5%-os kezelés esetén (n = 20)

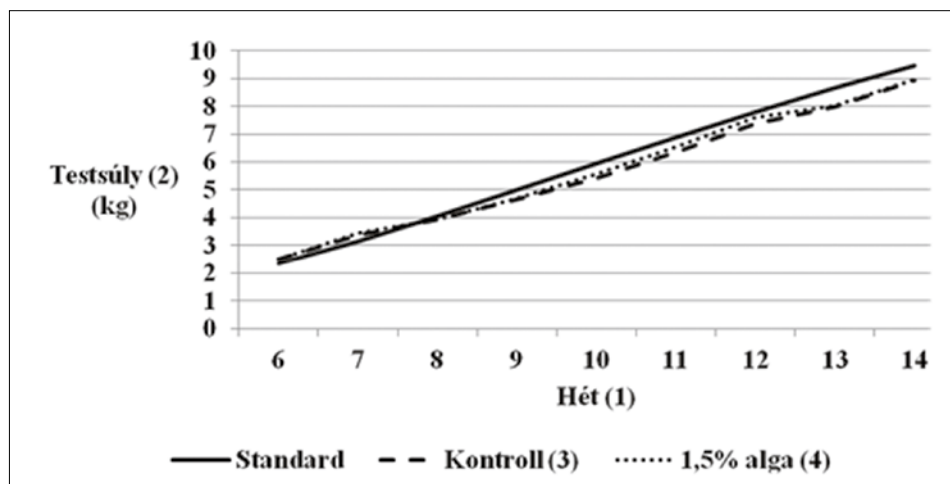


Figure 3. Average live body weight of animals (kg) fed diet containing 1.5% algae week (1); live body weight (2); control group (3); experimental group fed diet supplemented with 1.5% algae (4)

A kísérleti állatok súlygyarapodását (kg/hét) elemezve is jól látható, hogy nem alakult ki különbség az algát fogyasztó és a kontroll csoportok fejlődése között (4. táblázat). A standard adatokból számított érték 0,89 kg/hét, amelytől kissé elmaradt mind a hat csoport eredménye, de az eltérés egyik esetben sem szignifikáns ($p > 0,05$).

4. táblázat

A csoportok heti súlygyarapodása (kg/hét), a teljes vizsgálati időszak átlagában (n = 8)

0,5% alga (1)		1,0% alga (1)		1,5% alga (1)	
Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
0,83 ± 0,22	0,82 ± 0,14	0,79 ± 0,18	0,78 ± 0,28	0,80 ± 0,17	0,81 ± 0,23
p > 0,05		p > 0,05		p > 0,05	
A standard adatokból számított érték (4) = 0,89					
p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Table 4. Average body weight gain (kg/week) of groups during experimental period concentration of algae in the feed (%) (1); control group (2); experimental group (3); value calculated from standard data (4)

Algaetetés hatása az állatok takarmányfelvételére

A heti takarmányfelvétel teljes vizsgálati időszakra vonatkozó csoportonkénti átlagait az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat

A csoportok heti takarmányfelvétele (kg/egyed), a teljes vizsgálati időszak átlagában (n = 8)

0,5% alga (1)		1,0% alga (1)		1,5% alga (1)	
Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
1,91 ± 0,39	1,95 ± 0,38	1,91 ± 0,45	1,97 ± 0,45	1,91 ± 0,39	1,98 ± 0,43
p > 0,05		p > 0,05		p > 0,05	
A standard adatokból számított érték (4) = 1,89					
p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Table 5. Weekly feed intake (kg/bird) of groups during experimental period (1-4) same as Table 4.

Megállapítható, hogy minden kontroll csoport heti takarmányfelvétele jó egyezést mutat a vizsgált hibridre jellemző standard adatokból számított értékkel (1,89 kg/hét). Az extrahált szójadara algával történő részbeni kiváltásának hatására nem jelentős mértékben növekedett az állatok takarmányfelvétele. A tapasztalt változások sem a kontrollhoz, sem a standard értékhez viszonyítva nem szignifikánsak (p > 0,05).

Algaetetés hatása az állatok fajlagos takarmányhasznosítására

A fajlagos takarmányhasznosítás heti részeredményeinek teljes vizsgálati időszakra vonatkozó csoportonkénti átlagait az 6. táblázat foglalja össze.

A standard adatokból számított eredmény 2,19 kg/kg, amelyhez képest minden

6. táblázat

A csoportok fajlagos takarmányhasznosítása (kg/kg), a teljes vizsgálati időszak átlagában (n = 8)

0,5% alga (1)		1,0% alga (1)		1,5% alga (1)	
Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
2,23 ± 0,30	2,44 ± 0,49	2,35 ± 0,30	2,59 ± 0,85	2,50 ± 0,61	2,41 ± 0,56
p > 0,05		p > 0,05		p > 0,05	
A standard adatokból számított érték (4) = 2,19					
p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05	p > 0,05

Table 6. Feed conversion ratio (kg/kg) of groups during the experimental period (1-4) same as Table 4.

vizsgált csoport takarmányhasznosítása kissé kedvezőtlenebbnek bizonyult. Legnagyobb eltérés az 1%-os kísérleti csoportnál figyelhető meg (a standard érték 118%-a), ugyanitt CV = 33%. Ez részben adódhat a heti takarmányfeladás üzemi pontatlanságaiból, emellett esetleg a madarak egészségi állapotával is összefüggésbe hozható. Bár a kísérlet ideje alatt konkrét betegséget egyik csoportban sem észleltek, meg szükséges jegyezni, hogy az elhullási veszteség (4. ábra) is ebben az egy esetben haladta meg az adott istállóban elhelyezett kontroll csoportét.

A 6. táblázat adataiból megállapítható, hogy az algát fogyasztó és a kontroll állatok fajlagos takarmányhasznosítása egyik vizsgált algaarány esetén sem tért el jelentősen (p > 0,05), továbbá a standard adatokból számított érték és az egyes csoportok teljesítménye között sem alakult ki statisztikailag igazolható különbség (p > 0,05). A fajlagos takarmányhasznosítás tekintetében tehát nem tapasztaltunk szignifikáns különbséget az alkalmazott algakoncentrációk között.

4. ábra Elhullási veszteség (%) a kísérlet ideje alatt

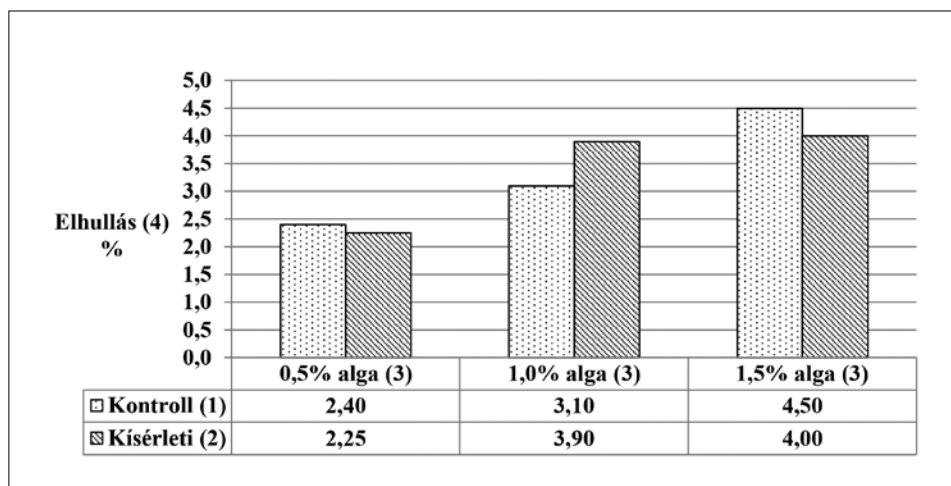


Figure 4. Mortality (%) during the experimental period control group (1); experimental group (2); concentration of algae in the feed (%) (3); mortality (4)

Algaetetés hatása az állatok vágási tulajdonságaira

A vizsgált csoportok grilltömegét a 7. táblázat tartalmazza. Az eredményekből látható, hogy az algát fogyasztó kísérleti, illetve a kontroll állatok grilltömege minden vizsgált algakonzentráció esetén gyakorlatilag azonos volt ($p > 0,05$).

A kobzásra vonatkozó adatokat a 8. táblázat mutatja be. Megállapítható, hogy az algát tartalmazó takarmányt fogyasztó állományokból hasonló minőségű vágott áru keletkezett, mint a kontroll csoportokból. A %-ban kifejezett összes kobzás a 0,5%-os kezelés kontroll csoportjánál valamivel kevesebb volt, mint a többi csoportban, de az elkobzott testrészek arányában lényeges eltérés ott sem érzékelhető. A többi öt csoport eredménye számottevően nem különbözik egymástól, és a kezelések között tendencia nem tapasztalható.

7. táblázat

Átlagos grilltömeg (kg) alakulása az egyes csoportokban (n = 10)

0,5% alga (1)		1,0% alga (1)		1,5% alga (1)	
Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
5,58 ± 0,18	5,54 ± 0,14	5,53 ± 0,19	5,50 ± 0,17	5,62 ± 0,13	5,70 ± 0,12
p > 0,05		p > 0,05		p > 0,05	

Table 7. Average grill weight (kg) of each group (1-3) same as Table 4.

8. táblázat

Húsüzemi kobzások mennyisége (%) az egyes csoportokban

	0,5% alga (1)		1,0% alga (1)		1,5% alga (1)	
	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)	Kontroll (2)	Kísérleti (3)
Egész test (4)	0	0	0	0	0	0
Mell (5)	0	0,05	0,10	0	0	0
Szárny (6)	0,30	0,41	0,41	0,26	0,42	0,41
Máj és egyéb (7)	0,72	0,82	0,93	1,09	0,84	0,94
Összesen (8)	1,02	1,28	1,44	1,35	1,26	1,35

Table 8. Ratio of condemned organs (%) in each group (1-3) same as Table 4.; whole body (4); breast (5); wing (6); liver and others (7); total (8)

EREDMÉNYEK MEGBESZÉLÉSE, KÖVETKEZTETÉSEK

Vizsgálati eredményeink részben megegyeznek a hazai és külföldi szakirodalomban található adatokkal. A *Chlorella* etetésével szerzett tapasztalatok közül *Oh* és *mtsai* (2015) kacsákon lefolytatott vizsgálatait emeljük ki elsőként, melynek során már 1-2 g/kg *Chlorella*-készítmény (CBT®) is növelte az állatok súlygyarapodását és hizlalási végsúlyát. *Kang* és *mtsai* (2013) pedig pecsenyecsirkék esetében tapasztalták különböző *Chlorella*-készítmények (1%) kedvező hatását a tömeggyarapodásra. Saját vizsgálatainkban ez a hatás nem igazolódtott, mivel még a pulykatáp 1,5%-át kitevő *Chlorella* algapor sem befolyásolta az állatok adott időre elért élősúlyát (és grilltömegét sem). A standard értékektől való kismértékű elmaradás – az algát nem fogyasztó – kontroll csoportoknál is megfigyelhető, így nem lehet az algaetetés következménye.

A *Chlorella*-kiegészítés – saját eredményeinkkel megegyezően – egyik említett kísérletben sem volt szignifikáns hatással a baromfi takarmányhasznosítására. A takarmányfelvételt *Kang* és *mtsai* (2013) vizsgálataiban sem változott, ezzel szemben *Oh* és *mtsai* (2015) növekvő takarmányfogyasztást tapasztaltak a *Chlorella*-etetés következményeként.

Más fajú mikroalga hizlalási paraméterekre kifejtett hatásával kapcsolatban hazai adatokkal is rendelkezünk. *B. Kissné* (2004) *Spirulina platensis*-szel végezte vizsgálatait, melyet magában, illetve különböző tejsavbaktérium-fajokkal (*Lb. acidophylus*, *Lb. plantarum*) kombinálva adagolt a pecsenyecsirkék részére. A kezelések nem voltak szignifikáns hatással sem a napi tömeggyarapodásra, sem a fajlagos takarmányhasznosításra.

A *Spirulina* fajokkal – melyeket legfeljebb 30%-os arányban keverték a takarmányhoz – mára már külföldön is számos etetési kísérletet végeztek. Az eredmények azt mutatják, hogy a mikroalga fehérje- és energiatartalmát más fehérjehordozókéhoz hasonló hatékonysággal, sőt bizonyos esetekben akár 10%-kal jobban is képes hasznosítani a baromfi (*Becker*, 2004). A Szerző arról is beszámol, hogy 10 g/kg *Spirulina* etetését követően szignifikánsan nagyobb tömeggyarapodást és kisebb elhullási arányt figyeltek meg a pulykáknál. Kísérletünk során – legfeljebb 1,5% *Chlorella* mikroalgát alkalmazva – nem tapasztaltunk összefüggést az algaetetés és az elhullási arányok alakulása között.

A kísérlet eredményeit összegezve megállapítható, hogy a *Chlorella* algapor – amennyiben lehetővé teszi az ára – 1,5%-ig biztonságosan használható fel a vizsgált pulykatápban. Az alkalmazott mennyiségek (0,5-1,0-1,5%) hatása között egyik vizsgált paraméter tekintetében sem tapasztaltunk szignifikáns különbséget.

Jelen tanulmányt elsősorban az alapvető termelés-élettani kérdések tisztázása céljából végeztük. Gyakorlati oldalról a nagyobb arányú algapor-etetés hatásainak vizsgálata kívánatos a jövőben, ugyanis az jelent számottevő előnyt abban az esetben, ha ökonómiai szempontból indokoltá válik az extrahált szójadara részbeni kiváltása a takarmányból. Egyes irodalmi adatok (*Ross* és *Dominy*, 1990; *Spolaore* és *mtsai*, 2006) szerint ugyanis a mikroalgák még 5-10%-ig bekeverve is biztonságosan felhasználhatók a baromfitápokban.

IRODALOMJEGYZÉK

- B. Kissné K. G. (2004): Alga biomasszaliszt felhasználása a pecsenyecsirkék takarmányozásában. XXX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 2004. október 7.
- Bartos Á. – Pál L. – Bányai A. – Horváth P. – Wágner L. – Dublec K. (2004): Elterő zsírsav-összetételű olajok hatása a brojler csirkék teljesítményére, a hús élvezeti értékére, valamint a szövetek zsírsav-összetételére. XXX. Óvári Tudományos Napok, Mosonmagyaróvár, 2004. október 7.
- Becker, E. W. (2004): Microalgae in human and animal nutrition. In: *Richmond, A.* (ed.) Handbook of Microalgae Culture. Biotechnol Applied Phycol., Oxford, Blackwell Science, 312-351.
- Dublec K. (2014): A pulyka-takarmányozás néhány sajátossága. *Baromfi Hírmondó*, 16. sz. (1. negyedév), 6-10.
- Janczyk, P. – Halle, B. – Souffrant, W. B. (2009): Microbial community composition of the crop and ceca contents of laying hens fed diets supplemented with *Chlorella vulgaris*. *Poultry Sci.*, 88. 2324–2332.
- Jeong WooCheol – Lee JeongYeoul – Kim SangHo – Lee SangJin – Choi ByeongDae – Kang SeokJoong (2008): Production of DHA-rich meats and eggs from chickens fed fermented soybean meal by marine microalgae (*Schizochytrium mangrovei* MM103). *Korean J. Poultry Sci.*, 35. 255-265.
- Juhász A. (2002): A vakbélirtás hatása a pecsenyecsirkék N-forgalmára, valamint a fehérje és az aminosavak látszólagos és tényleges emészthetőségének alakulására. Doktori (PhD) értekezés, Mosonmagyaróvár, 39.
- Kang, H. K. – Salim†, H. M. – Akter, L. N. – Kim, D. W. – Kim, J. H. – Bang, H. T. – Kim, M. J. – Na, J. C. – Hwangbo, J. – Choi, H. C. – Suh, O. S. (2013): Effect of various forms of dietary *Chlorella* supplementation on growth performance, immune characteristics, and intestinal microflora population of broiler chickens. *J. Appl. Poultry Res.*, 22. 100-108.
- Nobar, R. S. – Ghorbani, A. – Nazeradi, K. – Shahriyar, H. A. – Maghami, S. G. (2011): Modification of ratio n-6 and n-3 fatty acids in the abdominal fat of native turkeys. *Global Vet.*, 6. 258–261.
- Oh, S. T. – Zheng, L. – Kwon, H. J. – Choo, Y. K. – Lee, K. W. – Kang, C. W. – An, B. K. (2015): Effects of dietary fermented *Chlorella vulgaris* (CBT®) on growth performance, relative organ weights, cecal microflora, tibia bone characteristics, and meat qualities in Pekin ducks. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.*, 28. 95–101.
- Reichart O. (2005): Kísérlettervezés és értékelés a mikrobiológiai gyakorlatban. Budapest. 53-55, 57-58, 99, 101, 108.
- Ross, E. – Dominy, W. (1990): The nutritional value of dehydrated, blue-green algae (*Spirulina platensis*) for poultry. *Poultry Sci.*, 69. 794–800.
- Salamatdoustnobar, R. – Ghorbani, A. – Adl, K. N. – Maghami, S. S. G. (2011): Transfer of dietary n-3 fatty acids to liver of turkeys. *Global Vet.*, 6. 426–428.
- Schmidt J. /szerk./ (2015): A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 260-261.
- Spolaore, P. – Joannis-Cassan, C. – Duran, E. – Isambert A. (2006): Commercial applications of microalgae. *J. Biosci. Bioengineering*, 101. 86-96.
- Vincze L. (2012): Mikro alga: a jövő takarmánya? *Magyar Állattenyésztők Lapja*, 40. 24-25.
- Waldenstedt, L. – Inbarr, J. – Hansson, I. – Elwinger, K. (2003): Effects of astaxanthin-rich algal meal (*Haematococcus pluvalis*) on growth performance, caecal campylobacter and clostridial counts and tissue astaxanthin concentration of broiler chickens. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 108. 119-132.

Érkezett: 2016. március

Szerzők címe: Ribács A. – Mészáros M. – Futó Z. – Egri Z.
Szent István Egyetem; Gazdasági-, Agrár- és Egészségtudományi Kar,
Tessedik Campus

Author's address: Szent István University; Faculty of Economics, Agriculture and Health Sciences, Tessedik Campus
H-5540 Szarvas, Szabadság u. 1-3.

Galló J.

Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ – Állattenyésztési,
Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet
National Agricultural Research and Innovation Centre – Research Institute for
Animal Breeding, Nutrition and Meat Science
H-2053 Herceghalom, Gesztenyés u. 1.

GRATULÁLUNK

Az idén 90. életévét betöltő **Kovács József professor emeritust**, a hazai sertésenyésztés ikonikus személyét, az **Év Agrárembere rendezői Életmű-díjjal** tüntették ki. **Füller Imre**, a Magyartarka Egyesület ügyvezetője kapta állattenyésztési kategóriában az Év Agrárszakembere díjat.

Köszönjük az alább felsorolt kollégáinknak, hogy a kéziratok lelkiismeretes bírálatával 2016-ban hozzájárultak folyóiratunk tudományos színvonalának megőrzéséhez: *Balláné Erdélyi Márta, Bene Szabolcs, Bercsényi Miklós, Bokor Árpád, Fébel Hedvig, Gáspárdy András, Gulyás László, Halas Veronika, Hidas András, Hullár István, Kovácsné Gaál Katalin, Mesterházy Ákos, Mézes Miklós, Nagy István, Nagy Szabolcs, Nyárs László, Orosz Szilvia, Ózsvári László, Polgár J. Péter, Póti Péter, Schmidt János, Stündl László, Sütő Zoltán, Szabó Ferenc, Tanai Attila, Tóth Tamás, Tózsér János, Urbányi Béla, Zsedely Eszter, Zsolnai Attila.*

PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS ÉS TAKARMÁNYOZÁS

HALAS VERONIKA

ÖSSZEFOGLALÁS

Jelen közlemény célja, hogy bemutassa azokat a tendenciákat, amelyek hozzájárultak az élelmiszer előállítás hatékonyságának növekedéséhez és megteremtették az alapot a precíziós állattartás koncepciójának kidolgozásához, valamint hogy összefoglalja a precíziós állattartás és takarmányozás legfontosabb jellemzőit. Az irodalmi áttekintés rámutat az innováció fontosságára e folyamatban és tárgyalja azokat az elemeket, melyek megkülönböztetik a precíziós állattartást a hagyományos technológiáktól. A precíziós állattartás a legfejlettebb technológiák felhasználásával olyan tartási, takarmányozási és management rendszert valósít meg, amely a nagy létszámú telepeken is lehetővé teszi az állatok „egyedi gondozását”, a problémák korai felismerését és hatékony megoldását. Az ide vonatkozó vizsgálatok és áttekintő közlemények arra hívják fel a figyelmet, hogy a precíziós állattenyésztés és takarmányozás alkalmazásával az élelmiszer alapanyag (hús, tej, tojás) előállítás hatékonysága és az állati termék minősége javítható. Az info-kommunikáció integrálásával olyan gyors reagálású jelzőrendszereket lehet az állati termék előállítás során alkalmazni, melyek minimálisra csökkentik az állategészségügyi problémák kockázatát, így a precíziós termelési rendszerekben jelentősen növelhető a takarmány- és az élelmiszerbiztonság. További előnyt jelent, hogy nagymértékben csökkenteni lehet az állattartás környezetterhelését és ökológiai lábnyomát, ami vitathatatlanul hozzájárul az ágazat fenntarthatóságához.

SUMMARY

Halas, V.: PRECISION LIVESTOCK FARMING AND NUTRITION

The scope of the present paper is to introduce the tendencies resulted in improvement of the efficiency of animal farming and to serve as a startpoint to develop the concept of precision livestock management as well as to provide an overview on the most important attributes of precision livestock farming and nutrition. This literature review points out the importance of innovation in this progress and discusses the elements of the precision techniques compared to conventional animal farming. Precision livestock farming provides the opportunity for animal husbandry, nutrition and management to handle animals individually even on large scale farms, to identify problems early and solve problems with using state-of-the-Art technologies. Relevant studies and reviews suggest that application of precision farming and nutrition improves the efficiency of animal (meat, egg, and milk) production as well as the product quality. By integrating the info-communication techniques prompt alarm systems can be implicated that minimizes the animal health hazards and thus the feed and food safety can significantly be improved in precision farming systems. Further benefit is that the environmental load and ecological footprint of the animal production can be reduced, which supports the sustainability of the sector.

BEVEZETÉS

A precíziós állattartás vagy precíziós állattenyésztés kifejezéssel az utóbbi évtizedben ismerkedhetett meg a szakma. Az első, ebben a témában tartott európai konferenciát 2003-ban szervezték (Cox, 2003). Angol nyelvterületen Precision Livestock Farming (PLF) illetve smart farming elnevezéseket használnak, mely utóbbi találó kifejezés arra, hogy a precíziós gazdálkodás során számos úgynevezett „intelligens” technológiát alkalmaznak. Az élelmiszertermelés kapcsán a precíziós jelző először a növénytermesztéshez kapcsolódott arra utalva, hogy a növények tápanyag utánpótlása és növényvédelmi kezelése célzottan, a környezeti feltételek minél pontosabb ismeretével és annak figyelembevételével valósul meg. A precíziós állattartás és takarmányozás kifejezés is hasonló filozófiát takar, az állatoktól és a környezetről gyűjtött információk alapján egy nagyon jól szabályozott és felügyelt rendszert alakítunk ki, melynek segítségével az állatok genetikai lehetőségeit optimálisan tudjuk kihasználni. Mindezen célok megvalósításához a PLF rendszerek számos innovációra épülnek.

Jelen közlemény célja, hogy bemutassa azokat a tendenciákat, melyek hozzájárultak az élelmiszer előállítás hatékonyságának növekedéséhez, a precíziós állattartás koncepciójának kidolgozásához. További cél, hogy összefoglalja a precíziós állattartás és takarmányozás legfontosabb jellemzőit és azt, hogy milyen előnyök származnak az alkalmazás során.

INNOVÁCIÓ AZ ÉLELMISZER-ALAPANYAG ELŐÁLLÍTÁSBAN

Az agrártermelés célja, hogy az embereket megfelelő mennyiségű és minőségű táplálékkal lássa el, ami egyrészt az élelmiszer, másrészt az élelmiszer alapanyag előállítását jelenti. A fejlett civilizációk kialakulásában a mezőgazdasági tevékenységnek döntő szerepe volt, és a történelem során az agrárinnováció a népesség számának robbanásszerű növekedéséhez mindig nagymértékben hozzájárult.

Látva a népesség számának jelentős növekedését, már a 19. században többen a Föld túlnépesedését vizionálták, hiszen az akkori agrotechnikai lehetőségek valóban nem voltak alkalmasak a népességnövekedés ütemével arányosan növelni az élelmiszertermelést. A kémiai és az agrártudományok fejlődése azonban megoldotta a problémát. Az úgynevezett első zöld forradalom (1940-1960) a mezőgazdasági termelés – elsőként a növénytermesztés, majd az állattenyésztés – hatékonyságának ugrásszerű növekedését eredményezte. A forradalom kifejezés itt különösen helytálló, mert nem a korábbi technológiák fejlesztése, hanem a tudományos és technológiai tudástranszfer gyakorlati megvalósítása történt meg: nagy termőképességű növény (elsősorban gabona) fajták kialakítása, öntözéses rendszerek kidolgozása, műtrágyák, növényvédő szerek használata. Az első zöld forradalom egyenes következménye volt a növekvő állatlétszám. Az állatlétszám növekedése, főként a sertés és baromfi fajok esetében azonban tovább növelte az abraktakarmányok (gabona, hüvelyesek) iránti igényt.

Jelenleg a Föld agrártermelésbe vont területe gyakorlatilag nem növelhető, sőt a fejlett világ országaiban a termőterület aránya fokozatosan csökken az urbanizáció, a városok növekedése, az utak fejlesztése miatt. Ehhez járul továbbá az is, hogy a nem megfelelő agrotechnika alkalmazása miatt bekövetkező talajerózió

a fejlődő országokban épp azokat területeket sújtja a leginkább, melyekben a népességszám amúgy is kritikus. A 21. század fordulóján be kellett látni, hogy a Föld eltartó képessége rendkívül korlátozott és csak akkor lesz képes kiszolgálni az emberiséget, ha még tovább növeljük az agrártermelés hatékonyságát úgy, hogy közben a káros anyag kibocsátást drasztikusan lecsökkentjük. Ez a filozófia hívta életre az úgynevezett második zöld forradalmat, melynek lényege a fenntartható mezőgazdaság megteremtése.

A fenntarthatóság mellett azonban az agrártermelésnek további kihívásokkal is számolni kell: a jó minőségű és biztonságos élelmiszerek iránti igény és az ezt megfizetni képes kereslet is növekedésnek indult. Ez a tendencia elsősorban a dinamikusan fejlődő, nagy lélekszámú országok (India, Kína) esetében jelent megoldandó problémát. Az állattenyésztési ágazatok esetében a társadalom felől érkező nyomás az állatjólét vélt vagy valós megóvására további technológiai újításokat igényel az állatok tartási rendszereiben. A gazdasági haszonállatok megfelelő elhelyezése, a tartási körülmények javítása jogos elvárás, de sok esetben a hozzá nem értés bizony nagyobb kárt tesz, mint amennyi jószándék vezetett az állatvédőket.

Az előttünk álló időszak nagy kihívása tehát a fenntartható mezőgazdaság megteremtése, ami csak akkor valósítható meg, ha az egyes ágazatokat nem kiragadva, hanem az élelmiszer előállító lánc részeként tekintjük és tudjuk, hogy a lánc minden elemében biztosítani kell az innovációt, a hatékony tudományos és technológiai tudástranszfert. Az innováció jellemzően több tudományág vagy tudományterület összefogásával erősíthető, hiszen az interdiszciplináris kutatások során az ismeretanyag összeadódik és így egy probléma megoldása során új dimenziók nyílhatnak meg.

Ismert, hogy az állati eredetű élelmiszertermelést a gazdasági haszonállatok genetikai képességein kívül döntően a takarmányozás határozza meg. A megtermelt tej, hús, tojás mennyiségét és minőségét az állatok táplálóanyag ellátásával befolyásolni tudjuk. Azt is látni kell azonban, hogy a hatékonyság növeléséhez, valamint az élelmiszer minőséggel és biztonsággal kapcsolatos elvárások teljesítéséhez a klasszikus takarmányozási ismeretek már nem elegendőek. Ezért szükséges a takarmányozásnak az újabb területeit is bevonni az innovációs tevékenységbe (Babinszky és Halas, 2009). Ez a folyamat nem most indult el, hiszen a takarmányozás-élettan vagy a takarmányozás-immunológia már korábban is nagyon fontos része volt a modern takarmányozásnak. Az 1. ábra azt mutatja, hogy a klasszikus takarmányozási ismereteket milyen más természettudományi és/vagy műszaki tudományterületekkel kell bővíteni annak érdekében, hogy a mai kihívásokra adekvát választ tudjunk adni. Ilyen viszonylag új terület például a molekuláris takarmányozás, vagy a növekedés matematikai modellezése. A klasszikus takarmányozási ismeretek, továbbá a természettudományi területekkel kibővített új takarmányozási ismeretek és az informatika sajátos ötvözéséből alakult ki a precíziós takarmányozás (Babinszky és Halas, 2009).

A precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása a precíziós állattartás feltételeinek megteremtésével lehetséges. A következőkben áttekintjük a precíziós állattartás (precision livestock farming – PLF) lényegét és azokat a technológiai elemeket, amelyek megkülönböztetik a hagyományos technológiáktól.

1. ábra **A klasszikus takarmányozás és a társtudományok kapcsolata**
(Babinszky és Halas, 2009)

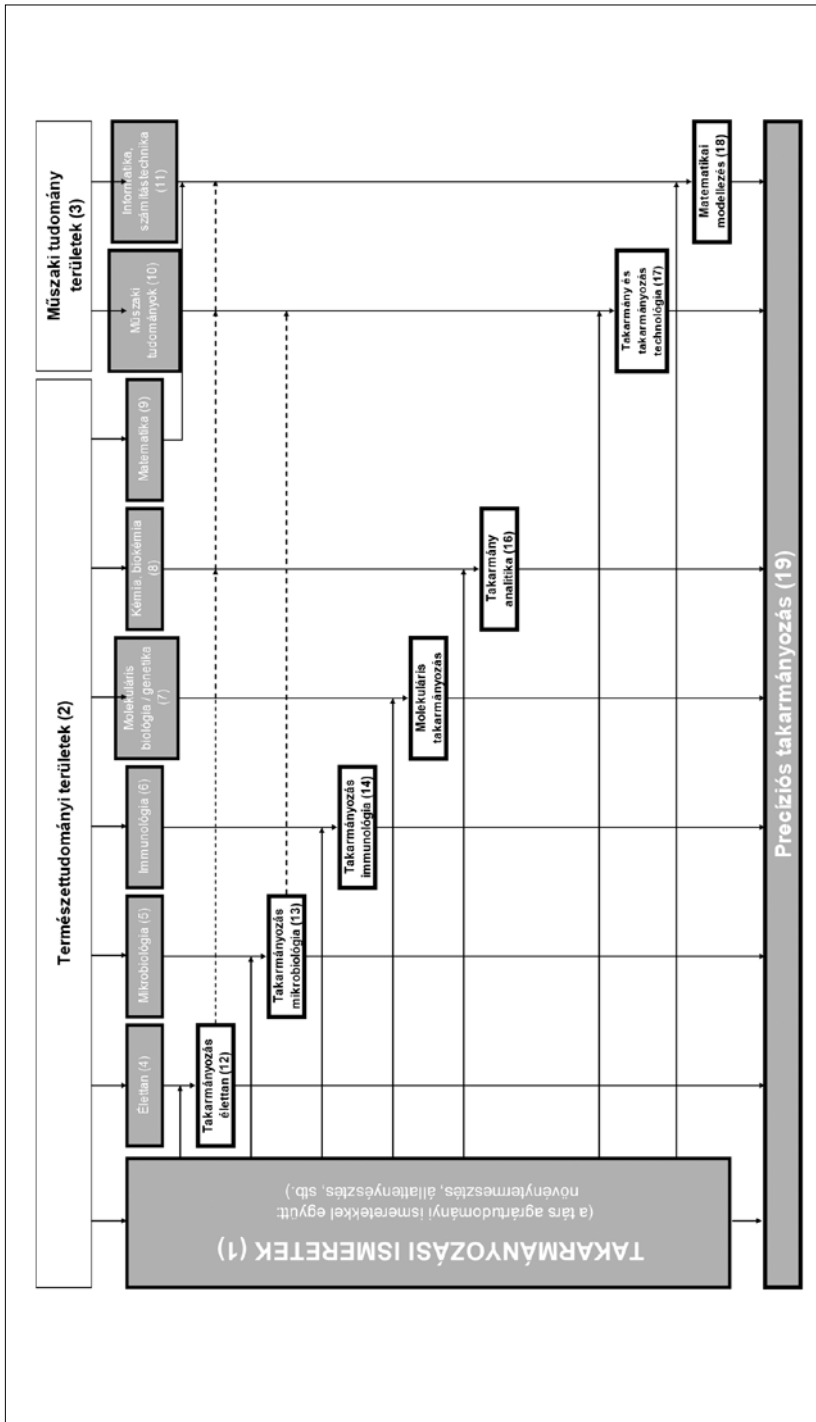


Figure 1. Relationship between traditional animal nutrition and other related sciences (Babinszky and Halas, 2009)
 animal nutrition (including plant production, animal husbandry) (1); natural sciences (2); technological sciences (3); physiology (4); microbiology (5);
 immunology (6); molecular biology/genetics (7); chemistry, biochemistry (8); mathematics (9); technological sciences (10); informatics, computer
 sciences (11); nutritional physiology (12); nutritional microbiology (13); nutritional immunology (14); molecular nutrition (15); feed analysis (16); feed
 and feeding technology (17); mathematical modeling (18); precision nutrition (19)

PRECÍZIÓS ÁLLATTARTÁS

A PLF rendszerek a biológiai hatékonyság növeléséhez igénybe veszik a kutatás-fejlesztés eredményeit, melyek a technológiai innováció, a genetika, a takarmányozás, az etológia és egyéb, az állati termelést befolyásoló tényezőkkel kapcsolatos új tudományos ismeretekhez kötődnek (Mollo és mtsai, 2009). A precíziós állattartás az IT technológiák alkalmazásával olyan tartási, takarmányozási és management rendszert valósít meg, mely a nagy létszámú telepeken is lehetővé teszi az állatok „egyedi gondozását”, a problémák korai felismerését és hatékony megoldását. Céljait tekintve alapvetően nem különbözik a hagyományos termelési technológiákat alkalmazó rendszerektől, a hatékonyság és versenyképesség érdekében optimális készletgazdálkodást valósít meg, miközben az élelmiszerminőség és -biztonság legmagasabb elvárásainak kíván megfelelni. A PLF rendszerek előnye a gyors reagálási képesség, mely az úgynevezett „real-time monitoring” rendszerek használatának és a legmodernebb kommunikációs technológiák felhasználásának köszönhető. A hagyományos rendszerekhez képest újítás az is, hogy technológiai fejlesztések során figyelembe veszik az állatok (természetes) viselkedését, igényeit, és az etológiai kutatások eredményeit. Ismert ugyanis, hogy az állatok komfortérzete nagymértékben kihat a teljesítményükre. Kísérletek bizonyítják, hogy a stressz faktorok számának növekedése csökkenti az állatok önkéntes takarmányfelvételét, ezen keresztül a gyarapodásukat és az egyéb termelési eredményeket (Hyun és mtsai, 1998). Az állatjóllét és a termelékenység közötti összefüggést jól szemlélteti a 2. ábra. Látható, hogy az állatok a természetes élőhelyükön nem élik meg az úgynevezett „maximális welfare”-t,

2. ábra Az állatjóllét és a termelékenység közötti kapcsolat (Edwards, 2004)

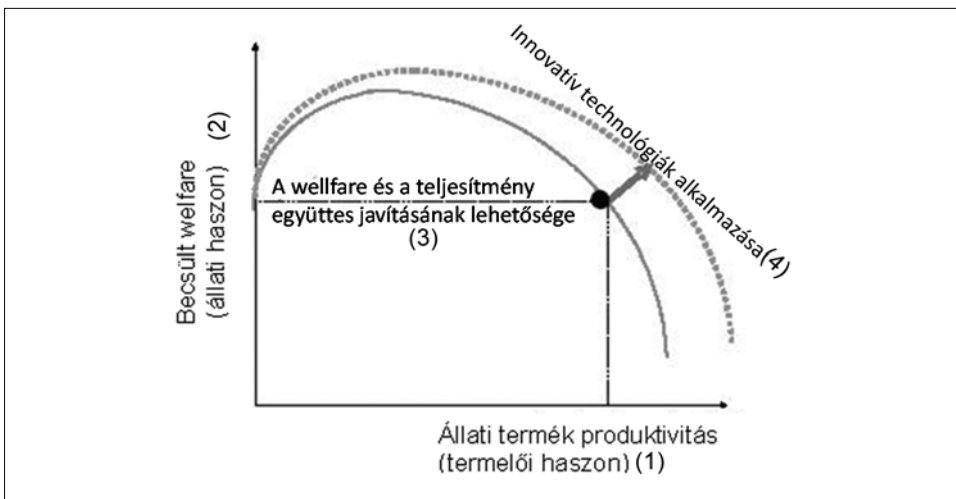


Figure 2. Relationship between predicted production and animal welfare (Edwards, 2004)
 animal production (human benefit) (1); estimated welfare (animal benefit) (2); improvement of animal production and welfare (3); application of innovation (4)

mivel a környezeti hőmérséklet, a ragadozók vagy egyéb állatok jelenléte, stb. zavarja a teljes nyugalmukat. A domesztikáció lényege, hogy az állatokat az ember kiszolgálja, a természetes élettérhez képest jobb (stressz mentesebb) körülményeket, állandó takarmány ellátást biztosít. Ezzel az állatjóllét is és ezen keresztül az állatok teljesítménye is jelentősen nő. Az állatsűrűség növelésével, az élettér korlátozásával a teljesítmény tovább növelhető, ez azonban az állatjóllét kárára történik. Az állatok komfortérzetének csökkenése egy ponton túl a teljesítmény drasztikus visszaesését eredményezi. A hagyományos rendszerekben azt a kompromisszumos állapotot igyekeztek megtalálni, ahol a termelés maximális, miközben az állatjólléti kérdések gyakran fel sem merültek. A technológiai elemek innovációja ezt az állatjóllét – termelési hatékonyság görbét mozdítja el úgy, hogy mind az állatjóllét, mind a termék előállítás hatékonysága javul.

Egy egyszerű, innovatív megoldás arra, hogy az állatjóllét javításán keresztül növelni lehet a hatékonyságot, ha a napos csibék istállójában a tyúk hangját az első 8-10 nap során bejátszuk (*Manteuffel és mtsai, 2004*). A tyúk hangja csökkenti a stressz hormonok szintjét a vérben, ezért a kismadarak nyugodtabbak és a genetikailag rögzített takarmány-felvételképességüknek megfelelő mennyiségű takarmányt fogyasztanak. A nagyobb takarmányfelvétel gyorsabb növekedést eredményez, és nagymértékben hozzájárul a tápcsatorna korai fejlődéséhez. Kísérletek bizonyítják, hogy ha a napos csibék életük első napjaiban nem kapnak megfelelő táplálóanyag ellátást, akkor a bélrendszer morfológiai fejlődése késik és az emésztés hatékonysága romlik (*Noy és Skilan, 1998*).

A precíziós állattartás eszközei

A precíziós állattartás során megfelelő eszközök, szenzorok és informatika segítségével folyamatosan nagy mennyiségű adatot gyűjtenek. Ezen adatok egyrészt a termelést jellemző, a hagyományos állattartásban is vizsgált paraméterek (aktuális takarmányfelvétel, élősúly, környezeti hőmérséklet, páratartalom), másrészt olyan új tényezők, amelyeket eddig nem vizsgáltak, mint például az állatok viselkedése, hangja vagy a testhőmérséklet folyamatos kontrollja (*Könyves és mtsai, 2015*). Az így összegyűlt információ számítógépes modellekkel kerül feldolgozásra, mely adott esetben közvetlen visszacsatolással változtat a technológiai elemeken (ventilláció, hőmérséklet, takarmány kiosztás szabályozása, stb.) vagy figyelmezteti a gazdát a döntési helyzetre és a beavatkozás szükségességére.

Elektronikus azonosítás, követhetőség

Az elektronikus azonosítás az állatok egyedi, elektronikus jelölését jelenti, jellemzően sertéseknél bőr alá bejuttatott chip, szarvasmarhák esetében transzponder, ami a precíziós állattartás egyik legfontosabb, de messze nem az egyetlen eleme. Az állatok egyedi azonosítása teszi lehetővé az úgynevezett „személyre szabott kezelések” lehetőségét, azt, hogy a nagy létszámú telepeken is egyedi gondoskodásban részesüljenek az állatok. A chip vagy transzponder segítségével minden kontroll ponton (etető berendezés, mérlegelés, fejőház, stb.) beazonosítható az állat és a róla gyűjtött információ akár külön is kezelhető.

Kép és hang analízis, real-time monitoring

A kép- és hanganalízis kiegészíti azokat az információkat, melyeket például a klíma szenzorokkal gyűjtünk (Könyves és mtsai, 2015). Ha az állatok egy csoportba vagy csoportokba gyűlnek, akkor ez utalhat arra, hogy a ventiláció nem egyenletes, vagy egyéb stresszorok zavarják a természetes nyugodt viselkedést. Ezen problémák felderítésének legjobb eszköze az állomány eloszlásának képi analízise (Berckmans, 2014). A video lehetőséget teremt a lábproblémák kiszűrésére is. A jellegzetes testtartás, a kezdődő sántaság a felvételeken jól látható (Berckmans, 2014). Az állatok hangjának folyamatos ellenőrzése is segítséget ad a problémák gyors kiszűréséhez, az állatok egymás közti kommunikációja illetve az állategészségügyi problémák pl. köhögés rendkívül informatívak lehetnek (Vanmeulen és mtsai, 2001; Berckmans, 2004; Könyves és mtsai, 2015). Ahhoz azonban, hogy a kép és hang analízis eredményeit helyesen és gyorsan tudjuk értékelni, megfelelő szofver szükséges.

Az élősúly nyomonkövetése hagyományosan egyedi mérlegeléssel történik, de a nagyüzemi sertéstartás során a csoportos elhelyezés jelentősen megnehezíti ezt. Ezért ilyen körülmények között célszerű más megoldást keresni arra, hogy emberi beavatkozás nélkül folyamatosan nyomonkövethessük az állatok súlyának alakulását. A korábban említett video rendszer ebben is segítséget ad. Kifejlesztettek egy számítógépes programot, mely a felvételek képeinek elemzésével, az állatok felülnézeti képén az egyes testtámrókból, testhosszúságból nagy pontossággal képes becsülni az állatok élősúlyát (Bánházi és mtsai., 2009).

Szenzorok alkalmazása

Az állatokról egyedi információt különböző szenzorokkal tudunk gyűjteni. Szenzorok elhelyezhetők az állatokon is, pl. tejelő teheneken, tenyészokcákon, leggyakrabban a testhőmérséklet mérése céljából. A testhőmérséklet és az aktivitás változása érzékeny indikátora az állategészségügyi problémáknak (pl. mastitis), de az ivarzás időpontjának meghatározásához is az egyik legbiztosabb módszer (Brehme és mtsai, 2008).

A szenzorok egy másik csoportja a kép analízis helyett/mellett a lábproblémák és a technológiai problémák kiszűrésében segít (Wathes és mtsai, 2008). Az istálló vagy egy áthajtó folyosó talajában elhelyezett nyomásérzékelő megfelelő szoftver segítségével jelezni tudja az aszimmetrikus járást vagy terhelést, amely első jele a lábvég betegségeknek. A nagyüzemi állattartás során a lábproblémák szinte minden gazdasági haszonállat fajnál az egyik leggyakoribb selejtezési oknak tekinthetők, így ennek korai felismerése és kezelése komoly gazdasági előnyt jelent.

Az istállóklíma kontrollja

A környezeti hőmérséklet mellett a levegő páratartalma, a légsebesség és a levegő minősége (szálló por, ammónia, stb.) is befolyásolja az állatok komfort érzetét. A megfelelő istállóklíma fenntartásához ezeket az értékeket folyamatosan kontrollálni kell, szükség esetén nagyobb ventilációval, hűtéssel, fűtéssel szükséges az optimális környezet biztosítani. Az istállóklíma kontrollja a precízi-

ós rendszerek szerves egysége, ami azonban nem új, sőt több helyen a hazai gyakorlatnak már most is része.

A fentiekben leírt adatok gyűjtése a precíziós állattartás során folyamatos. A testtömeg és a testösszetétel (pl. hátszalonna) becslése, valamint az állatok antiszociális/normális viselkedésének vizsgálata naponta, a takarmányfogyasztás mérése és az ivarzás (testhőmérséklet) ellenőrzése óránként történik. Tejlő tehenek esetében mérni lehet a bendőaktivitást a kérődzés on-line nyomkövetésével, a fejés során a tejtermelést, a tej hőmérsékletét, vezetőképességét, a tejalkotók mennyiségét és a szomatikus sejtszámot (Gáspárdy és mtsai, 2015). A környezeti tényezők közül az alom/padozat állapotát (nedvesség), a hőmérsékletet, a levegő páratartalmát, a légsebességet, valamint a levegő minőségét (porszennyezés, CO₂, NH₃ koncentráció) óránként ellenőrzi a rendszer. Minden adat számítógépes modellek segítségével kerül feldolgozásra, probléma esetén a program jelzést küld, esetleg megoldást is javasol (Berckmans, 2004).

PRECÍZIÓS TAKARMÁNYOZÁS

A precíziós takarmányozás elméleti háttere

A precíziós takarmányozás, amint az előző fejezetből is kiderült, alkalmazza a klasszikus takarmányozás, valamint a takarmányozás új területeinek kutatási eredményeit (Babinszky és Halas, 2009). A precíziós takarmányozás során az állatok táplálóanyag szükségletét igyekszünk a lehető legpontosabban, az éppen aktuális termelési, állategészségügyi és technológiai elemekhez igazítva kielégíteni a biztonságos, jó minőségű és a leghatékonyabb termelés érdekében úgy, hogy a termelés a környezetünket a lehető legkisebb mértékben terhelje (Nääs, 2001; Sifri, 2007). A precíziós takarmányozást más néven „information intensive nutrition”-nak is nevezik, mivel az állatok igényének meghatározása nagyon széles adatgyűjtésen alapszik.

A precíziós takarmányozás megvalósítása során az alábbiakra kell tekintettel lenni:

- a takarmánykomponensek táplálóértékének pontos ismerete
- az állatok táplálóanyag-szükségletének ismerete
- a takarmányreceptúra optimalizálása
- a táplálóanyag-ellátás hozzárendelése az aktuális igényekhez

A takarmánykomponensek táplálóértékének pontos ismerete

A keveréktakarmányok, illetve a takarmány alapanyagok táplálóértékét kémiai összetételük (nyersfehérje, nyerszsír, ásványi anyag, stb. tartalmuk) és a táplálóanyagok biológiai értékesülése együttesen határozza meg. A kémiai összetétel meghatározásához számos klasszikus analitikai módszer használható. Ezek megbízhatósága általában megfelelő, de a vizsgálatok időigényesek és viszonylag drágák. A precíziós állattartás során, a gyors döntések meghozatalának igénye a gyors vizsgálati módszerek alkalmazását részesíti előnyben (Foley és mtsai, 2010). Ilyen gyors vizsgálati eljárás az úgynevezett közeli infravörös spektroszkóp

(NIRS) technikával végzett vizsgálat. A módszer lényege, hogy a takarmánymin-tákat az infravörös fény tartományához közeli spektrumú fényvel sugárzásnak teszik ki és a fényvisszaverődésből (NIR reflectance) vagy a fényelnyelésből (NIR transmission) következtetni lehet az adott minta kémiai összetételére. A mérés roncsolás nélkül képes a minta összetételének meghatározására, így gyakorlatilag a takarmánykeverő berendezés több pontján is el lehet helyezni, hogy a keverés pontosságát folyamatosan ellenőrizni lehessen. A klasszikus vizsgálatok természetesen használhatók a precíziós takarmányozásban is, azonban elsősorban ellenőrzésre, és nem a mindennapi analízisek során alkalmazzák őket.

A táplálóanyagok biológiai értékesülésének ismerete a takarmányok tápláló-értékének meghatározása során a legkritikusabb. A biológiai értékesülés függ a táplálóanyagok emészthetőségétől és azok hasznosíthatóságától. Az egyes takarmány összetevők táplálóértékének jellemzésére érdemes nem csupán a nyers összetételt, hanem az aminosavak esetében az ileálisan emészthető (ID) aminosav tartalmat, a P esetében legalább az emészthető, esetleg a hasznosítható P-tartalmat, az energia esetében pedig a rendelkezésre álló rendszerek közül a legpontosabb, kérődzők és sertés esetében a nettó energia (NE) tartalmat használni. Kérődzők esetében a NE rendszer már régóta használt és hivatalos takarmányértékelési rendszer, a sertés takarmányozásban azonban csak néhány országban alkalmazzák. Sertés esetében a NE rendszer használata akkor különösen indokolt, ha a keveréktakarmány mellékterméke(ke)t tartalmaz, illetve, ha nagy a rosttartalma (Noblet, 2006). A baromfi fajoknál a Magyarországon is használt zéró N-visszatartásra korrigált metabolizálható energia (AMEn) megfelelő. Kielégítő adathalmaz és becslő egyenletek ismeretében a NIRS technika alkalmas a takarmányok emészthető aminosav, emészthető vagy hasznosítható P-, valamint energiataralmának becslésére is (van Kempen és mtsai, 1996).

Pontos táplálóanyag szükségleti értékek használata

Az állatok aktuális táplálóanyag szükségletét számos tényező befolyásolja. Az állattal kapcsolatos tényezők közül a genetikai potenciál, a kor/élsúly, az ivar és természetesen az egészségi állapot a legmeghatározóbbak. A nagy teljesítményre képes genotípusok táplálóanyag igénye nem feltétlenül nagyobb takarmányadaggal, sokkal inkább koncentráltabb takarmánnyal elégíthető ki, illetve olyan keverékkel, melyben a táplálóanyagok egymáshoz viszonyított aránya a hagyományos fajták igényéhez képest megváltozott (Varley, 2001). Nagy genetikai képességű állatok esetén, a létfenntartás szükséglete arányaiban kisebb lesz, a gyarapodás, illetve a termékképzésre fordított táplálóanyag mennyiség azonban jóval nagyobb, mint egy gyengébb képességű állat esetében. Ez az optimális Lys/DE, vagy Lys/NE arány megváltozását eredményezi, illetve nagy valószínűséggel némileg az ideális fehérje aminosav összetételét is befolyásolja. Az egyes genotípusok, pontosabban a különböző termelési potenciál kielégítéséhez szükséges ideális fehérje összetételére vonatkozóan azonban még viszonylag kevés *in vivo* vizsgálati adat áll rendelkezésre, de a teljesítménymodellek által faktoriális módon becsült értékek jelentős különbségeket mutatnak (van Milgen és Dourmad, 2015).

Tudjuk, hogy az állatok táplálóanyag szükséglete a kor előrehaladtával változik. Fiatal, intenzív növekedésű állat egységnyi takarmányban nagyobb mennyiségű

táplálóanyagot igényel, de az optimális Lys/DE (Lys/NE) arány csökken, ahogy az állat életkora/testtömege nő. Amennyiben jelentős az ivari dimorfizmus egy fajban, akkor a szükségleti értékekben is megmutatkozik az ivarok közti különbség. A nagyobb növekedési erélyű állatok koncentráltabb takarmányt igényelnek, csakúgy, mint a genetikai potenciál kapcsán ezt megtárgyaltuk.

Az állatok táplálóanyag szükségletét a takarmányok nutritív- és antinutritív anyag tartalma, a táplálóanyagok közötti kölcsönhatások, interakciók is befolyásolják. Az antinutritív faktorok egy csoportja az emésztés hatékonyságát rontja, míg mások az anyagcsere befolyásolása révén okoznak teljesítményromlást illetve jellegzetes elváltozásokat, betegségeket. Ezért a takarmány alapanyagok antinutritív anyag tartalma befolyásolja az adott komponens gyakorlati felhasználhatóságát is. A táplálóanyagok közötti interakciókat a szükségleti értékek megállapítása során figyelembe kell venni. Amennyiben az interakció csökkenti egy adott táplálóanyag értékesülését (antagonizmus), akkor meg kell növelni a kritikus táplálóanyag mennyiségét, esetleg olyan takarmánykiegészítőt vagy gyártástechnológiát kell alkalmazni, mely tompítja a negatív hatást. Szinergizmus esetén az egyes táplálóanyagok iránti igény csökken.

Az állatok táplálóanyag szükségletét a fent említetteken kívül egyes környezeti tényezők is befolyásolják, mint például a hőmérséklet, a levegő páratartalma, az elhelyezés, a férőhely nagysága, illetve a stressz tényezők száma. A környezeti hőmérséklet és a páratartalom az állat komfort érzetét befolyásolja. Ha csökken a környezeti hőmérséklet, akkor egy ideig az állat nagyobb adag felvételével igyekszik kompenzálni a megnövekedett energiaszükségletet, míg a komfort zóna feletti hőmérséklet a takarmányfogyasztás csökkenését eredményezi. Így a termékmennyiség és minőség megtartása érdekében megváltozott környezeti hőmérséklet esetén a takarmány táplálóanyag- és energiatartalmát kell módosítani (*Babinszky és mtsai, 2011*). Az alkalmazott tartástechnológia, a csoportméret, a padló és az alomanyag minősége vagy az alomanyag hiánya az állatok hőérzetét is befolyásolja. A szükségleti értékek meghatározásakor, elsősorban az energiaigény kielégítésekor érdemes figyelembe venni, hogy a komfortzóna alsó és felső kritikus értéke némileg különbözik, ha az állatok szalmán, betonon, vagy rácspadozaton vannak elhelyezve.

Az aktuális termelést a genetikai képességek és a takarmánnyal felvett táplálóanyagok, valamint az állatot ért környezeti hatások együttese alakítja ki. Az úgynevezett "total nutrition" elv ezt a hármas egységet mutatja be (*3. ábra*). Ahhoz, hogy hasznosítani tudjuk a "total nutrition" elvet, ismerni kell a takarmány – egészségi állapot – környezet összefüggéseit és hatását az állat fiziológiai állapotára. A takarmányok táplálóértékét a klasszikus értelemben vett táplálóanyagok (fehérje, aminosavak, zsír, vitaminok, stb.) és az úgynevezett közvetlen táplálóértékkel nem rendelkező, de a tápláló hatást támogató, úgynevezett nutricinek határozzák meg (*Adams, 2001*). A nutricinek közé soroljuk a tápcsatornában élő mikrobiótát támogató takarmány összetevőket (pre- és probiotikumok), azon kiegészítőket, melyek javítják a táplálóanyagok emésztését (enzimek, szerves savak), vagy melyek pozitívan hatnak az állatok étvágyára (ízfokozók), a keverék technológiai tulajdonságaira, eltarthatóságára (pelletkötők, antioxidánsok, emulgeátorok, penészgátlók, stb).

Az, hogy az állati szervezet milyen mértékben és hatékonysággal tudja a takarmányt értékesíteni és nagy biológiai értékű terméké (hús, tej, tojás) átalakítani,

3. ábra A totális takarmányozás (total nutrition) elve (Adams, 2001)

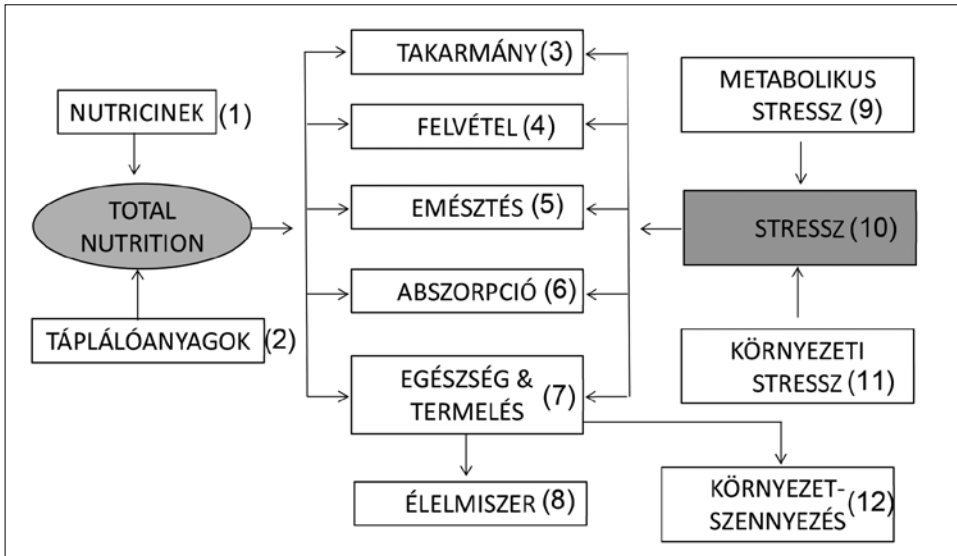


Figure 3. Concept of total nutrition (Adams, 2001)

nutraceuticals (1); nutrients (2); feed (3); intake (4); digestion (5); absorption (6); health & production (7); food (8); metabolic stress (9); stress (10); environmental stress (11); environmental load (12)

függ az önkéntes takarmányfelvételtől, a táplálóanyagok emészthetőségétől és a felszívódás mértékétől, valamint a szervezet egészségi állapotától és növekedési ütemétől. A táplálóanyagok értékesülését ezen kívül még a környezeti stressz (kórokozók, vakcinák, toxinok, hő- és hidegsstressz, szociális stressz, a takarmány antinutritív anyagai) és az úgynevezett metabolikus stressz (oxidáció, immunstimulánsok, immunszupresszorok, mérgező köztes anyagcsere termékek) is befolyásolja (Adams, 2001). A tápláló hatást támogató és rontó tényezők együttesen határozzák meg a takarmány aktuális tápláléértékét azáltal, hogy befolyásolják az állatok étvágyát és a takarmányfelvételt, a táplálóanyagok emészthetőségét, abszorpcióját és metabolizmusát (Halas és Babinszky, 2014).

A takarmányreceptúra optimalizálása

A receptúra készítés során arra törekszünk, hogy az állat szükségletét a lehető legpontosabban elégítsük ki. A gyakorlatban az ajánlásokban megadott igényeket minimum feltételnek tekintjük, ennek biztosítása érdekében a gyártás során úgynevezett biztonsági rátartással állítják össze a takarmányokat. A hagyományos kémiai vizsgálatokon alapuló analízisek elvégzése időigényes és drága, amire a nem precíziós technológiát követő gyakorlatban nem minden tételnél kerül sor. A hagyományos komponensekből összeállított abrakkeverékek esetében általában 7,5% felülformulázással tudják azt elérni, hogy a takarmánykeverékek kevesebb, mint 20%-a legyen nem megfelelő (hiányos) táplálóanyag tartalmú (van Kempen and Simmins, 1997). A precíziós takarmányozás során az ilyen

mértékű „felülformulázás” nem megengedhető. Amennyiben az alapanyagokat folyamatosan, tételenként vizsgálják, abban az esetben a receptúrát pontosítani lehet, a biztonsági rátartás jelentős csökkentésével. A tételenkénti folyamatos vizsgálat gyors módszerek, például NIR technika alkalmazásával nagymértékben racionalizálható. Ennek feltétele azonban, hogy a műszert megfelelő adatállománnyal kalibrálják, vagyis a NIR mérések valóban megbízható becslést adjanak. A takarmány táplálóanyag tartalma tovább pontosítható, ha a keverő berendezés beöntő garatánál elhelyezett NIR készülék „real-time” eredményei alapján egy szoftver a receptúrát azonnal újra formulázza. Ezzel a biztonsági rátartás 0-ra csökkenthető (*van Barneveld, 2003*).

Receptúrákészítéshez ma már számos szoftver rendelkezésre áll. Ezek általában árra optimalizálnak, vagyis a program a legolcsóbbat választja ki azon takarmánykeverékek közül, melyek biztosan kielégítik az adott állat igényét. Mivel a takarmány összetevők ára számos tényezőtől függ, ezért az árak meghatározása során olyan költségeket is érdemes figyelembe venni, mint a tárolás vagy a szállítás költsége.

A táplálóanyag ellátás hozzárendelése az aktuális igényekhez

Az állatok táplálóanyag szükséglete a kor előrehaladtával változik. Fiatal korban a fehérje beépülés dominál, amit nagyobb aminosav- és nagyobb energiatartalmú takarmánnyal tudunk kielégíteni. Ahogy a relatív fehérje beépülés csökken, úgy csökken az aminosav tartalommal szemben támasztott igény is. Az energia igény kisebb mértékben csökken, mint az aminosavak iránti igény, ezért a kor előrehaladtával a takarmány optimális Lys/DE vagy a Lys/ NE aránya is folyamatosan csökken. A fázisos takarmányozás már régóta alkalmazott módszer a szükségleti értékek pontosabb kielégítésére. A hagyományos technológiákban a sertés esetében csupán 2, esetleg 3 szakaszt különítettek el a hízalás során, a precíziós gazdálkodást folytató telepeken lehetőség van arra, hogy ennél jóval több, akár 10 fázist alkalmazzanak (*Pomar és Pomar, 2012*). A takarmányváltás általában megviseli az állatokat, ezért sok fázis nem tűnik ésszerűnek. Könnyen belátható azonban, hogy minél több szakaszra bontjuk a hízalási időszakot, annál kisebbek lesznek a különbségek az egyes fázisok között etetett takarmányok táplálóanyag tartalmában. Érdemes a hízalás során azonos alapanyagokból keverni a takarmányokat, ezzel tulajdonképpen olyan kis különbségeket hozunk létre az egyes fázisokban használt receptúrák között, ami miatt a váltás nem okozhat problémát. A sok fázis alkalmazásának a gyakorlatban csak akkor van értelme, ha a lehető legkisebbre lehet szorítani a takarmányok táplálóanyag tartalmának bizonytalanságát, vagyis ha nincs vagy minimális a biztonsági rátartás.

Az állatok egyedi varianciája miatt az a takarmány, ami az adott csoport maximális gyarapodásához szükséges, értelemszerűen nem optimális minden egyednek. *Hauschild és mtsai (2010)* eredményei azt mutatják, hogy az a keverék, melynek Lys/NE aránya a sertések egyedi szükségleti értékeinek aritmetikai átlagának felel meg (vagyis a csoport átlagos Lys/NE szükségletét kielégítő takarmány), nem elegendő a maximális növekedés eléréséhez (*4. ábra*). A legjobb gyarapodást akkor érte el a csoport, ha az abrakkeverék az állatok legalább 82%-ának táplálóanyag igényét fedezte. Értelemszerűen az egyedi táplálóanyag szükségletben

4. ábra A faktoriális módszerrel becsült szükségleti értékek kumulatív eloszlása és a takarmány Lys/NE arányának hatása az csoportosan tartott sertések átlagos napi gyarapodására (Hauschild és mtsai. 2010)

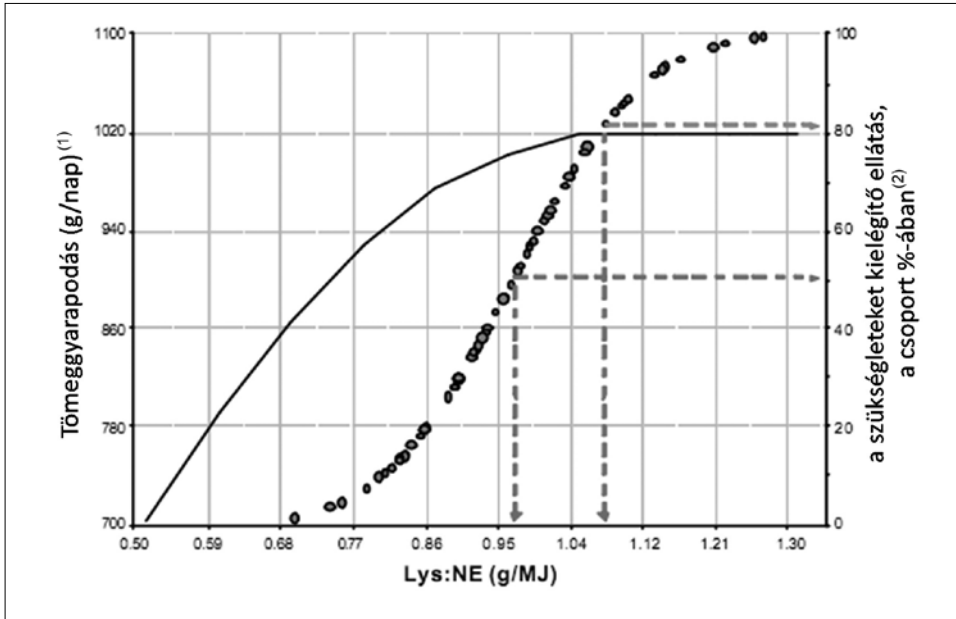


Figure 4. Cumulative distribution of requirements estimated by the factorial method and effect of different lysine-to-net energy (Lys:NE) ratios on weight gain estimated by the empirical method (Hauschild et al., 2010)

daily gain (g/day) (1); relative nutrient requirement, % of the group (2)

mérhető különbség a csoport heterogenitásával arányosan változik, melyet a genetika, a környezeti feltételek és a technológia nagymértékben meghatároznak (Pomar és mtsai, 2003). Az állatok genotípusához, ivarához (split-sex feeding) és az aktuális felvételhez igazított egyedi takarmányozással a csoport heterogenitása nagymértékben csökkenthető.

Az egyedi takarmányozás csak úgy valósítható meg, ha az állatok egyedi azonosítóval rendelkeznek és saját fejadagot kapnak az etetőben. A napi abrakadag mennyiségének és összetételének kiszámítása az integrált telepírányítási rendszer adott moduljának a feladata, azt a szoftver az aktuális napi elősúlyból számolja ki. Az úgynevezett intelligens egyedi etető berendezéssel nem csak a napi kiosztott adag mennyiségét, de annak összetételét is lehet módosítani. Ehhez a berendezés tartályában két különböző összetételű abrakkeverék van, melyek közül az egyik a hizlalás elején, az induló testsúlynak, míg a tartályban lévő másik keverék a hizlalás végén mérhető testsúlynak megfelelő táplálóanyagtartalmú összetételnek felel meg. A hizlalás során az állatok aktuális testsúlya alapján az etetővel kommunikáló teljesítménymodell kiszámítja az adott sertés táplálóanyag szükségletét és azt, hogy az a két különböző takarmánykeverék milyen arányú kombinációjával (blending) illetve milyen mennyiség felvételével elégíthető ki (Pomar és mtsai,

2009). A berendezéssel a csoport homogenitása jelentősen javul a hagyományos rendszerhez képest. A precíziós takarmányozás során gyakorlatilag megszűnik az a helyzet, hogy a csoport egyedei nem a növekedési intenzitásukhoz igazodó mennyiségű és táplálóanyag-tartalmú keveréket fogyasztanak.

A precíziós takarmányozás gyakorlata

A precíziós takarmányozás gyakorlatban történő megvalósítása során az alábbiakat kell szem előtt tartani (*Shifri, 1997*):

- nagy genetikai képességű állatok és növények használata
- az állatok szükségleti értékeinek folyamatos pontosítása
- a takarmánykomponensek táplálóanyag tartalmának ismerete
- takarmány adalékok megfelelő használata (enzimek, pre- és probiotikumok, antioxidánsok, penészgátlók, etc.)
- toxikus és antinutritív anyagok csökkentése
- takarmánygyártás-technológia megválasztása

Nagy genetikai képességű állatok és növények használata

A precíziós takarmányozás és precíziós állattartás célja a termelés hatékonyságának növelése, ami mind ökonómiai, mint ökológiai szempontból kívánatos. A nagy termőképességű növények, mint takarmány alapanyagok használatával kisebb termőterület terheli az állati termék előállítását, vagyis csökkenthető az agrárium ökológiai lábnyoma. Ugyanez a helyzet a nagy genetikai képességű állatok esetében is.

A *szükségleti értékek folyamatos pontosítására* azért van szükség, mert a gazdasági haszonállatok, elsősorban a sertés és húsbaromfi esetében olyan mértékű a genetikai előrehaladás, ami az állatok táplálóanyag szükségletének változását is magával hozta. Az egyes új hibridek esetében nem csak a takarmányértékesítés javul, de jelentősen megnő az izom aránya is a testben, ami a nagyobb mértékű fehérjebeépítés következménye. *Varley (2001)* adatai azt mutatják, hogy a nagy genetikai képességű, úgynevezett superior sertés hibridek esetében a takarmány Lys/DE arányát mintegy 10-20%-kal növelni kell annak érdekében, hogy az állatok a genetikai képességüknek megfelelő fehérje beépülést és hús kihozatalt érjenek el. Amennyiben a nagy teljesítményű állatokat a hagyományos teljesítményű keresztezett állományok szükségletéhez igazított takarmánnyal etetjük, akkor a fehérje beépülés elmarad a maximálistól, a zsírbeépülés viszont nagyobb lesz, mint ami elvárható lenne az adott genotípustól. Ez az állatok növekedési ütemét és a húsminőséget egyaránt negatívan befolyásolja. A precíziós takarmányozást megvalósító telepeken az állatok növekedését folyamatosan ellenőrzik (*Könyves és mtsai, 2015*). Ez nem csupán a gyakori, kéthetente történő, esetleg napi élősúly mérést jelenti, hanem azt, hogy az élősúlyt és a növekedés ütemét, sertés esetében a hátszalonna vastagságot egy teljesítménymodell által becsült értékkel is összevetik. A teljesítménymodell (pl. InraPorc: *van Milgen és mtsai, 2008; Hauschild és mtsai, 2011*) megfelelő kalibrációt követően képes arra, hogy megadja az adott genotípus pontos szükségleti értékeit a hizálás bármely időpontjában. Amennyiben

a modell által becsült értéktől meghatározott mértékben eltér a mért súly, akkor a szoftver jelzi ezt. Egyedi, „intelligens etető berendezés” használata esetén arra is lehetőség van, hogy a kisebb súlyú vagy csak a kisebb adagot fogyasztó állat esetében a takarmány táplálóanyag koncentrációját növeljék.

A komponensek táplálóanyag tartalmának ismerete

Ahogy az már a precíziós takarmányozás elméleti háttérének bemutatása során említésre került, a komponensek táplálóanyag tartalmának ismerete elengedhetetlen a szükségleti értékeket pontosan kielégítő takarmány összeállításához. A gyors reagálás érdekében olyan technológiákat kell használni, melyek során azonnali információt lehet szerezni. Ilyen a már korábban is említett NIRS, ami megfelelő kalibrációs adathalmaz esetén pontos becslést ad a takarmány fizikai és kémiai jellemzőire. A NIRS makro komponensek mellett (szárazanyag, fehérje, zsír, stb.) mikro komponensek mérésére is alkalmas (pl. vitaminok, klorofill, mikotoxinok), ráadásul a minták vizsgálata egyszeri méréssel, roncsolás nélkül történik (Berardo és mtsai, 2005).

A takarmányipar számos adalékot használ, melyek növelik a takarmány közvetlen táplálóértékét, eltarthatóságát, esetleg technológiai szempontból kedvezőek. A táplálóértéket javító kiegészítők esetében ismerni kell, hogy ezek a kiegészítők pontosan hogyan és milyen mértékben járulnak hozzá takarmány nutritív értékéhez. A 5. ábra azt mutatja be, hogy különböző minőségű fehérjeforrások esetében az állatok optimális fehérjeellátása eltérő, amit a receptúra készítés során figyelembe kell venni. Gyenge minőségű fehérje esetén az állatnak több

5. ábra A fehérje ellátás hatása a napi fehérje beépülésre különböző minőségű fehérjeforrások esetében (Wray-Cahen, 2001 nyomán)

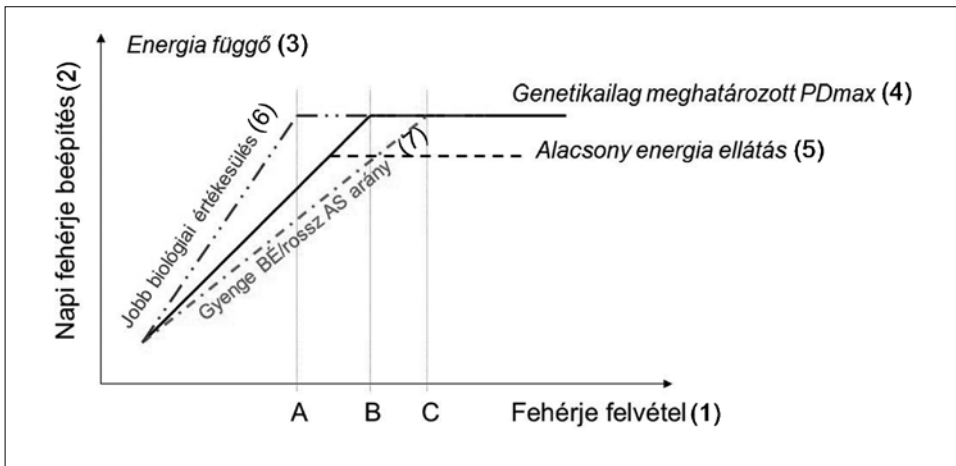


Figure 5. The effect of protein supply on the daily protein deposition upon different protein quality (according to Wray-Cahen, 2001)

protein intake (1); daily protein deposition (2); energy dependent phase (3); genetically determined maxPD (4); low energy supply (5); enhanced bioavailability (6); poor biological value/improper amino acid ratio (7)

fehérjét kell elfogyasztani (B vs. C pont), hogy kielégítse a termékképzés igényét. Szélsőséges esetben nem is biztos, hogy ez sikerül, vagyis egy jobb minőségű fehérjeforrással etetett állathoz képest kisebb az állatok teljesítménye. Ha javítjuk a fehérje minőségét, például jobb emészthetőségű, nagyobb biológiai értékű fehérjét etetünk, vagy hozamfokozót használunk, akkor kisebb fehérje ellátás, vagyis azonos takarmányfelvételt feltételezve kisebb fehérjetartalmú keverék is megfelelő lesz a genetikai képesség realizálásához (A vs. B pont). Amennyiben tehát olyan adalékot használunk, ami javítja a takarmányfehérje emészthetőségét vagy biológiai hasznosulását, akkor a precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósításához azt is fontos (volna) tudni, hogy ez a javulás milyen mértékű. Ha a fehérje biológiai értékesülését anélkül növeljük, hogy pontosítottuk volna a receptúrát, akkor a feleslegben biztosított fehérje nitrogénje a vizelettel távozni fog, így sem ökonómiai sem ökológiai szempontból nem járunk el helyesen. A jelenleg rendelkezésre álló modellek elsősorban az emészthető táplálóanyagok értékesülését követik a szervezetben, vagyis a táblázatos értékek alapján számított emészthető összetételű keverék teljesítményre gyakorolt hatását becslik. A modellek fejlesztésének új iránya, hogy azok az emésztési folyamatokat is képesek legyenek pontosan becsülni. Ez azt jelenti hogy nem statikus adatokat használunk a takarmány táplálóanyagainak emészthetősége tekintetében, hanem azt a takarmány összetétele (energia- és fehérjehordozók, takarmány kiegészítők), táplálóanyag tartalma, fizikai tulajdonságai, illetve az állatok kora, hasznosítási iránya alapján „dinamikus bemeneti adatként” kezeljük (<http://www.feed-a-gene.eu>). Ezzel a teljesítménymodellek becslési pontosságát jelentősen javítani lehet.

Toxikus és antinutritív anyagok csökkentése

Toxikus és antinutritív anyagok csökkentésére azért van szükség, mert ezek értelemszerűen az állat teljesítményét rontják. Legtöbbjük fogyasztása egészségkárosodással is jár, így élelmiszerbiztonsági kockázatot is jelenthetnek az állati eredetű élelmiszer előállítás során. A takarmányban napjainkban leggyakrabban előforduló és a legtöbb problémát okozó toxikus anyagok a mikroszkópikus penészgombák által termelt mikotoxinok. Ezekkel szemben az állatok egyedi fogékonysága különböző, de mikotoxin terhelés esetén legtöbbször az egész populációban érezhető a teljesítmény visszaesés (Kovács, 2010). A mikotoxikózisok lehetnek akut és krónikus lefolyásúak is, nagy dózis esetén a tünetek specifikusak. Gyakorlati körülmények között penészgomba fertőzés esetén legtöbbször multitoxikus hatással kell számolni. A mikotoxikózisok csökkentése érdekében a takarmányba toxinkötőket lehet keverni. A jelenleg forgalomban lévő toxinkötők azonban csak bizonyos toxinokat (pl. aflatoxin, fumonizin, zearalenon) képesek eredményesen megkötni, és így a felszívódást gátolni. Az alapanyagok és a keverék mikotoxin tartalmát érdemes folyamatosan ellenőrizni, melyre a gyors módszerek közül az úgynevezett folyadék citometriai (flow cytometry) és az immun assay (ELISA) vizsgálatok a leggyakoribbak (Kovács, 2010). Megfelelő, speciális fejjel és kalibrációs adathalmazzal a NIRS technika is reménykeltő eredményeket mutat (Berardo és mtsai, 2005).

A takarmányok antinutritív anyagai nagyon különböző kémiai vegyületek, csupán egy közös jellemzőjük van, hogy rontják a takarmány tápláléértékét.

A táplálóérték csökkentését okozhatja a rosszabb emészthetőség vagy az, hogy a felszívódást követően a vegyület maga, vagy annak egy része megváltoztatja az anyagcserét, esetleg mérgező. A magok többsége tartalmaz valamilyen antinutritív anyagot, de sok esetben olyan kis mennyiségben, ami nem okoz problémát. A gabona és az olajos magvakban elsősorban a nem keményítőszerű szénhidrátok és a fitinsav előfordulása jellemző, ezek bontására speciális enzimeket lehet alkalmazni (Mézses, 2014). Bizonyos olajos magvak, mint például a repce vagy a len, valamint a hüvelyes magvak viszont jelentős mennyiségű más antinutritív anyagot is tartalmaznak. Ezek egy része hőre érzékeny, vagyis hőkezeléssel jelentősen csökkenthető a mennyiségük, mások viszont elsősorban nemesítő munkával csökkenthetők csak eredményesen (Soetan és Oyewole, 2009).

Takarmánygyártás technológia megválasztása

Az ipari abrakkeverékek gyártása során a granulálás számos előnnyel jár. Az állatok többsége szívesebben eszi a granulált takarmányt, ráadásul fajsúlya (g/cm³) jóval nagyobb, mint a dercés takarmánynak. Ezért granulált táp használatakor mindig nagyobb az önkéntes takarmányfogyasztás. Kísérleti adatok bizonyítják, hogy granulálás hatására a zsír és a takarmány bruttó energiájának emészthetősége is nő (Noblet, 2006), így az állatok táplálóanyag ellátása jelentősen javítható.

A hőkezelés régóta ismert és alkalmazott módszer a takarmányok táplálóértékének javítására. Ennek oka, hogy az antinutritív faktorok egy jó része hőlabilis, tehát hőkezeléssel ezeknek a táplálóértéket rontó tényezőknek a jelenléte csökkenthető vagy akár meg is szüntethető. A hőkezelés ezen kívül a fehérjék mérsékelt denaturálódásával valamint a keményítő zselatinizációjával is együtt jár. Mindhárom esetben javul a táplálóanyagok emészthetősége. A gyártástechnológia során alkalmazott hőkezelés lehet száraz vagy nedves, esetleg nagy nyomással kombinált kezelés. Az említett technológiákkal előállított ipari abrakkeverékek javítják a táplálóanyagok hasznosulását. Ezen technológiák hatásának számszerűsítésére nagy szükség lenne a precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása során.

A precíziós takarmányozás gyakorlati megvalósítása jelenleg még kezdeti állapotban van. Néhány évvel ezelőtt Wathes és mtsai (2008) az alábbi kérdés tették fel: „Vajon a precíziós állattartás mérnöki álom vagy rémálom, a haszonállatok barátja vagy ellensége, a gazdák kincse vagy kénköve?” van Milgen és mtsai. (2012) szerint ezt most még nem tudjuk pontosan megítélni, az idő majd eldönti. Néhány *in silico* (modellel végzett szimuláció) illetve *in vivo* vizsgálat eredménye azonban már rendelkezés áll annak megítélésére, hogy tud-e többet nyújtani az infó-kommunikációval kiegészített új technológia a hagyományos rendszerekhez képest. *In silico* vizsgálatukban Pomar és mtsai (2011) az InraPorc szoftvert használták kis változtatással egy növendék- és hízósertés csoport illetve egyetlen állat lizin szükségletének meghatározására. A szimuláció célja annak vizsgálata volt, hogy a precíziós, egyedre szabott takarmányozás a hagyományos háromfázisú takarmányozáshoz képest milyen mértékben járul hozzá a N- és P-ürítés csökkentéséhez. Az eredmények azt mutatták, hogy miközben a N- és P-visszatartásban nem volt különbség, addig az egyedre szabott, folyamatosan változó takarmánnyal összességében 25 %-kal kevesebb N, illetve 29%-kal kevesebb P fogyott

és a szükségleti értékek pontosabb kielégítése miatt közel 40%-kal kevesebb N és P ürült, mint a 3 fázisú takarmányozás esetében. A kisebb fehérje bevitel a takarmány árát is mintegy 10%-kal csökkentette (*Pomar és mtsai*, 2011). A szerzők felhívják a figyelmet arra, hogy az *in silico* vizsgálat eredményeinek értékelése során nem szabad megfeledkezni arról, hogy szimuláció során a takarmányokat olyan módon vették figyelembe, hogy azok táplálóanyagai biztonsági rátartást nem tartalmaztak. A precíziós takarmányozás gyakorlati alkalmazásának környezetvédelmi aspektusait vizsgálva *Andretta és mtsai* (2014) hasonló nagyságrendű N- és P-terhelés csökkentésről számoltak be, mint az említett *in silico* vizsgálatban. A 3 fázisú hagyományos takarmányozáshoz képest a precíziós, egyedre szabott takarmányozással a lizin felvétel 22%-kal, a N- és P-ürítés mértéke mintegy 22 illetve 27%-kal csökkent úgy, hogy sem a teljesítményben, sem a vágási minőségben nem volt különbség az egyes csoportok között.

KÖVETKEZTETÉSEK

Az idevonatkozó vizsgálatok és áttekintő közlemények arra hívják fel a figyelmet, hogy a precíziós állattenyésztés és takarmányozás alkalmazásával az élelmiszer alapanyag (hús, tej, tojás) előállítás hatékonysága és az állati termék minősége javítható. Az info-kommunikáció integrálásával olyan gyors reagálású jelzőrendszereket lehet az állati termék előállítás során alkalmazni, melyek minimálisra csökkentik az állategészségügyi problémák kockázatát, így a precíziós termelési rendszerekben jelentősen növelhető a takarmány- és az élelmiszerbiztonság. További előnyt jelent, hogy nagymértékben csökkenteni lehet az állattartás környezetterhelését és ökológiai lábnyomát, ami vitathatatlanul hozzájárul az ágazat fenntarthatóságához.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerző részt vesz az Európai Unió H2020 által támogatott Feed-a-Gene kutatási programban (nyilvántartási szám: 633531).

IRODALOMJEGYZÉK

- Adams, C.A.* (2001): Total nutrition. Feeding animals for health and growth. Nottingham: University Press, 248.
- Andretta, I. - Pomar, C. - Rivest, J. - Pomar, J. - Lovatto, P.A. - Radünz Neto, J.* (2014): The impact of feeding growing–finishing pigs with daily tailored diets using precision feeding techniques on animal performance, nutrient utilization, and body and carcass composition. *J. Anim. Sci.*, 92. 3925-3936.
- Babinszky L. - Halas V.* (2009): Kihívások és kutatási irányok a 21. század sertéstakarmányozásában. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 58. 411-426.
- Babinszky L. - Halas V. - Verstegen, M.W.A.* (2011): Impacts of Climate Change on Animal Production and Quality of Animal Food Products. In: *Climate Change – Socioeconomic Effects*, (eds) H. Blanco and H. Kheradmand, InTech.,165-190. ISBN 978-953-307-411-5
- Banhazi T. - Babinszky L. - Halas V. - Tscharke, M. – Lewis, B.* (2009): Precision nutrition and smart farming developments for sustainable agriculture production. In: *Proceedings of the 14th International Symposium on Animal Nutrition*, Kaposvár, Hungary, October 6, 2009. Kaposvár, University Press, 83-95.

- Berardo, N. - Pisacane, V. - Battilani, P. - Scandolara, A. - Pierti, A. - Marocco, A. (2005): Rapid detection of kernel rots and mycotoxins in maize by near-infrared reflectance spectroscopy. *J. Agric. Food Chem.*, 53. 8128-34.
- Berckmans, D. (2004): Automatic on-line monitoring of animals by precision livestock farming. In *Proceedings of International Society for Animal Hygiene, Saint-Malo, 2004.* 27-30.
- Berckmans, D. (2014): Precision livestock farming technologies for welfare management in intensive livestock systems. *Rev. sci. tech. Off. int. Epiz.*, 33. 189-196.
- Brehme, U. - Stollberg, U. - Holz, R. - Schleusener, D. (2008): ALT pedometer—New sensor-aided measurement system for improvement in oestrus detection. *Comput. Electronics Agric.*, 62. 73-80.
- Cox, S. (2003): *Precision Livestock Farming.* (szerk.) S. Cox. Wageningen Academic Publishers, 184. ISBN: 978-90-76998-22-0
- Edwards, J.D. (2004): The role of the veterinarian in animal welfare: a global perspective. In *Proc. Global Conference on animal welfare: an OIE initiative, 23-25 February 2004, Paris.* OIE, Paris, 27-35
- Gáspárdy A. - Efrat G. - Ari M. - Harnos A. - Bajcsy Á. Cs. - Fekete S. Gy. (2015): A kérődzés aktivitásának online követése szubklinikai tőgygyulladásban szenvedő tehénekben. *MÁL*, 137. 283-291.
- Halas V. - Babinszky L. (2014): Role of dietary polysaccharides in monogastric farm animal nutrition. In: *Polysaccharides: Natural Fibers in Food and Nutrition*, Ed: N. Benkeblia, CRC Press, 429-476.
- Hauschild, L. – Pomar, C. – Lovatto, P.A. (2010): Systematic comparison of the empirical and factorial methods used to estimate the nutrient requirements of growing pigs. *Animal*, 4. 714–723.
- Hauschild, L. - Lovatto, P. A. - Pomar, J. - Pomar, C. (2011): Development of sustainable precision farming systems for swine: Estimating real-time individual amino acid requirements in growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 90. 2255-63.
- Hyun, Y. - Ellis, M. - Riskowski, G. - Johnson, R.W. (1998): Growth performance of pigs subjected to multiple concurrent environmental stressors. *J. Anim. Sci.*, 76. 721 - 727.
- Kovács M. (2010): *Aktualitások a mikotoxin kutatásban.* Agroinform, Kaposvár, Budapest, 160, ISBN: 9789635029129
- Könyves L. - Reibling T. - Bodor A. - Brydl E. - Adorján A. - Solymosi N. (2015): Egy precíziós állattartási projekt tapasztalatai. *MÁL*, 137. 719-727.
- Manteuffel G. - Puppe, B. - Schön, P.C. (2004): Vocalization of farm animals as a measure of welfare. *Appl. Anim. Behav. Sci.*, 88. 163–182.
- Mollo M.N. - Vendrametto O. - Okano M.T. (2009): Precision Livestock Tools to Improve Products and Processes in Broiler Production: A Review. *Brazilian J. Poultry Sci.*, 11. 211–218.
- Nääs, I. (2001): Precision Animal Production. *Agr. Eng. Int. GIGR J. Scient. Res. Dev.*, 1-10.
- Noblet, J. (2006): Energy Evaluation of Feeds for Pigs: Consequences on Diet Formulation and Environment Protection. *Lohmann Information*, 41. 38-45.
- Noy, Y. - Sklan, D. (1998): Metabolic responses to early nutrition. *J. Appl. Poultry Res.*, 7. 437-451.
- Pomar, C. – Kyriazakis, I. – Emmans, G.C. – Knap, P.W. (2003): Modeling stochasticity: dealing with populations rather than individual pigs. *J. Anim. Sci.*, 81. 178–186.
- Pomar, C. – Hauschild, L. – Zhang, G.H. – Pomar, J. – Lovatto, P.A. (2009): Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. *Rev. Brasil. Zootec.*, 38. 226-237. <http://www.scielo.br/pdf/rbz/v38nspe/v38nspea23.pdf>
- Pomar, C. - Hauschild, L. - Zhang, G.H. - Pomar, J. - Lovatto, P.A. (2011): Precision feeding can significantly reduce feeding cost and nutrient excretion in growing animals. In: *Modelling nutrient digestion and utilisation in farm animals*, szerk: D. Sauvant, J. van Milgen, P. Faverdin, N. Friggens, Wageningen Academic Publishers, 327- 334. ISBN: 978-90-8686-712-7
- Sifri, M. (1997): Precision nutrition for poultry. *J. Appl. Poult. Res.*, 6. 461.
- Soetan, KO - Oyewole, OE (2009): The need for adequate processing to reduce the antinutritional factors in plants used as human foods and animal feeds: A review. *Afr. J. Food Sci.*, 3. 223-232.

- Van der Meulen, J. - Kashiha, M. - Ott, S. - Bahr, C. - Moons, C. - Tuytens, F. - Niewold, T. - Berckmans, D.* (2001): Combination of image and sound analysis for behaviour monitoring in pigs. *Precision livestock farming*. 2013. 263-268.
- van Kempen, T. - Simmins, T.O.* (1997): Near-Infrared Reflectance Spectroscopy in Precision Feed Formulation. *J. Appl. Poultry Res.*, 6. 471-477.
- van Milgen, J. - Dourmad, J-Y.* (2015): Concept and application of ideal protein for pigs. *J. Anim. Sci. Biotechnol.*, 6. 15.
- van Milgen, J. - Valancogne, A. - Dubois, S. - Dourmad, J.Y. - Sève, B. - Noblet, J.* (2008): InraPorc: A model and decision support tool for the nutrition of growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 143. 387-405.
- Varley, M.* (2001): The genetics of pig lean tissue growth. *Feed Mix*. 3. 8-10.
- Wathes, C.M. - Kristensen, H.H. - Aerts, J.M. - Berckmans, D.* (2008): Is precision livestock farming an engineer's daydream or nightmare, an animal's friend or foe, and a farmer's panacea or pitfall? *Computers and Electronics in Agriculture*, 64. 2-10.
- Wray-Cahen, D.* (2001): Performance-enhancing substances. In *Swine Nutrition 2nd ed.* A. J. Lewis and L. L. Southern, eds. CRC Press LLC. Washington, D. C., 427-446.

Egyéb hivatkozások:

- Foley, J. - Barbi, A. - Eden, E. - Jerred, M. - Giri, A. - DeMatteo, JC,* (2010): Precision Animal Nutrition: The Role of Portable NIR on the Farm. The First North American Conference on Precision Dairy Management 2010. <http://precisiondairy.com/proceedings/s11foley.pdf>
- Mézes M.* (2014): Enzimek felhasználása a sertéstakarmányozásban. *Agronapló*. 2014.04.17. <http://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2007/08/takarmanyozas/enzimek-felhasznalasa-a-sertestakarmanyozasban>
- Pomar, C. - Pomar, J.* (2012): Sustainable Precision Livestock Farming: A Vision for The Future of the Canadian Swine Industry. <http://www.prairieswine.com/wp-content/uploads/2012/06/Sustainable-Precision-Livestock-Farming-A-visions-for-the-canadina-Swine-Industry.pdf>
- van Barneveld, R.J.* (2003): Prospects for predicting feed quality for monogastrics by near infrared spectroscopy pre-delivery. http://www.cdesign.com.au/proceedings_abts2003/papers/129vanBarneveld.pdf
- van Kempen, T.* (1996): NIR technology: Can we measure amino acid digestibility and energy values? 12th Annual Carolina Swine Nutrition Conference, November 13th, 1996. https://www.ncsu.edu/project/swine_extension/nutrition/miscellaneous/theo96csnc.htm
<http://www.feed-a-gene.eu/>

Érkezett: 2016. július

Szerzők címe: Halas V.
Kaposvári Egyetem, Takarmányozástani Tanszék

Autor's address: Kaposvár University, Department of Animal Nutrition
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

AZ EXTRAHÁLT REPCEDARA ÉS REPCÉPOGÁCSA FELHASZNÁLÁSA HÍZÓsertÉSEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

HORVÁTH RITA

ÖSSZEFOGLALÁS

Az olajnövények, ezen belül a repce a takarmányok fehérjetartalmának helyettesítésében betöltött szerepe azért erősödött az elmúlt 15 évben, mert a repce a biodizel előállításának elsődleges alapanyagát képezi az EU-ban és a gyártás során képződő melléktermékek, mint az olajpogácsa valamint az extrahált repcedara a legtöbb gazdasági állat, így a sertéstakarmányozásban is szerepet játszhat. A hizlalási kísérletünkben a takarmánykomponenseknél 8 és 25%-ban alkalmaztunk extrahált repcedarát és hideg sajtolású repcepogácsát. A 8%-os részarányú repcepogácsa kezelés hatására a nyerszsír emészthetőségi együttható ($p \leq 0,001$) szignifikánsan nagyobb volt a többi kezeléshez képest, míg 8 és 25%-ban a préselvény a máj valamint a pajzsmirigy tömegét már szignifikánsan növelte ($p \leq 0,001$). A természetes vizsgálataink eredményei azt mutatják, hogy a 8%-ban alkalmazott extrahált repcedara és repcepogácsa kezelések nem gyakoroltak negatív hatást a hizósertések testtömeg-gyarapodására (NS). A 25%-os részarány azonban negatívan érintette a takarmányfelvételt ($p \leq 0,001$). A repcepogácsát (8% és 25%) fogyasztó hizók színhús aránya bizonyult a legkisebbnek ($51,8 \pm 4,0^b$, $51,2 \pm 1,7^b$), ezzel ellentétben a 25% extrahált repcedarát a legkedvezőbbnek ($55,0 \pm 2,1^a$) a kezelések között. A legszűkebb n-6/n-3 arányt (20,2) a 25% repcepogácsa etetésekor mértük, míg a legtágabb arányt (37,4) a kontroll csoportban, az extrahált szójadarát fogyasztó állatok izommintájában. A humán egészségügyi szempontból fontos n-6/n-3 zsírsavak aránya a húsban a takarmányozás által szűkíthető. A kísérleti eredményeink alapján a repce melléktermékei alkalmas fehérjeforrást jelentenek a sertések takarmányozásában. Ahhoz azonban, hogy a repce alkalmazásával a szója minél nagyobb mértékben kiváltható legyen, széleskörű analitikai, emésztés-élettani, hizlalási valamint húsminősítési vizsgálatok szükségesek. A vizsgálatok a repce melléktermékek alkalmazásának lehetőségét szolgálják a takarmányozásban.

SUMMARY

Horváth, R.: RAPESEED MEAL AND CAKE FOR GROWER AND FINISHER PIGS

In nutrition, oil seeds have become more important as protein sources in the past 15 years, especially the rapeseed, because it is primary source of biodiesel production in the European Union. Its by-products, the oilcake and the meal can be used in livestock, including swine nutrition. The applied experimental feeds contained rapeseed meal or cold-pressed rapeseed cake in ratio of 8 or 25%. The digestibility of crude fat content of feed was significantly higher ($p < 0.001$) in group fed 8% rapeseed cake compared to other treatments. In case of rapeseed cake in ratio of 8 and 25%, negative effect was detected on weight of the liver and the thyroid gland ($p < 0.001$). The rapeseed meal and rapeseed cake in 8% inclusion rate did not have any negative effect on body weight gain of grower and finisher pigs (NS), on the other hand, the by-products reduced the feed intake when they were applied in 25% proportion ($p < 0.001$). The rapeseed cake in 8 and 25% resulted in the worst lean meat ratio in the experiment 51.8 ± 4.0^b , 51.2 ± 1.7^b , respectively) and the most advantageous lean meat production value was shown in the group with 25% rapeseed meal (55.0 ± 2.1^a) among the treatments. The most favourable ratio of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids (20.2) was examined, when 25% rapeseed cake was added. While the worst proportion (37.4) was measured in the control group with soybean meal. The ratio of n-6 and n-3 polyunsaturated fatty acids in the meat, having important effect on human health, can be influenced with animal nutrition. The results of this experiment with grower and finisher pigs show that the by-products of rapeseed as protein sources are able to partially replace the soybean meal. In order to substitute soybean in a higher ratio with other protein sources further analytical, digestibility, physiological, production and quality analyses of the meat are needed. The aim of this study is to examine the possibility of using by-products of rapeseed in swine nutrition.

BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A hazai keveréktakarmányok fehérjetartalmát legjelentősebb mértékben az extrahált szójadara szolgáltatja, amelyet drága importtermékként jellemezhetünk (Márkus, 2011). Az extrahált szójadara keveréktakarmányokban való részleges helyettesítésének igényét különböző fehérjehordozókkal elsősorban a takarmányköltségek csökkentése hívta életre. Az olyan országok számára jelentős szempont az alternatív fehérjehordozók alkalmazása az állati takarmányban, amelyek éghajlati adottságukat tekintve nem, vagy csak kis mennyiségben képesek szójatermesztésre (Chiang és mtsai, 2010). Az élelmiszeripar és üzemanyag-előállítás alapanyagainak feldolgozása során számos olyan hasznos melléktermék keletkezik, amelyek egyrészt hozzájárulhatnak a takarmányozás költségcsökkentéséhez (Rabie és mtsai, 2015), másrészt lehetőséget kínálnak a takarmányozásban az import fehérjék helyettesítésére (Babinszky, 2001; Pál és mtsai, 2011; Tossenberger és mtsai, 2011). Mivel a magyarországi agrárökológiai adottságok szójatermesztés tekintetében nem fedezik a takarmányozás fehérjeszükségletét, a takarmányban alkalmazható melléktermékek szerepe az extrahált szójadara mellett jelentősen felértékelődhet az állati termék előállításban (Kralovánszky, 2012). Az olajnövények, ezen belül a repce keveréktakarmányokban fehérjehordozóként betöltött szerepe azért erősödött az elmúlt 15 évben, mert a biodízel előállításának elsődleges alapanyagát képezi az EU-ban (AKI, 2016). A biodízel-előállítás során a repcemagból kinyerhető olajat préselik, hideg (50-70 °C-on) vagy meleg (100-150 °C-on) sajtolási eljárással. Így melléktermékként repcepogácsa keletkezik. Az olajpogácsából extrakcióval további olajkivonás lehetséges, amelynek az extrahált dara a hasznos mellékterméke (Orosz és Tóth, 2010).

A melléktermékek táplálóanyag-tartalmát tekintve, mind az extrahált repcedara, mind a repcepogácsa fehérjetartalma elmarad az extrahált szójadarától, azonban az extrahált repcedara fehérjeje arányaiban több metionint tartalmaz, mint a szójadara fehérjeje. Az aminosavak abszolút mennyisége kisebb a repcepogácsában, mivel nyersfehérje tartalma kevesebb, mint az extrahált szójadaráé. Amennyiben azonban 1 egység extrahált szójadarát 1,3–1,4 egység repcepogácsával helyettesítünk, úgy metioninban, ciszteinben és treoninban gazdagabb keveréket kapunk (Orosz és Tóth, 2010).

A repcepogácsa illetve az extrahált repcedara felhasználhatóságát nyersrosttartalmuk korlátozza, mindkettő kétszer-háromszor annyit tartalmaz, mint az extrahált szójadara. A rosttartalom belüli lignin-tartalom mintegy nyolcszorosa a repcepogácsában és az extrahált repcedarában a szójadarához viszonyítva (Magyar Takarmánykódex, 2004). A lignin a sertés bélcsatornájában akadályozza a táplálóanyagok (nyersfehérje, aminosavak) hozzáférhetőségét, ezáltal rontja az emészthetőséget (Bach Knudsen, 2001).

A duplanullás repce olaja nagy mennyiségben tartalmaz telítetlen zsírsavakat (olajsav C18:1(9), linolsav C18:2 (9,12), linolénsav C18:3 (9,12,15), a telített zsírsavak (palmitinsav C16:0, szterainsav C18:0) aránya kicsi. A viszonylag nagy, többszörösen telítetlen zsírsavarány rontja az oxidatív stabilitást (Heszky, 2007). A duplanullás repcefajták a nemesítés hatására nagyon csekély erukasav és glükoszínolát-tartalommal bírnak, ezért mind a humán táplálkozásban, mind a takarmányozásban felértékelődött a szerepük.

A repce melléktermékek táplálóanyag-tartalmát, ezáltal a takarmány emészthetőségét nagymértékben befolyásolja minőségük és feldolgozásuk módja. *Szelényiné Galántai és mtsai* (1992) kísérleti eredményei alapján az eltérő glükozinoláttartalmú extrahált repcedarák nyersfehérje tartalmának ileális emészthetősége a kis glükozinoláttartalmú repce genotípusoknál szignifikánsan kedvezőbb ($p \leq 0,1$). *Seneviratne és mtsai* (2014) vizsgálatai a hidegen sajtolt repcepogácsában szignifikánsan nagyobb ($p < 0,05$) látszólagos ileális emészthetőséget (AID) eredményezett a hízóknál a melegen sajtolt pogácsával szemben. Az emészthető energia- (DE), továbbá a nettó energia-tartalom (NE) is a hideg sajtolási eljárással készülő repcepogácsában volt nagyobb ($p < 0,01$). Az aminosav-emészthetőség és kedvezőbb energia-tartalom miatt a szerzők a hideg sajtolású technológiával készült pogácsát ajánlják a hízósertések takarmányozásához, a különböző eljárással készült melléktermékek közül. *Partanen és Siljander-Rasi* (2001) szignifikáns különbséget tapasztaltak a hidegen és melegen sajtolt repcepogácsa nyersfehérje-emészthetőségénél ($p < 0,01$), a hidegen sajtolt repcepogácsa javára. Számos esszenciális aminosav (pl. arginin, izoleucin, leucin, metionin, fenilalanin, treonin és valin) emészthetősége azonban a meleg sajtolású melléktermékben bizonyult szignifikánsan ($p < 0,01$) kedvezőbbnek, míg a lizin emészthetőségi együtthatója a hidegen sajtolt olajpogácsában volt jobb ($p < 0,01$).

A hízósertés takarmányozásban alkalmazott repce melléktermék nem megfelelő minőségi tulajdonságai kedvezőtlen élettani változásokat eredményezhetnek a sertéseknél. *Svetina és mtsai* (2003) szerint az extrahált repcedara 6 és 10% közötti alkalmazása szignifikánsan ($p < 0,01$) növeli a hízók pajzsmirigyének és májának tömegét.

A repce antinutritív hatásából adódó pajzsmirigy diszfunkció befolyásolja a termelést, ezáltal a végtermék minőségét (húskihozatali paraméterek). *Schöne és mtsai* (2002) kísérletében a 15%-os repcepogácsa etetés teljesítményromlást eredményezett a testtömeg-gyapodásban, takarmányfelvételben és fajlagos takarmányértékesítésben ($p < 0,01$). Egy másik kísérletben a 7,5% és 15% részarányú repcepogácsa bekeverés hatására az egyszeresen és többszörösen telítetlen zsírsavak mennyisége megnőtt a sertések húsmintáiban (MUFA, PUFA) ($p > 0,05$), míg az egyszeresen telített zsírsavak (SFA) szignifikáns mértékben csökkentek a kontroll csoporthoz viszonyítva ($p < 0,05$) (*Schöne és mtsai*, 1997).

ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletben vizsgált magyar nagy fehér x magyar lapály F_1 süldőket és hízósertéseket a herceghalmi Állattenyésztési-, Takarmányozási és Húsipari Kutatóintézet (NAIK ÁTHK) sertéstelepén neveltük. A kísérletben vegyes ivarú állománnyal dolgoztunk. Az állatokat egyedileg helyeztük el a kutricákban. Kezelésenként 9 állatot vizsgáltunk 37 ± 2 kg és 103 ± 4 kg testtömeg között, ami 83 takarmányozási napot jelentett a vizsgálati időszakban. Az állatok egyedi mérlegelése a kísérlet beállításkor, majd 28 és 57 nap múlva, valamint a kísérlet befejezésekor (83. takarmányozási napon) történt. Vizsgálataink során 4 kísérleti kezelést alkalmaztunk. A kísérleti takarmányok extrahált repcedarát, hidegen sajtolt repcepogácsát tartalmaztak eltérő részarányban, míg az 5. csoport kontrolltakarmányában extrahált szójadara képezte az alapvető fehérjeforrást.

1. táblázat

Kísérletben alkalmazott hízó takarmányok összetétele és számított táplálóanyag-tartalma

Kezelések (1)	Mértékegység (2)	1. Extrahált szójadara (3)	2. Extrahált repcedara (4)	3. Repce-pogácsa (5)	4. Extrahált repcedara (4)	5. Repce-pogácsa (5)
Alkalmazási részarány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Kukorica (7)	%	45,00	45,00	45,00	45,00	45,00
Árpa (8)	%	25,00	25,50	25,00	19,00	17,00
Extrahált szójadara (3)	%	23,50	16,50	17,30	6,00	8,00
Extrahált repcedara (4)	%		8,00		25,00	
Repcepogácsa (5)	%			8,00		25,00
Takarmánymész (9)	%	1,30	1,20	1,20	0,70	0,60
MCP (10)	%	1,10	1,00	1,00	0,60	0,45
NaCl (11)	%	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
L-lizin-HCl (12)	%	0,13	0,23	0,15	0,25	0,10
DL-metionin (13)	%	0,10	0,05	0,10	0,05	0,10
Treonin (14)	%	0,02				
Triptofán (15)	%					
Zeolit universal (16)	%	2,95	1,62	1,35	1,86	2,21
Hízó 0,5% premix (17)	%	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
Szárazanyag (18)	%	88,00	88,92	88,63	89,72	88,71
DEs (19)	MJ/kg	13,60	13,72	13,78	13,64	13,68
Nyersfehérje (20)	%	17,40	17,02	17,12	17,27	17,29
Nyerszsír (21)	%	2,51	2,55	3,42	2,61	5,32
Nyersrost (22)	%	3,28	4,08	4,09	5,61	5,61
Nyershamu (23)	%	7,90	6,90	6,41	6,70	6,45
Lizin (12)	%	0,97	1,00	0,97	0,99	0,98
Metionin (13)	%	0,37	0,34	0,37	0,37	0,38
Metionin+cisztin (24)	%	0,68	0,66	0,68	0,75	0,69
Treonin (14)	%	0,67	0,65	0,65	0,68	0,67
Triptofán (15)	%	0,20	0,19	0,20	0,19	0,21
Ca (25)	%	0,89	0,89	0,89	0,80	0,74
P (26)	%	0,61	0,63	0,64	0,65	0,63
Na (27)	%	0,16	0,16	0,16	0,17	0,17
A-vitamin (28)	NE/kg	10815	10815	10815	10815	10815
D ₃ -vitamin (29)	NE/kg	2000	2000	2000	2000	2000
E-vitamin (30)	mg/kg	34	34	34	34	34

Table 1. Composition and calculated nutrient content of the grower-finisher pig's experimental feed treatments (1); unit (2); soybean meal (3); rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio % (6); corn (7); barley (8); calcium-carbonate (9); monocalcium phosphate (10); sodium-chloride (11); lysine (12); methionine (13); threonine (14); triptophane (15); Zeolit universal (16); grower premix 0.5% (17); dry matter (18); digestible energy (MJ/kg) (19); crude protein (20); crude fat (21); crude fiber (22); crude ash (23); methionine+cysteine (24); calcium (25); phosphorus (26); sodium (27); vitamin A (28); vitamin D₃ (29); vitamin E (30)

A hizálás során egyfázisú takarmányozást alkalmaztunk. A kontrolltakarmányt a hízósértés táplálóanyag-szükségletének megfelelően állítottuk be (NRC), kukorica-árpa-extrahált szójadara alapon. Az összeállított kísérleti takarmányok azonos mennyiségű energiát, nyersfehérjét és aminosavakat tartalmaztak (1. táblázat). A kísérleti kezelések beállításánál az extrahált szójadara lehető legnagyobb mértékű helyettesítésére törekedtünk extrahált repcedara, illetve hidegen sajtolt repcepegácsa melléktermékek alkalmazásával. Az állatokat önetetőből, *ad libitum* takarmányoztuk, az ivóvízhez is *ad libitum* fértek hozzá.

2. táblázat

Kísérletben alkalmazott hízó takarmányok mért táplálóanyag-tartalma

Kezelések (1)	Mértékegység (2)	Extrahált szójadara (3)	Extrahált repcedara (4)	Repcepegácsa (5)	Extrahált repcedara (4)	Repcepegácsa (5)
Alkalmazási részarány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Száranyag (7)	%	87,83	87,62	87,95	87,63	88,46
Nyersfehérje (8)	%	17,57	17,24	17,13	17,70	17,44
Nyerszsír (9)	%	1,93	2,22	3,06	2,48	4,63
Nyersrost (10)	%	3,60	4,63	4,00	5,57	5,77
Nyershamu (11)	%	7,0	6,27	5,97	6,07	6,36

Table 2. Measured nutrient content of the grower-finisher pig's experimental feed treatments (1); unit (2); soybean meal (3); rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio (6); dry matter (7); crude protein (8); crude fat (9); crude fiber (10); crude ash (11)

A takarmányok szárazanyag-tartalmát a MSz 6830/3:1993, nyersfehérje-tartalmát a MSz 6830/4:1981, nyerszsírtartalmát a MSz 6830-6:1984, nyersrosttartalmát a MSz EN ISO 6865:2001, nyershamu tartalmát MSz EN ISO 6865:2001 módszerrel állapítottuk meg. A kalciumtartalmát a MSz EN ISO 5984:1992, a foszfortartalmát a MSz ISO 6491:2001, módszer szerint mértük (2. táblázat). A kísérletben szereplő melléktermékek teljes aminosav-tartalom meghatározása „Az aminosavak ioncserélő kromatográfias meghatározása” 44/2003 FVM rendelet 10. mell. 7. fejezetében leírtak szerint történt. A kísérletben használt repce melléktermékek glükoszínoláttartalmát az MSz EN ISO 9167-1:2000 szabvány alapján határoztuk meg (3. táblázat).

Az emészthetőség megállapítására indikátormódszert alkalmaztunk. Az indikátormódszer előnye, hogy az emésztési együtthatók meghatározásánál a takarmányfelvételt, illetve a naponta ürített bélsár mennyiségét nem kell pontosan mérni. A 4 kísérleti (repces) és a kontroll csoportban résztvevő 9-9 állatnál bélsárgyűjtés történt. Az említett tápokba jelzőanyagként 0,5% titán-dioxidot kevertünk, amit az állatok továbbra is *ad libitum* fogyaszthattak. Az emésztési kísérlet 14 napig tartott, a 9 napos előtetést 5 napos bélsárgyűjtési fázis követte. A bélsárgyűjtés kezdő napján az állatok 60 kg-os átlagsúlyúak voltak. Naponta, kutricánként, a

3. táblázat

A kísérletben alkalmazott repce melléktermékek mért glükoszínolát-tartalma

Kezelések (1)	Mértékegység (2)	Extrahált szójadara (3)	Extrahált repcedara (4)	Repcepor-gácsa (5)	Extrahált repcedara (4)	Repcepor-gácsa (5)
Alkalmazási részarány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Glükoszínolát-tartalom (7)	μmol/g	0	3,5	3,0	3,1	3,3

Table 3. Measured glucosinolate content of the rapeseed's by-products in the experimental feed treatments (1); unit (2); soybean meal (3); rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio (6); glucosinolate content (7)

reggeli etetés előtt 8 órától 10 óráig az ürített bélsarat összegyűjtöttük. A kezeléseken belül, kutricánként összegyűjtött bélsarat lemértük, és lefagyasztottuk. A minta-előkészítéshez az 5 nap bélsár-mennyiségét állatonként homogenizáltuk, majd 30%-át beszárítottuk, ami a vizsgálandó mintát képezte a nyersfehérje-, nyerszsír-, és nyersrosttartalom meghatározásához.

A takarmány, valamint a termelt bélsár kémiai összetételének, továbbá a takarmány és a bélsár titántartalmának ismeretében a táplálóanyag:titán arány változása alapján kiszámítottuk az egyes táplálóanyagok emésztési együtthatóját.

$$\text{Emésztési együttható, \%} = \frac{\text{IAb-IAt}}{\text{IAb}} * 100$$

IAt= indikátor: táplálóanyag arány a takarmányban

IAb= indikátor: táplálóanyag arány a bélsárban

A pajzsmirigyhormonok (T₄, T₃) koncentrációját a humán célra kifejlesztett, de különböző állatfajokra módosított és validált I-RIA módszerrel (T₄: I- T₄ RIA kit; T₃: I- T₃ RIA kit; Izotóp Intézet Kft., Budapest) mértük. Az azonos assay (intra-assay) belüli, illetve az assay-ok közötti (interassay) szórást (CV) minden vizsgálati sorban 3-5 párhuzamos, alacsony illetve magas koncentrációjú kontroll plazma mérésével állapítottuk meg (T₄: 12,44 és 94,38 nmol/l; T₃: 0,61 és 2,33 nmol/l). A vérvétel az elülső üres vénából (v. *cava cranialis*) történt.

A hizlalást követően (83. takarmányozási napon) a vizsgált szerveket (máj, lép, pajzsmirigy) lemértük és vágóhídi, EUROP minősítést végeztünk minden állatnál. A hús zsírsav-összetételének megállapításakor a MSz ISO 5508:1992 alapján jártunk el.

A takarmány főbb táplálóanyag emészthetőségének, a szervtömeg és pajzsmirigy-koncentráció, a természetes mutatók, a vágási paraméterek, és a sertéscomb zsírsavösszetételének meghatározása során a statisztikai elemzéseket az SPSS 19.0.0 program (SPSS Inc., Chicago, USA) segítségével végeztük el. Az összefüggések vizsgálatára normál eloszlású, azonos szórású változók esetén egyszempontos varianciaanalízist (one-way ANOVA), normál eloszlású, eltérő szórású adatokra pedig Welch-próbát alkalmaztunk. Az egyes kategória-páronkénti összehasonlításokat azonos szórású adatok esetén Bonferroni, eltérő szórású adatok esetén pedig Dunnett C post hoc teszttel végeztük. A normalitást Kolmogorov-Szmirnov teszttel, a szórásazonosságot pedig Levene-teszttel ellenőriztük.

EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELEÉSÜK

A takarmányok látszólagos fehérje-emészthetőségének vizsgálatánál (4. táblázat) a repceporácsa hatására nem tapasztaltunk lényeges különbséget (8%: $89,00 \pm 3,00$; 25%: $90,00 \pm 1,00$) az extrahált repcedarához képest (8%: $88,00 \pm 1,00$; 25%: $89,00 \pm 1,00$). Hízósertésekkel végzett *Maison és Stein* (2014) emészthetőségi kísérletében a repceporácsa fehérje, treonin, triptofán és glicin emészthetősége jobbnak bizonyult ($p < 0,01$) az extrahált repcedarával szemben, amelyet a szerzők az extrahálásnál használt hő fehérjedenaturáló hatásával magyaráztak.

Mind az olajporácsa (8%: $75,00 \pm 5,00$; 25%: $75,00 \pm 3,00$), mind az extrahált repcedara (8%: $74,00 \pm 5,00$; 25%: $76,00 \pm 3,00$) pozitívan befolyásolta a nyersrost emészthetőségét az extrahált szójadarához ($71,00 \pm 3,00$) viszonyítva, bár az eltérés itt sem szignifikáns. *Kracht és mtsai* (2004) extrahált repcedara és repceporácsa nyersrost emésztésére gyakorolt hatásában szintén nem tapasztaltak eltérést ($p < 0,05$) a sertések hízó fázisában.

A nyerszsír emészthetőségi együtthatójában tapasztalt különbség ($p \leq 0,001$) a 25%-ban alkalmazott repceporácsa hatására bizonyult a legkedvezőbbnek ($85,00 \pm 3,00^b$) mind az extrahált repcedarával (8%: $64,00 \pm 6,00^a$; 25%: $69,00 \pm 5,00^a$), mind a kontroll szójadarával ($66,00 \pm 5,00^a$) szemben.

A 25% repceporácsát fogyasztó csoportban a máj tömege (2007 ± 272^c g) meghaladta mind a kontroll, mind a többi kezelt csoport máj tömegét, de szignifikáns különbséget csak a kontroll és a 25% repceporácsát fogyasztó csoport között tudunk kimutatni ($p \leq 0,01$). A mért pajzsmirigyek tömege ($17,9 \pm 4,8^b$ g) tendenciájában a máj tömegmérésekhez hasonló, ugyanis szintén a 25% repceporácsát fogyasztó sertések esetében volt a legnagyobb súlyú a többi csoporthoz képest. Itt azonban a kontroll csoportban mért $7,50 \pm 70$ g pajzsmirigy-tömeg statisztikailag bizonyítottan kisebb a kísérleti csoportokénál (5. táblázat).

A vizsgálat eredményei azt mutatják, hogy már 8% extrahált repcedara és repceporácsa is mérhető pajzsmirigy hipertrófiát eredményez. A nagyobb mennyiségű repceporácsa etetésével a glükozinoláttartalom is megnövekedhet,

4. táblázat

Főbb táplálóanyagok emésztési együtthatója kezeléisenként

Kezelések (1)	Mértékegység (2)	Extrahált szójadara (3)	Extrahált repcedara (4)	Repceporácsa (5)	Extrahált repcedara (4)	Repceporácsa (5)
Alkakmazási részarány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Nyersfehérje (7)	%	89 ± 1	$88,00 \pm 1,00$	$89,00 \pm 3,00$	$89,00 \pm 1,00$	$90,00 \pm 1,00$
Nyerszsír (8)	%	$66,00 \pm 5,00^a$	$64,00 \pm 6,00^a$	$74,00 \pm 6,00^a$	$69,00 \pm 5,00^a$	$85,00 \pm 3,00^b$
Nyersrost (9)	%	$71,00 \pm 3,00$	$74,00 \pm 5,00$	$75,00 \pm 5,00$	$76,00 \pm 3,00$	$75,00 \pm 3,00$

^{a,b} $p \leq 0,001$

Table 4. Digestibility coefficient of major nutritional parameters by treatments treatments (1); unit (2); extracted soybean meal (3); extracted rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio (6); crude protein (7); crude fat (8); crude fiber (9)

5. táblázat

Repce melléktermékek hatása a belső szervek tömegére és a pajzsmirigy hormonok (T_3 , T_4) koncentrációjára

Kezelés (1)	Mértékegység (2)	Extrahált szójadara (3)	Extrahált repcedara (4)	Repcepogácsa (5)	Extrahált repcedara (4)	Repcepogácsa (5)
Alkalmazási arány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Máj (7)	g	1554,00±152,00 ^d	1685,00±270,00	1778,00±322,00	1689,00±231,00	2007,00±272,00 ^c
Lép (8)	g	176,00±10,00	178,00±21,00	160,00±35,00	175,00±27,00	148,00±25,00
Pajzsmirigy (9)	g	7,50±0,70 ^{a,c}	8,90±2,60 ^a	11,20±2,50 ^d	9,30±3,60 ^a	17,90±4,80 ^b
T3 (10)	nmol/L	0,66±0,19	0,68±0,13	0,67±0,19	0,65±0,24	0,61±0,14
T4 (11)	nmol/L	50,11±8,83	40,51±4,80	42,98±10,38	42,72±8,18	38,39±8,30

^{a,b}p≤0,001; ^{c,d}p≤0,01

Table 5. Effect of rapeseed byproducts on weight of internal organs and hormones of thyroid glands (T_3 , T_4) treatment (1); unit (2); extracted soybean meal (3); extracted rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio (6); liver (7); spleen (8); thyroid glands (9); T3, triiodothyronine (10); T4, thyroxine (11)

ami hozzájárul a pajzsmirigy tömegének növekedéséhez, és így megváltozott hormonműködést idézhet elő (Schöne és mtsai, 1997). A trijód-tironin (T3) és a tiroxin (T4) mért hormonszintekben nem tapasztalhatunk a pajzsmirigy növekedését követő jelentős hormonkoncentráció-változást a trijód-tironinnál (extrahált repcedara 8%: $0,68 \pm 0,13$; 25%: $0,65 \pm 0,24$; repcepegácsa 8%: $0,67 \pm 0,19$; 25%: $0,61 \pm 0,14$) (4. táblázat).

King és mtsai (2001) 0-300 g/takarmány kg extrahált repcedarát alkalmazva nem tapasztaltak pajzsmirigy tömeg-növekedést a hizósertéseknél. Ezzel szemben Bourdon és Aumaître (1990), valamint Mullan és mtsai (2000) az extrahált repcedara a pajzsmirigy tömegére gyakorolt negatív hatásáról számolnak be.

A hizulás első 28 napos időszakában (37-62 kg) a kezelések a természetes mutatók eredményei közül a testtömeg-gyarapodásra és a takarmányfelvételre gyakoroltak szignifikáns hatást ($p \leq 0,001$). Az extrahált szójadarát fogyasztó süldők átlagos napi testtömeg gyarapodásához képest (1032 ± 73^b g), a repcepegácsa (25%) jelentősen visszavetette a vizsgált paramétert (818 ± 122^a g). A takarmányfelvétel a kontroll és a kísérleti csoportok között szignifikáns eltérést nem mutatott.

A hizulás következő szakaszában (29 nap) a takarmányfelvételben nem tapasztalható statisztikailag bizonyítható különbség az első hizulási periódushoz képest (NS). Nagyobb takarmányfelvétel az extrahált repcedaránál tapasztalható, a különbség azonban a kezelések között elhanyagolható mértékű.

Míg a vágást megelőző hizulási periódusban testtömeg gyarapodásra nem, addig a napi takarmányfelvételre hatással volt a kezelés ($p \leq 0,01$). A felvett takarmány mennyisége a legkisebb a 25% repcepegácsa alkalmazásánál volt ($2,8 \pm 0,4^d$), a legnagyobb a 8%-os extrahált repcedarát fogyasztó csoportban ($3,5 \pm 0,4^c$) ($p \leq 0,01$).

A természetes mutatókra irányuló vizsgálataink eredményei szerint (6. táblázat) a testtömeg gyarapodást és takarmányfelvételt visszavethetik az eltérő feldolgozású és részarányú repce melléktermékek, de ez a kapott eredményeink alapján nem mindig egyértelmű. A hizulás második és harmadik fázisában például a tömeggyarapodással, valamint a takarmányértékesítéssel kapcsolatos mutatók ettől a feltételzéstől eltérnek. Ennek oka lehet, hogy az olajpegácsában visszamaradó goitrogén anyagok valószínűsége nagyobb, hiszen az extrahálás során kivonják a repcemagban lévő glükozinolatot tartalmazható olaj-mennyiséget (Bell és mtsai, 1998).

A takarmányfelvételben és a fajlagos takarmányértékesítésben nem tapasztaltak negatív hatást ($p > 0,05$) Moreira és mtsai (1996) a sertés hizulás kései fázisában (65 kg felett) 6, 12 és 18% extrahált repcedara alkalmazásakor. Hasonló eredményről számolt be Gomes és mtsai (1998). Tapasztalataik alapján 53,2–98,7 kg között 25% extrahált repcedara alkalmazása nem befolyásolja negatívan a hizulás természetes mutatóit a befejező fázisban ($p > 0,05$).

A vágóhídi minősítés során (7. táblázat) a kezelések hatással voltak a színhús arányára. A 8 és 25% repcepegácsát fogyasztó hízók színhús aránya ($51,8 \pm 4,0^b$, $51,2 \pm 1,7^b$) bizonyult a legkisebbnek, ezzel ellentétben a 25% extrahált repcedarával takarmányozott csoport színhús aránya a legkedvezőbb ($55,0 \pm 2,1^a$). A szalonnastagságra statisztikailag bizonyítható hatással nem voltak a kezelések (NS).

6. táblázat

Az alkalmazott kezelések hatása a természetes mutatókra

Természetes mutatók (2)	Mértékegység (3)	Kezelések (1)				
		Extrahált szójadara (4)	Extrahált repcedara (5)	Repce-pogácsa (6)	Extrahált repcedara (5)	Repce-pogácsa (6)
Alkalmazási arány (7)	%	23,5	8	8	25	25
I. szakasz (8)						
Testsúly 1. mérés (9)	kg	36,8±3,4	38,4±2,4	37,4±4,4	38,1±6,1	37,3±5,0
Testsúly 2. mérés (10)	kg	65,7±2,0	64,9±6,2	65,8±7,2	62,2±9,6	60,2±7,4
Takarmányozási napok (11)	nap (12)	28	28	28	28	28
Súlygyarapodás (13)	g/nap (14)	1032±73 ^b	946±110	1014±123	861±152	818±122 ^a
Napi takarmányfelvétel (15)	kg	2,9±0,3	2,9±0,5	2,8±0,4	2,9±0,3	2,4±0,4
Takarmányértékesítés (16)	kg/kg	2,8±0,2	3,1±0,6	2,8±0,2	3,4±0,7	2,9±0,4
II. szakasz (17)						
Testsúly 2. mérés (10)	kg	65,7±2,0	64,9±6,2	65,8±7,2	62,2±9,6	60,2±7,4
Testsúly 3. mérés (18)	kg	88,6±3,1	90,2±9,0	88,8±7,2	83,6±10,9	82,1±6,7
Takarmányozási napok (11)	nap (12)	29	29	29	29	29
Súlygyarapodás (13)	g/nap (14)	790±120	872±118	793±97	738±149	755±87
Napi takarmányfelvétel (15)	kg	2,9±0,3	3,2±0,6	2,9±0,4	3,1±0,3	2,8±0,6
Takarmányértékesítés (16)	kg/kg	3,7±0,5	3,7±0,8	3,7±0,7	4,2±1,0	3,7±0,6
III. szakasz (19)						
Testsúly 3. mérés (18)	kg	88,6±3,1	90,2±9,0	88,8±7,2	83,6±10,9	82,1±6,7
Testsúly 4. mérés (Vágáskor) (20)	kg	107,6±3,0	109,3±11,0	106,9±7,0	101,0±7,8	98,9±8,2
Takarmányozási napok (11)	nap (12)	26	26	26	26	26
Testsúlygyarapodás (13)	g/nap (14)	731±72	735±142	696±95	669±186	646±164
Napi takarmányfelvétel (15)	kg	3,1±0,3	3,5±0,4 ^c	3,0±0,5	3,3±0,3 ^c	2,8±0,4 ^d
Takarmányértékesítés (16)	kg/kg	4,2±0,3	4,8±0,9	4,3±0,8	4,9±1,6	4,3±1,4

^{a,b}p≤0,001; ^{c,d}p≤0,01

Table 6. Effect of the applied treatments on productional parameters
 treatments (1); productional parameters (2); unit (3); extracted soybean meal (4); extracted rapeseed meal (5); rapeseed cake (6); ratio (7); first period (8); live weight results of first measurement (9); live weight results of second measurement (10); feeding days (11); day (12); body weight gain (13); gram/day (14); daily feed intake (15); feed conversion ratio (16); second period (17); live weight results of third measurement (18); third period (19); live weight results of fourth measurement (pre-slaughter) (20)

7. táblázat

Az extrahált repcedara és –porácsa hatása a vágóhídi minősítésre

Kezelés (1)	Mértékegység (2)	Extrahált szójadara (3)	Extrahált repcedara (4)	Repceporácsa (5)	Extrahált repcedara (4)	Repceporácsa (5)
Alkalmazási részarány (6)	%	23,5	8	8	25	25
Vágási testsúly (7)	kg	107,6±3,0	109,3±11,2	106,9±7,0	101,0±7,8	98,9±8,2
Karkasz (8)	kg	92,3±1,6	93,6±8,5	92,4±5,4	87,2±5,8	85,4±5,9
Színhús aránya (9)	%	53,6±3,4	52,2±3,1	51,8±4,0 ^b	55,0±2,1 ^a	51,2±1,7 ^b
Marszalonna (10)	mm	37,0±10,6	38,2±9,0	36,3±4,7	35,7±4,1	35,6±3,5
Hátszalonna (11)	mm	20,0±4,0	21,7±4,8	22,4±6,0	17,2±2,6	20,9±3,0
Ágyékszalonna (12)	mm	18,0±4,4	20,8±4,3	18,7±5,1	15,9±2,6	17,0±2,9

^{a,b}p≤0,001

Table 7. Effect of extracted rapeseed meal and rapeseed cake on the of slaughter parameters treatment (1); unit (2); soybean meal (3); rapeseed meal (4); rapeseed cake (5); ratio (6); slaughter weight (7); carcass (8); ratio of lean meat (9); intramuscular fat (10) back fat (11); lumbar fat (12)

A 8. táblázat a combhús (*m. semimembranosus*) zsírsavösszetételének eredményeit tartalmazza. Az egyszerűen telítetlen zsírsavak arányát (MUFA) statisztikailag igazolhatóan nem befolyásolta a húsmintákban az eltérő arányú melléktermékekkel történő takarmányozás. A csoportok között tapasztalható 1-2%-kal nagyobb MUFA tartalom eltérés nem befolyásolja lényegesen a hús minőségét. Megfigyelhető azonban, hogy a 25%-os repceporácsa és extrahált repcedara részarány az egyszerűen telített zsírsavak mennyiségét csökkentette a sertések combmintáiban (kontroll:38,406; 25% extrahált repcedara: 37,287; 25% repceporácsa:36,790). *Schöne* és *mtsai* (2002) a hizósertések repceporácsával való takarmányozását (7,5% és 15% részarányban) követően megfigyelték, hogy a kezelés a karajminták MUFA tartalmát növeli. Ennek vélhető oka a repcében található mintegy 71%-os MUFA arány (*Rodler*, 2005). *Warnants* és *mtsai* (1996) összefoglaló munkájukban ismertették, hogy a repceolajat, illetve repceporácsát tartalmazó takarmány hatására növekszik a hús zsírsavösszetételének többszörösen telítetlen zsírsav mennyisége (PUFA). Eredményeinkből látható, hogy a többszörösen telítetlen zsírsavak mennyiségét (PUFA) a repceporácsa kezelés

8. táblázat

A sertés combminták részletes zsírsavösszetétele (zsírsav/100 g összes zsírsav)

	Extrahált szójadara (2)	Extrahált repcedara (3)	Repceporácsa (4)	Extrahált repcedara (3)	Repceporácsa (4)
Alkalmazási arány % (1)	23,5	8	8	25	25
C10:0 (Kaprinsav) (5)	0,086±0,01	0,085±0,01	0,078±0,03	0,084±0,01	0,041±0,04
C12:0 (Laurinsav) (6)	0,082±0,01	0,076±0,01	0,071±0,01	0,067±0,03	0,033±0,03
C14:0 (Mirisztinsav) (7)	1,498±0,2	1,356±0,11	1,301±0,15	1,279±0,10	1,088±0,16

	Extrahált szójadara (2)	Extrahált repcedara (3)	Repcepogácsa (4)	Extrahált repcedara (3)	Repcepogácsa (4)
C15:0 (Pentadekánsav) (8)	0,1±0,02	0,127±0,06	0,094±0,03	0,106±0,03	0,109±0,04
C16:0 (Palmitinsav) (9)	27,834±0,98	26,931±0,91	26,133±1,14	26,002±1,06	24,559±1,51
C17:0 (Heptadekánsav) (10)	0,489±0,12	0,565±0,13	0,455±0,15	0,416±0,07	0,38±0,08
C18:0 (Sztearinsav) (11)	12,53±0,92	12,541±0,62	12,413±1,27	12,538±1,16	11,817±0,80
C20:0 (Arachidsav) (12)	0,142±0,03	0,157±0,03	0,149±0,02	0,162±0,03	0,144±0,02
Telített zsírsavak (13)	42,761±1,20	41,838±1,54	40,694±1,77	40,654±2,08	38,171±1,48
C14:1 (Mirisztóleinsav) (14)	0,007±0,2	-	0,004±0,01	-	-
C16:1 (Palmitoleinsav) (15)	4,912±1,02	4,742±0,63	4,19±0,99	4,372±0,75	3,871±0,93
C18:1n-9c (Olajsav) (16)	32,786±3,29	34,786±3,01	34,139±4,10	32,206±3,66	32,109±4,75
C20:1n-9 (Eikozénsav) (17)	0,701±0,09	0,697±0,08	0,822±0,20	0,709±0,12	0,81±0,19
C22:1 (Erukasav) (18)	-	-	-	-	-
Egyszeresen telített zsírsavak (19)	38,406±4,13	40,225±2,82	39,155±4,81	37,287±4,24	36,79±5,65
C18:2n-6c (Linolsav) (20)	13,061±2,31	12,6±2,52	14,362±3,22	15,288±3,09	17,465±4,36
C20:2n-6 (Eikozadiénsav) (21)	0,652±0,09	0,616±0,09	0,664±0,10	0,744±0,09	0,764±0,09
C20:3n-6 (Eikozatriénsav) (22)	0,479±0,13	0,455±0,13	0,492±0,17	0,535±0,10	0,61±0,15
C20:4n-6 (Arachidonsav) (23)	4,155±1,38	3,678±0,99	3,791±1,26	4,844±1,27	5,017±2,02
n-6 többszörösen telítetlen zsírsavak (24)	18,347±3,82	17,349±3,64	19,309±4,58	21,411±4,25	23,856±6,37
C18:3n-3 (α-Linolénsav) (25)	0,47±0,04	0,578±0,13	0,789±0,20	0,627±0,30	1,087±0,27
C20:3n-3 (Eikozatriénsav) (26)	0,016±0,02	0,01±0,02	0,052±0,06	0,023±0,07	0,096±0,06
n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak (27)	0,486±0,03	0,588±0,12	0,841±0,25	0,650±0,36	1,183±0,28
n-6/n-3 többszörösen telítetlen zsírsavak aránya * (28)	37,751	29,505	22,959	32,940	20,165

Table 8. Elaborated fatty acid profile of the ham samples of swine (fatty acid / 100g total fatty acids) ratio (1); soybean meal (2); rapeseed meal (3); rapeseed cake (4); capric acid (5); lauric acid (6); myristic acid (7); palmitic acid (9); stearic acid (11); arachidic acid (12); saturated fatty acid (13); myristoleic acid (14); palmitoleic acid (15); oleic acid (16); eicosenic acid (17); erucic acid (18); monounsaturated fatty acid (19); linoleic acid (20); eicosadienoic acid (21); eicosatrienoic acid (22); arachidonic acid (23); n-6 polyunsaturated fatty acid (24); α-linolenic acid (25); eicosatrienic acid (26); n-3 polyunsaturated fatty acid (27); calculated value, n-6/n-3 polyunsaturated fatty acid ratio (28)

(8%; 25%) (n-3: $0,84 \pm 0,25$; $1,18 \pm 0,28$; n-6: $19,31 \pm 4,58$; $23,86 \pm 6,37$) javította a vizsgált combmintákban (NS). Humán táplálkozási szempontból fontos tényező az élelmiszerekben lévő n-6:n-3 zsírsavak arányának szűkítése, amely leghatékonyabban a gazdasági haszonállatok takarmányozásának útján érhető el (Pál és mtsai, 2004). A comb zsírsavösszetételének eredményeire irányuló vizsgálatunk szerint, a többszörösen telítetlen zsírsavak (n-3 és n-6) egymáshoz viszonyított arányára a legkedvezőbb hatást a repcepogácsa (8%: 22,959; 25%: 20,165) gyakorolta a kísérletben alkalmazott kezelésekkel (23,5 % extrahált szójadara: 37,751; 8% extrahált repcedara: 29,505; 25% extrahált repcedara: 32,904) összehasonlítva.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az eredményeink azt jelzik, hogy a szójafehérje helyettesítésére szolgáló melléktermékek alkalmazásakor rendkívül fontos a takarmányok táplálóanyag-tartalmának pontos megállapítása. Az emészthetőségi együtthatók ismerete az energiaérték kiszámításához elengedhetetlen feltétel. Az egyes takarmány alapanyagok, melléktermékek emészthetőségére vonatkozó adatok azonban nem egységesek. Az okszerű gyakorlati takarmányozás valamint a tényleges energiatartalom megállapítása érdekében célszerű lenne a hazai repcefajták és az előállított melléktermékek táplálóanyag emészthetőségének teljes körű vizsgálata. A melléktermékek energiaértékének, valamint az energia-fehérje (aminosav) arány pontos ismeretének szükségszerűségét mutatja a repcepogácsát fogyasztó állatok kisebb színhús aránya.

A repcepogácsa alkalmazásakor a máj és a pajzsmirigy súlyának nagyobb értékei visszamaradt antinutritív összetevő jelenlétére utalnak.

A kísérleti eredményeink alapján a repce alkalmas fehérjeforrást jelent a sertések takarmányozásában, amelyet a 8%-ban felhasznált extrahált repcedara és repcepogácsa kontrollal hasonló termelési eredményei támasztanak alá. Ahhoz azonban, hogy a repce alkalmazásával a szója minél nagyobb mértékben kiváltható legyen, pontosabb adatok szükségesek a repce és melléktermékei kémiai összetételére, emészthetőségére valamint a felhasználhatóságát csökkentő antinutritív anyagok tartalmára vonatkozóan. Ehhez széleskörű analitikai, emésztési, élettani, hizlalási valamint húsminősítési vizsgálatok szükségesek.

IRODALOMJEGYZÉK

- AKI (2016): Agrárpikai jelentések. Gabona és ipari növények, XIX:1, 24-31. Babinszky L. (2001): A hízósértés-takarmányok fehérjeforrásának helyettesítése a legújabb szakmai ismeretek alapján. Takarmányozás, 2. 4-7. Bach Knudsen, K. E. (2001): The nutritional significance of „diatery fibre” analysis. Anim. Feed Sci. Techn., 90. 3-20. Bell, J. M. – Tyler, R. T. – Rakow, G. (1998): Nutritional composition and digestibility by 80-kg to 100-kg pigs of prepress solvent-extracted meals from low glucosinolate Brassica juncea, B-napus and B-rapa seed and of solvent-extracted soybean meal. Can. J. Anim. Sci., 78. 199-203.
- Bourdon, D. – Amaitre, A. (1990): Low-glucosinolate rapeseeds and rapeseed meals: Effect of technological treatments on chemical composition, digestible energy content and feeding value for growing pigs. Anim. Feed Sci. Techn., 30. 157-191.

- Chiang, G. – Lu, W. Q. – Piao, X. S. – Hu, J. K. – Gong, L. M. – Thacker, P. A. (2010): Effects of feeding solid-state fermented rapeseed meal on performance, nutrient digestibility, intestinal ecology and intestinal morphology of broiler chickens. *Asian-Australian J. Anim. Sci.*, 23. 263-271.
- Gomes, P. C. – Zanotto, D. L. – Guidoni, A. L. – Gomes, M. F. M. – Nascimento, A. H. (1998): Use of canola meal in diets for pig in the finishing phase. *Rev. Bras. Zootec.*, 27. 749-753.
- Heszky L. (2007): A repceolaj minőségének élelmiszer és biodízel célú módosítása. *Agrofórum*, 18. 13-16.
- King, R. H. – Eason, P. E. – Kerton, D. K. – Dunshea, F. R. (2001): Evaluation of solvent-extracted canola meal for growing pigs and lactating sows. *Aust. J. Agric. Res.*, 52. 1033-1041.
- Kracht, W. – Dänicke S. – Kluge, H. – Keller K. – Matzke W. – Hennig, U. – Schumann, W. (2004): Effect of dehulling of rapeseed on feed value and nutrient digestibility of rape products in pigs. *Arch. Anim. Nutr.*, 58. 389-404.
- Kralovánszky U. P. (2012): A hazai „fehérje-probléma”-fehéren, feketén. *Agrofórum*, 23. 14-18.
- Maison, T. – Stein, H. H. (2014): Digestibility by growing pigs of amino acids in canola meal from North America and 00-rapeseed meal and 00-rapeseed expellers from Europe. *J. Anim. Sci.*, 92. 3502-3514.
- Magyar Takarmánykódex (2004): Országos Mezőgazdasági Minősítő Intézet, Budapest.
- Márkus R. (2011): A vágósertés-előállítás gazdasági hatékonyságának javítása szántóföldi növények energetikai célra történő feldolgozása során keletkező melléktermékek hasznosításával. Doktori értekezés, Mosonmagyaróvár. 46-62.
- Moreira, I. – Scapinello, C. – Murakami, A. – Furlan, A. (1996): Use of canola meal in the feeding of growing pigs. *Rev. Bras. Zootech.*, 25. 102-112.
- Mullan, J. R. – Pluske, J. – Allen, H. – Harris, D. J. (2000): Evaluation of western australian canola meal for growing pigs. *Aust. J. Agric. Res.*, 51. 547-553.
- Orosz Sz. – Tóth T. (2010): A melegen préselt repce szerepe a szarvasmarha takarmányozásában. *Holstein Magazin*, 3. 49-52.
- Partanen, K. – Siljander-Rasi, H. (2001): Composition, ileal amino acid digestibility and nutritive value of organically grown legume seeds and conventional rapeseed cakes for pigs. *Agric. Food Sci. Finland*, 10. 309-322.
- Pál L. – Farkas R. – Dublecz K. (2011): A takarmány repcepogácsa és kukorica DDGS kiegészítésének vizsgálata brojler hizlalási kísérletben. In proceed: LIII. Georgikon Napok, 579-586.
- Pál L. – Dublecz K. – Wágner L. – Kovács G. – Bartos Á. – Bányai A. (2004): Az omega-3-as tojás előállításának lehetőségei. *Takarmányozás*, 3. 9-10.
- Rabie, M. H. – Abo El-Maaty, H. M. A. – El-Gogary, M. R. – Abdo, M. S. (2015): Nutritional and physiological effects of different levels of canola meal in broiler chick diets. *Asian J. Anim. Vet. Adv.*, 10. 161-172.
- Rodler I. (2005): Tápanyagtáblázat. *Medicina Könyvkiadó*, Budapest.
- Schöne, F. – Rudolph, B. – Kirchheim, U. – Knapp, G. (1997): Counteracting the negative effects of rapeseed and rapeseed press cake in pig diets. *Brit. J. Nutr.*, 78. 947-962.
- Schöne, F. – Tischendorf, F. – Kirchheim, U. – Reichardt, W. – Bargholz, J. (2002): Effects of high fat rapeseed press cake on growth, carcass, meat quality and body fat composition of leaner and fatter pig crossbreeds. *Anim. Sci.*, 74. 285-297.
- Seneviratne, R. W. – Beltranena, E. – Newkirk, R. W. – Goonewardene, L. A. – Zijlstra, R. T. (2014): Processing conditions affect nutrient digestibility of cold-pressed canola cake for grower pigs. *J. Anim. Sci.*, 89. 2452-2461.
- SPSS for Windows (1999): Version 10.0, Copiright SPSS Inc.
- Svetina, A. – Jerković, I. – Vrabac, L. – Čurić, S. (2003): Thyroid function, metabolic indices and growth performance in pigs fed 00-rapeseed meal. *Acta Vet. Hun.*, 51. 283-295.
- Szelényiné Galántai M. – Griffné Fazekas A. – Fébel H. – Votisky Lászlóné (1992): Eltérő glükózinnoláttartalmú repcedarák fehérje- és aminosav emészthetősége ileális és fekális analízis alapján. *Állattenyésztés és Takarmányozás*, 41. 533-539.

Tossenberger J. – Halas V. – Tóthi R. – Horák A. – Tischler A. (2011): Tartalékok és lehetőségek a tojóttyúk költséghatékony takarmányozásában. Acta Agr. Kaposváriensis, 15. 11-21.

Warnants, N. – Van Oeckel, M. J. – Boucqué (1996): Incorporation of dietary polyunsaturated fatty acids in pork tissues and its implications for the quality of the end products. Meat Sci., 44. 125-144.

Érkezett: 2016. augusztus

Szerző címe: Horváth R.
Széchenyi István Egyetem
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar
Állattudományi Tanszék

Author's address: Széchenyi István University
Faculty of Agricultural and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.
ritahorvth@gmail.com

INFLUENCE OF EXOGENOUS AMYLASE ON MILK PRODUCTION AND COMPOSITION IN DAIRY COWS

TÓTHI, RÓBERT – TÓTH, TAMÁS

SUMMARY

The effect of an exogenous rumen-resistant amylase preparation on live weight, milk production and milk composition in Holstein Friesian dairy cows ($n=70$) was examined in a Hungarian commercial dairy farm experiment. According to the Hungarian feeding practice corn silage-alfalfa haylage-dried corn meal based diet was used in the diets. Milk production was recorded every day. Chemical analyses were made from the morning milked samples once a week. There was a 3-week long preliminary and a 12-week long experimental period in the trial. The average days in milk (DIM) at the start of the experiment were 71 days (control) and 72 days (experimental), respectively. All the animals were weighed at the beginning (control: 651 kg/cow; experimental: 657 kg/cow) and at the end of the trial (control: 685 kg/cow; experimental: 697 kg/cow). The α -amylase supplementation significantly ($p<0.05$) improved milk production (control: 37.7 ± 6.96 kg vs. experimental: 38.7 ± 6.97 kg). No treatment effect ($p>0.05$) was observed on milk dry matter (DM), milk fat and milk protein but significant decrease ($p<0.001$) was measured in lactose content of milk when cows were supplemented with the enzyme preparation. Exogenous α -amylase supplementation slightly improved ($p>0.05$) live weight changes of the cows during the experiment (control: 0.40 kg/day vs. experimental: 0.48 kg/day).

ÖSSZEFOGLALÁS

Tóthi, R. – Tóth, T.: AMILÁZ ENZIMKIEGÉSZÍTÉS ETETÉSÉNEK HATÁSA A TEJELŐ TEHENEK TERMELÉSÉRE ÉS A TEJ ÖSSZETÉTELÉRE

A szerzők Holstein-fríz tehennel ($n=70$) elvégzett magyarországi üzemi kísérletben vizsgálták egy α -amiláz készítmény etetésének hatását a tehének élősúly változására, tejtermelésére és a tej fontosabb táplálóanyag-tartalmára (szárazanyag-, fehérje-, zsír- és tejcukor tartalom) vonatkozóan. Az etetett kontroll és kísérleti takarmányadag a magyarországi gyakorlatnak megfelelően kukoricaszilázs, lucernaszenázs és szárított kukoricadara alapú volt. A tejtermelés mérése naponként, a reggeli fejből származó tejminták kémiai vizsgálata pedig hetente egy alkalommal történt. A kísérletet 3 hét előzetési, majd ezt követően 12 hét vizsgálati szakaszból állt. A kísérletbe vont állatok a laktáció 71. (kontroll), illetve 72. (kísérleti) napján voltak. Valamennyi állat súlya a kísérlet elején (kontroll: 651 kg/tehen; kísérleti: 657 kg/tehen), illetve végén (kontroll: 685 kg/tehen; kísérleti: 697 kg/tehen) megállapításra került. Az α -amiláz enzim etetése szignifikánsan ($p<0,05$) javította a tehének tejtermelését (kontroll: $37,7\pm 6,96$ kg vs. kísérleti: $38,7\pm 6,97$ kg), de nem volt szignifikáns hatással ($p>0,05$) a tej szárazanyag-, zsír- és fehérje-tartalmára. Ugyanakkor a tejcukor tartalom szignifikáns ($p<0,001$) mértékben csökkent (4,60% vs. 4,55%). Az α -amiláz enzimkiegészítés kis-mértékben ($p>0,05$) javította a tehének élősúly változását a kísérleti ideje alatt (kontroll: 0,40 kg/nap vs. kísérleti: 0,48 kg/nap).

INTRODUCTION

High producing dairy cows require an energy-dense diet to fulfill their production potential. Therefore starchy cereals are so prevalent in the lactating dairy cow rations. Starch provides approximately 50% of the energy found in corn silage and 75% of the energy in corn grain; therefore the major source of dietary starch for lactating cows is corn (Allen, 2012). Corn, oats, barley, and wheat were fed to lactating cows in 94, 18, 14, and 7% of herds, respectively. The first (and the main) site of starch digestion is in the rumen where the starch is fermented by the rumen microbes (Kotarski et al., 1992). The process of starch digestion in the rumen involves α -amylase and isoamylase that are produced by rumen bacteria (*Ruminobacter amylophilus* and *Streptococcus bovis*, followed by *Prevotella ruminicola* and some *Butyrivibrio fibrisolvens* strains). While protozoa and fungi are known to contribute to ruminal starch digestion, their roles are still not clearly defined (Tricarico et al., 2008). In order to hydrolyse starch, bacteria must either actively secrete amylase or produce surface associated amylases to hydrolyse starch for transport into the bacterial cell (Kotarski et al., 1992). Starch digestion is usually not considered to be limiting in the rumen and ruminal digested starch is a major source of energy for both the ruminal microbes and the host animal. *In vivo* rumen degradable starch ranges from 60 % for maize and sorghum, to 85 % for oats and up to 90 % for rye, wheat and barley (Nocek and Tamminga, 1991). Some researchers have suggested that starch digested post-ruminally may be used more efficiently by the animal than starch digested in the rumen (Owens et al., 1986; Nocek and Tamminga, 1991; Harmon and McLeod, 2001). Some literature data suggest that there may be limitations in starch digestion, potentially because of inadequate pancreatic amylase secretion (Nocek and Tamminga, 1991). However, no animal performance studies have clearly demonstrated that this is the case. The rate and extent of starch digestion in the rumen appear to have an impact on total tract starch digestibility and animal performance (Lykos et al., 1997).

The use of exogenous enzyme supplements for dairy cattle has received much attention during the last several years. Recent studies evaluating the effects of exogenous enzyme supplements for ruminants have mainly focused on fibrolytic activities and rarely on starch digesting activities (Burroughs et al., 1960; Perry et al., 1966). Thus, the lack of information on the effects of amylase-based supplements for ruminants is apparent in the literature. The addition of exogenous amylase to the ration is one method of enhancing ruminal digestibility of both starch and non-starch carbohydrates. Amylase hydrolyses starch in the rumen into mixed oligosaccharides, which are normally fermented to volatile fatty acids by the rumen microflora. The effect of α -amylase on rumen fermentation is believed to be caused by these hydrolysis products providing substrates to non-amylolytic organisms, thereby modifying bacterial populations and volatile fatty acids (VFAs) production (Tricarico et al., 2008). In a study by Klingerman et al. (2009), α -amylase enzyme formulations had a relatively stable α -amylase activity in a 24-h *in vitro* ruminal fermentation, which suggested that the enzymes were not subject to extensive degradation by rumen microbes. Several studies have demonstrated that exogenous α -amylase preparations are able to improve organic matter (OM) digestibility (Hristov et al., 2008; Gencoglu et al., 2010) and providing better milk efficiency by optimizing

starch utilization in the rumen of dairy cows. Amylase can help to hydrolyse slowly fermentable corn starch shifting the digestion more towards the rumen. This provides more energy for microbial growth of cellulose degrading bacteria and thus increases fibre digestibility in the rumen. This characteristic especially alleviates the energy gap in the first 150 days of lactation (Weiss *et al.*, 2011). Although the exact mechanism is not known, the addition of amylase to lactating rations has shown an increase in NDF digestibility in the trials of Gencoglu *et al.* (2010) and Weiss *et al.* (2011). Until now *in vivo* experiments with α -amylase have resulted in variable responses in dairy cow performance. DeFrain *et al.* (2005) found that exogenous α -amylase improved energy balance in transition cows but did not affect rumen fermentation. However, Hristov *et al.* (2008) found no benefit in microbial protein synthesis or nutrient digestion when α -amylase was included in diets containing alfalfa hay or silage as the primary forage. In Hungary the main grain source in the diet of lactating dairy cows is ground corn. But the digestibility of starch provided by ground corn is often low, which reduces the digestible energy concentration of the diet. It was assumed that adding exogenous amylase to diets based on corn silage-alfalfa haylage-dried corn based diet would increase milk production and affect milk composition.

MATERIAL AND METHODS

Animals and management

Trials were established at the commercial dairy farm of Solum Co. in Komárom (Hungary). In a randomized complete block design multiparous Holstein Friesian dairy cows were used either in the control (n=35) and experimental (n=35) groups which were in the second and third lactation. The average DIM at the start of the experiment was 71 days. Average daily milk yield 3 weeks prior to experimental period was 42.9 ± 7.0 kg/day for the control; 42.8 ± 6.8 kg/day for the experimental group. The diet consisted of a total mixed ration (TMR) based on corn silage, alfalfa haylage and dried corn (Table 1.). An exogenous α -amylase preparation (Ronozyme® Rumistar) produced by a genetically modified strain of *Bacillus licheniformis* (DSM 21564) was given to the cows in the experimental group (RSE treatment) daily.

The RSE treatment was designed to provide 561 Kilo Novo Units (KNU) amylase activity per kg grain mix DM and 323 KNU amylase activity per kg of TMR DM. One KNU is the amount of enzyme that releases in a 2-step α -amylase/ α -glucosidase reaction, 6 μ mol of p-nitrophenol per minute from 1.86 mM ethylidene-G7-p-nitrophenyl-maltoheptaoside at pH 7.0 and 37°C (Jung and Vogel, 2008). The amylase for the ration (12 g/cow/day) was provided in a dry form (Ronozyme RumiStar, DSM Inc., Basel, Switzerland) and blended into the concentrate grain mix during formulation at the feed mill. During this trial all cows were fed *ad libitum* twice daily at 11.00 and 17.00 h. Water and mineral salt were freely available. Refusals from the previous day were measured and removed prior to feeding. Cows were milked twice daily at approximately 05.00 and 16.30 h and milk production was recorded automatically via computer. Milk samples were taken weekly throughout the trial at consecutive afternoon and morning milkings. Cows were weighed at the beginning

Table 1.

Ration composition and analysed ration nutrient composition

Item (1)	Control (2)	Experimental (3)
Ingredient composition, % of DM (4)		
Corn silage (5)	31.8	31.8
Alfalfa haylage (6)	13.3	13.3
Grass hay (7)	8.2	8.2
Dry corn meal (8)	19.6	19.6
Sunflower meal (9)	7.6	7.6
Soybean meal (10)	4.5	4.5
Rapeseed meal (11)	5.2	5.2
Molasses (12)	3.6	3.6
Glycerine (13)	2.5	2.5
Concentrate* (14)	3.7	3.7
Amylase (g/cow/d)** (15)	0.0	12.0
Chemical composition, g/kg of DM (16)		
CP (17)	173	175
NDF (18)	342	335
ADF (19)	197	199
ADL (20)	43	45
EE (21)	42	40
NFC (22)	372	379
Starch (23)	260	260
Sugar (24)	95	100

* produced by Vitafort Co. (Dabas, Hungary) (24) **distributed by DSM Hungary Ltd. (Újhartyán, Hungary) (25)

1. táblázat A kísérlet során etetett takarmányadag komponensei és kémiai összetétele tétel (1); kontroll (2); kísérleti (3); a takarmányadag komponensei a szárazanyag %-ában (4) kukoricaszilázs (5); lucernaszenázs (6); réti széna (7); kukoricadara (8); napraforgódara (9); szójadara (10); repcedara (11); melasz (12); glicerin (13); koncentrátum (14); amiláz (15); kémiai összetétel; g/kg szárazanyag (16); nyersfehérje (17); NDF (18); ADF (19); ADL (20); nyerszsír (21); nem rostszerű szénhidrátok, NFC (22); keményítő (23); cukor (24); gyártó Vitafort Vitafort Zrt. Első Takarmánygyártó és Forgalmazó Részvénytársaság, Dabas, Magyarország (24); forgalmazta DSM Nutritional Products Hungary, Gyártó és Kereskedelmi Korlátolt Felelősségű Társaság, Újhartyán, Magyarország (25)

and at the end of the experiment after the morning milking. Experimental periods were 12 weeks. Milk production and milk composition were evaluated after a 3 weeks adaptation period to the experimental diets.

Chemical analysis and calculations

The composition of milk was analysed by the Hungarian Dairy Research Institute (Mosonmagyaróvár, Hungary), where the fat, protein, lactose and dry matter contents of the milk were measured. Milkoscan FT 120 (Foss Electric) equipment was used for the analysis. Silage and TMR samples were collected 3 times a week and stored at -20°C. At the end of each week, frozen samples were thawed and composited. Samples of each concentrate mix and hay were collected once a week. Dry matter of all weekly samples was determined following drying for 48 h in a forced-air oven at 60°C, and used for weekly DM adjustments of TMR mixing. The chemical content of the feeds were analysed according to the *Hungarian Feed Codex* (2004). Starch content of feed was measured with a polarimeter (Carl Zeiss, Jena, Germany) as described in the *Hungarian Feed Codex* (2004). Amylase activity was measured by DSM Nutritional Products Analytical Services Center (Basel, Switzerland) as described by *Jung and Vogel* (2008).

Fat-corrected milk was calculated as FCM (kg/d) = $0.4 \times \text{milk, kg/d} + 15 \times \text{fat, kg/d}$.

Energy-corrected milk was calculated as ECM (kg/d) = $\text{milk production kg} \times (383 \times \text{fat}\% + 242 \times \text{protein}\% + 165 \times \text{lactose}\% + 20.7) / 3.140$. (1 litre (L) of milk = 1.033 kg of milk).

Statistical analysis

Evaluation of data was performed by one-factor variant analysis (Kolmogorov-Smirnov test, Levene's test, t-test) with SPSS 19.0 Windows Program (SPSS Inc., Chicago, USA).

RESULTS AND DISCUSSION

Composition and analysed nutrition content of control and experimental diets (TMR) are summarised in *Table 1*. According to Hungarian feeding practice corn silage-alfalfa haylage-dried corn based diet was fed in the experiment. Starch content of the diet was in correspondence with Hungarian farm practice (26% of starch in DM).

Effect of amylase addition on milk production and composition are summarised in *Table 2*. Based on the results milk yield was significantly ($p < 0.05$) increased by 1.0 kg/d per cow when the diet was supplemented with enzyme preparation (*Table 2*). Previous studies have evaluated incorporation of amylase into normal starch rations. The addition of amylase to a 26% starch TMR increased milk production and DMI in the trial of *Klingerman et al.* (2009). Other trials have shown an increase (*Tricarico et al.*, 2005) and a tendency for an increase (*Harrison and Tricarico*, 2007) in milk yield. In the digestibility experiment of *Tricarico et al.* (2006) the amylase enzyme supplement did not alter the rate or extent of starch digestion of the corn silage, but increased the extent of starch digestion of the dry ground corn. In the experiment of *Nozière et al.* (2014) ruminal digestibility of starch increased from 75% in control to 81% with amylase supplementation. *Tricarico et al.* (2006) suggested also that the magnitude of the increase in starch digestibility

of the corn portion of the diet is by itself too small to produce the large increase in milk production. The majority of the increase in milk production can probably be attributed to the effects of the enzyme supplement on proportions of ruminal VFAs. These observations suggest that the mechanism by which supplemental amylase enhances butyrate production in the rumen is probably by modifying the ruminal microbial population. The hypothesis of *Tricarico et al.* (2006) is that addition of supplemental amylase will continually provide soluble sugars that will give a competitive advantage to butyrate producing organisms over lactic acid producing starch digesters. Approximately 74 to 90% of the butyrate produced in the rumen is metabolized by the rumen epithelial tissue (*Remond et al.*, 1995) with a large portion converted to ketone bodies, mainly β -hydroxybutyric acid. The increased concentration of β -hydroxybutyric acid in blood represents an additional source of energy for milk synthesis in enzyme-supplemented animals. Both *Tricarico et al.* (2005) and *DeFarin et al.* (2005) noted changes in ruminal fermentation suggesting that improved nutrient metabolism may be the cause for increased milk production in amylase supplemented cows.

No effect of treatment ($p > 0.05$) was observed on the milk DM, milk fat and milk protein (Table 2). When exogenous amylase was included in a normal starch ration, *Tricarico et al.* (2005) also reported no difference in milk protein, while *Klingerman*

Table 2.

Effect of amylase addition on body weight (BW), milk production and composition

Item (1)	Control (2)	Experimental (3)
BW, kg (4)		
At the beginning of trial (5)	651 \pm 59.4	657 \pm 77.9
At the end of trial (6)	685 \pm 59.5	697 \pm 83.1
Milk yield, kg/d (7)	37.7 \pm 6.96 ^b	38.7 \pm 6.97 ^a
4% FCM yield, kg/d (8)	30.9	31.6
ECM, kg/d (9)	31.3	31.9
Milk fat, % (10)	2.80 \pm 0.74	2.78 \pm 0.79
Milk protein, % (11)	3.12 \pm 0.25	3.11 \pm 0.25
Milk lactose, % (12)	4.60 \pm 0.16 ^A	4.55 \pm 0.22 ^B
Urea, mg/100 g (13)	18.80 \pm 2.71	19.03 \pm 2.75
DM, % (14)	11.34 \pm 0.82	11.32 \pm 0.94

^{a,b} figures with different superscript in the same row differ significantly ($p < 0.05$) (15)

^{A,B} figures with different superscript in the same row differ significantly ($p < 0.001$) (16)

2. táblázat Az amiláz kiegészítés hatása a tehének élősúlyára, tejtermelésére és a termelt tej összetételére

tétel (1); kontroll (2); kísérleti (3); testsúly, kg (4); a kísérlet kezdetén (5); a kísérlet végén (6); tejtermelés, kg/nap (7); 4 % zsírtartalommal átszámított tejmenyiség, kg/nap (8); energia tartalomra korrigált tej, kg/nap (9); tejszír, % (10); tejfehérje, % (11); tejcukor, % (12); karbamid, mg/100 g (13); szárazanyag, % (14); az azonos sorban különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns különbség van ($p < 0,05$) (15); az azonos sorban különböző betűvel jelölt értékek között szignifikáns különbség van ($p < 0,001$) (16)

et al. (2009) reported higher protein yield in amylase supplemented cows. *Tricarico* (2007, unpublished data) dosed 0, 12, 24, or 36 g/day of an amylase preparation to 24 Holstein cows fed a corn silage-ground corn diet. The addition of 12 g/day of amylase increased ground corn digestibility after 24 hrs, increased milk fat yield, and increased milk protein yield.

In our treatment significant decrease ($p < 0.001$) was measured in lactose content of milk when cows were supplemented with the enzyme preparation (*Table 2.*). This result is differed from *Nozière et al.* (2014) who found increased lactose content attributable to the α -amylase supplement. *Weiss et al.* (2011) reported that cows fed a diet with reduced starch and amylase treatment had lower lactose percentages compared to cows fed the high starch ration. They also found an effect of starch on lactose yield with cows fed the higher starch ration yielding greater lactose than those fed the reduced starch rations. While not statistically significant, cows on the amylase treatment gained 6 kg more body weight (BW) than control cows (*Table 2.*) we suspect that this increase in weight change may have been due to amylase treatment.

CONCLUSIONS

Based on the results of this study the addition of supplemental amylase to a diet containing corn silage and ground corn has the potential to improve milk yield without a reduction in milk fat or milk protein yield. Further research is required to determine the potential effects of amylase on ruminal fermentation.

REFERENCES

- Allen, M.S.* (2012): Adjusting concentration and ruminal digestibility of starch through lactation. Proc. Four-State Dairy Nutr. & Mgmt Conf. Dubuque, IA, USA.
- Burroughs, W. – Woods, W. – Ewing, S.A. – Greig, J. – Theurer, B.* (1960): Enzymeadditions to fattening cattle rations. *J. Anim. Sci.*, 19. 458-464.
- DeFrain, J. M. – Hippen, A. R. – Kalscheur, K. F. – Tricarico, J. M.* (2005): Effects of dietary α -amylase on metabolism and performance of transition dairy cows and. *J. Dairy Sci.*, 88. 4405–4413.
- Gencoglu, H. - Shaver, R. D. - Steinberg, W. - Ensink, J. - Ferraretto, L. F. - Bertics, S. J. – Lopes, J. C. - Akins, M. S.* (2010): Effect of feeding a reduced-starch diet with or without amylase addition on lactation performance in dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 93. 723-732.
- Harmon, D. L. – McLeod, K. R.* (2001): Glucose uptake and regulation by intestinal tissues: implications and whole-body energetics. *J. Anim. Sci.*, 79 (E-Suppl.) E59–72.
- Harrison, G. A. - Tricarico, J. M.* (2007): Case study: Effects of an aspergillus oryzae extract containing α -amylase activity on lactational performance in commercial dairy herds. *Profession. Anim. Scientist*, 23. 291-297.
- Hristov, A. N. - Basel, C. E. - Melgar, A. - Foley, A. E. - Ropp, J. K. - Hunt, C. W. – Tricarico, J. M.* (2008): Effect of exogenous polysaccharide-degrading enzyme preparations on ruminal fermentation and digestibility of nutrients in dairy cows. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 145. 182-193.
- Hungarian Feed Codex*, 2004. Ministry of Agriculture and Rural Development, Budapest
- Jung, S. – Vogel, K.* (2008): Determination of Ronozyme RumiStar alpha-amylase activity in feed and per se samples. DSM Nutritional Products Ltd. Regulatory Report No 2500706. DSM Nutritional Products Ltd., Basel, Switzerland.

- Klingerman, C. M. - Hu, W. - McDonell, E. E. - DerBedrosian, M. C. - Kung Jr., L. (2009): An evaluation of exogenous enzymes with amylolytic activity for dairy cows. *J. Dairy Sci.*, 92. 1050-1059.
- Kotarski, S. F. - Waniska, R. D. - Thurn, K. (1992): Starch hydrolysis by the ruminal microflora. *J. Nutr.*, 178-190.
- Lykos, T. - Varga, G. A. - Casper, D. (1997): Varying degradation rates of total non-structural carbohydrates: Effects on ruminal fermentation, blood metabolites, and milk production and composition in high producing Holstein cows. *J. Dairy Sci.*, 80. 3341-3355.
- Nocek, J. E. - Tamminga, S. (1991): Site of digestion of starch in the gastrointestinal tract of dairy cows and its effect on milk yield and composition, *J. Dairy Sci.*, 74. 3598-3629.
- Nozière, P. - Steinberg, W. - Silberberg, M. - Morgavi, D. P. (2014): Amylase addition increases starch ruminal digestion in first-lactation cows fed high and low starch diets. *J. Dairy Sci.*, 97. 2319-2328.
- Owens, F. N. - Zinn, R. A. - Kim, Y. K. (1986): Limits to starch digestion in the ruminant small intestine. *J. Anim. Sci.*, 63. 1634-1648.
- Perry, T. W. - Purkhiser, E. D. - Beeson, W. M. (1966): Effects of supplemental enzymes on nitrogen balance, digestibility of energy and nutrients and on growth and feed efficiency of cattle. *J. Anim. Sci.*, 25. 760-764.
- Remond, D. - Ortigues, I. - Jouany, J. P. (1995): Energy substrates for the rumen epithelium. *Proc. Nutr. Soc.*, 54. 95-105.
- SPSS Base for Windows, 2004. Version 13.0. Chicago, IL: SPSS Inc.
- Tricarico, J. M. (2007): unpublished data
- Tricarico, J. M. - Johnston, J. D. - Dawson, K. A. (2006): The potential of supplemental enzymes in dairy and feedlot diets: impact of a protected fungal amylase preparation on ruminal fermentation and animal production. <http://en.engormix.com/MA-dairy-cattle/articles/the-potential-supplemental-enzymes-t197/p0.htm>
- Tricarico, J. M. - Johnston, J. D. - Dawson, K. A. (2008). Dietary supplementation of ruminant diets with an *Aspergillus oryzae* α -amylase. *Anim. Feed Sci. Technol.*, 145. 136-150.
- Tricarico, J. M. - Johnston, J. D. - Dawson, K. A. - Hanson, K. C. - McLeod, K. R. - Harmon, D. L. (2005): The effects of an *Aspergillus oryzae* extract containing alpha-amylase activity on ruminal fermentation and milk production in lactating Holstein cows. *Anim. Sci.*, 81. 365-374.
- Weiss, W. P. - Steinberg, W. - Engstrom, M. A. (2011): Milk production and nutrient digestibility by dairy cows when fed exogenous amylase with coarsely ground dry corn. *J. Dairy Sci.*, 94. 2492-2499.

Érkezett: 2016. szeptember

Szerzők címe: Tóthi R. - Tóth T.
Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar Táplálkozástudományi és Termékfejlesztési Intézet, Takarmányozástani Tanszék

Authors' address: Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences, Institute of Nutrition and Product Development, Department of Animal Nutrition, P.O. Box 16, H-7401 Kaposvár, Hungary
tothi.robert@ke.hu

A GLICERIN ETETÉS JELENTŐSÉGE A SERTÉSEK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN (IRODALMI ÖSSZEFOGLALÓ)

VIDA ORSOLYA – EGRI BORISZ – TÓTH TAMÁS

ÖSSZEFOGLALÁS

A fokozódó energiaigény következtében a biodízel előállítás volumene erőteljesen növekvő tendenciát mutatott az elmúlt évtizedben. Ökonómiai szempontból a bioüzemanyag, mint főtermék jelentősége a legnagyobb, de a gyártás melléktermékeként glicerín is nagy mennyiségben keletkezik. A glicerín biokémiai reakciók átmeneti vegyületeként van jelen a szervezetben és annak energiaigénye határozza meg, hogy mely folyamatokba kapcsolódik be. A glicerint kérődző és monogasztrikus használlataink takarmányaiban energia-kiegészítésként már több évtizede alkalmazzák. A kukoricával közel azonos energiaértéke ($ME=13,42$ MJ/kg) alkalmassá teszi malacok, hízósertések, valamint tenyészkocák takarmányaiban annak részleges kiváltására. A glicerín felhasználhatósága nagymértékben függ a minőségétől, alkalmazása során számolni kell a gyártástechnológiai folyamatokból visszamaradó szennyeződésekkel, metanollal, valamint különböző ásványisó-maradványokkal (NaCl, KCl). A termelési eredményekre gyakorolt pozitív hatása miatt a jó minőségű („*feed grade*” = 85% glicerintartalmú) glicerín főként granulált malactakarmányokban alkalmazható, javasolható bekeverési aránya 5%. Hízótakarmányokban az élettani- és húsmínőségi paraméterek megváltozása nélkül maximum 10%-ban használható, a hozzáférhető irodalmi adatok alapján azonban a termelési eredményekre nincs statisztikailag igazolható pozitív hatással. A glicerín felhasználása szoptató kocák takarmányában kevésbé intenzíven kutatott terület, a rendelkezésre álló szakirodalom szerint maximum 9%-os arányban javasolható.

SUMMARY

Vida, O. – Egri, B. – Tóth, T.: THE IMPORTANCE OF USING GLYCEROL IN SWINE NUTRITION REVIEW

Due to the increasing energy demand an ascending tendency in the production of biodiesel presented in the last decade. From economic point of view biofuel is the most important product, but large amount of glycerol is also produced as a by-product during the processing. Glycerol can be found as a temporary compound of biochemical reactions in the body and the action of glycerol depends on the energy demand of the body. Glycerol has been used as energy supplementation in the ruminant and monogastric diets for several decades. The energy value of glycerol is nearly equal to corn ($ME=13,42$ MJ/kg), for this reason it can be used for partially replacing corn in piglet, grower, finisher and sow diets. Use of glycerol highly affected by its quality, therefore during its utilisation it is important to consider residual contaminants coming from the manufacturing process such as methanol and some mineral salts (NaCl, KCl). Because of the positive effect on the growth performance, the good quality („*feed grade*” with 85% glycerol content) glycerol can be used mainly in the piglet diets in pelleted form at a rate of 5%. It can be feed up to 10% during the fattening period without having any negative effect on the physiological and meat quality parameters, however, according to the available literature glycerol has no statistically proven positive effect on the growth performance either. Using glycerol in the lactating sow diet was investigated less extensively, but according to the scientific literature it can be recommended up to 9%.

BEVEZETÉS

A XXI. században a népesség számának emelkedésével párhuzamosan a szükségletek (élelmiszer, energia, takarmány stb.) is folyamatosan nőnek, a kielégítésükre szolgáló nyersanyag- és fosszilis energiakészletek ezzel szemben egyre csökkenő mennyiségben állnak rendelkezésre. Egyre nagyobb az igény a megújuló energiaforrások felhasználása, illetve a megújítható forrásból származó üzemanyagok előállítása iránt. Ebből következően az úgynevezett első generációs bioüzemanyagok (bioetanol, biodízel) előállításának volumene az elmúlt évtizedben erőteljesen növekvő tendenciát mutatott. A biodízel különböző növényi olajok (főként repce, napraforgó, szója, palma) vagy állati zsírok katalitikus átészterezésével keletkezett zsírsav-metil-észter keverék (*Gerpen*, 2005). A világ biodízel előállítása 2014-ben 29,7 milliárd liter volt, ebből a mennyiségből az Amerikai Egyesült Államok 16%-kal Brazília és Németország 11%-11%-kal, Indonézia 10%-kal, Argentína pedig 9,7%-kal részesedett. Az Európai Unió a világ termelésének összesen 38%-át adta. A biodízelgyártás során felhasznált alapanyagok körét tekintve Európára a repce, az Amerikai Egyesült Államokra, Brazíliára és Argentínára a szója, Indonéziára pedig a pálmaolaj jellemző (*Renewable Energy Policy Network*, 2015).

Ökonómiai szempontból az előállított biodízel bír kiemelt jelentőséggel, de nem elhanyagolható az a tény sem, hogy a gyártás során melléktermékként glicerín is nagy mennyiségben keletkezik. A glicerín (glicerol; propán-1,2,3-triol) háromértékű alkohol, mely szagtalan, viszkózus, édes ízű folyadék, vízben és alkoholban jól, sok egyéb oldószerben (éter, etil-acetát, dioxán) csak mérsékelten, hidrokarbon oldószerekben pedig nem oldódik (*Pagliaro és Rossi*, 2010). Felhasználása rendkívül sokrétű, számos iparág (pl. élelmiszer-, kozmetikai- és finomvegyipar), többek között a takarmányipar is alkalmazza.

A glicerín alkalmazása gazdasági állataink takarmányozásában nemcsak intenzíven kutatott terület, hanem már több évtizede gyakorlat is főként a kérődzők és a monogasztrikusok étrendjének energiakiegészítőjeként. A glicerín a hazai piacon a takarmányipar számára „*feed grade*”, takarmányozási minőségű, 80-85% glicerín tartalmú, illetve élelmiszeripari felhasználásra is alkalmas, „*food grade*”, 99-100%-os tisztaságú termékek formájában, főként folyékony halmazállapotban érhető el.

A GLICERIN METABOLIZMUSA AZ ÁLLATI SZERVEZETBEN

A glicerín a szervezetben biokémiai reakciók átmeneti vegyületeként van jelen és a szervezet energiaigénye határozza meg, hogy mely folyamatokba kapcsolódik be. A glicerín átalakulhat a glükolízis (vagy a glükoneogenezis) intermedier vegyületévé, dihidroxi-aceton-foszfáttá (*Kutas*, 1989). A dihidroxi-aceton-foszfát energiafelesleg esetén anabolitikus, míg energiadeficit esetén katabolitikus folyamatok meghatározó vegyülete (*Tao és mtsai*, 1983), glükogénné szintetizálódik vagy a szervezet igényei szerint lebomlik (*Kutas*, 1989). A glicerín dihidroxi-aceton-foszfáttá alakulását, az említett folyamatokba való bekapcsolódását enzimatikus aktiválás előzi meg. Az aktiváló enzim a glicerín-kináz, mely a glicerint glicerín-3-foszfáttá foszforilálja. A glicerín-3-foszfátot a glicerín-foszfát-dehidrogenáz dihidroxi-aceton-foszfáttá alakítja (*Berrada és mtsai*, 2002).

Energiahiány esetén a dihidroxi-aceton-foszfát vagy a glükoneogenezis folyamatába kapcsolódik be, melynek eredményeként glükóz képződik, vagy energiává alakul a glikolízis és az azt követő citromsav-ciklus során. A glükoneogenezis folyamata döntően a májban zajlik (Young, 1977), kisebb mértékben a vesékben is végbemegy, hormonális szabályozásában az inzulin, a glukagon, valamint a mellékvesekéreg glükokortikoidjai játszanak meghatározó szerepet. A folyamat előanyaga többféle vegyület lehet. Ilyen prekursor a glicerín is, azonban a glicerín az egyetlen olyan előanyag, melynél a glükózképződés során nem az oxálecetsav játszik központi szerepet (Karsai és Kutas, 1982).

Másik alternatíva a dihidroxi-aceton-foszfát glikolízisbe történő bekapcsolódása, melynek eredményeként a glikolízis végén keletkező piroszőlősav (piruvát) aerob körülmények között acetyl-CoA-vá alakul, majd a citromsav-ciklusba lépve energiatermelődés közben vízzé és CO₂-á oxidálódik. A folyamat zárásaként 1 mol glicerínből 22 mol adenosin-5'-trifoszfát (ATP) képződik.

A glicerín metabolizmusa során a másik anyagcsere út, a zsírbeépülés fokozódása energiafelesleg esetén játszik fontos szerepet. Ebben az esetben fokozódik a lipogenezis (trigliceridek szintézise), az aktivált zsírsavak a dihidroxi-aceton-foszfáthoz vagy a glicerín-3-foszfáthoz kapcsolódnak. A triglicerid szintézis elsősorban a májban vagy a zsírszövetekben megy végbe (Ádám és mtsai 2001).

GLICERIN A SERTÉSTAKARMÁNYOZÁSBAN

A glicerint a sertéstakarmányozás gyakorlatában malacok, hízósertések, valamint tenyészkocák esetében könnyen hasznosuló energiaforrásként gabonamagvak helyettesítésére használják. A glicerinnak az állatok energiaellátására, termelési eredményekre gyakorolt pozitív hatását a malacnevelés [Groesbeck és mtsai (2008); Lammers és mtsai (2008); Kerr és mtsai (2009); Zijlstra és mtsai (2009)] és sertéshizlalás során [(Mourot és mtsai (1993); Cerneau és mtsai (1994) Kijora és mtsai (1995)] számos kísérletben vizsgálták valamint a húsminőségi és élettani paraméterekre kifejtett hatását is több tudományos munkában értékelték [Della Casa és mtsai (2009), Hansen és mtsai (2009); Hanczakowska és mtsai (2010); Kovács (2010); Seneviratne és mtsai (2011); Shields (2011); Madrid és mtsai (2013); Oliveira és mtsai (2014); Duttlinger és mtsai (2015) Egea és mtsai (2016)].

A glicerín-kiegészítés fő pozitívumának kukoricáéval közel azonos energiaértéket (ME=13,42 MJ/kg) tartják, mely alkalmassá teszi a takarmányokban annak részleges kiváltására. Ez különösen olyan időszakban kedvező, mikor a gabonák esetében jelentős minőségi problémákkal (pl. mikotoxin-szennyezettség) kell számolni. A glicerín édeskés íze fokozza a takarmányfelvételt, és pozitív hatással van a dercés takarmányok konzisztenciájára is (Kijora és mtsai, 1995). Groesbeck és mtsai (2008) a folyékony glicerín alkalmazását takarmánygyártás-technológiai szempontból is vizsgálták. Granulálási kísérleteik során bizonyították, hogy a pelletkeménység (Pellet Durability Index, PDI) 9% glicerín hozzáadásával szignifikánsan nőtt (p<0,01) a kontroll 90,1%-ról 95,7%-ra.

A GLICERIN SZEREPE A MALACOK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Lammers és mtsai (2008) „*feed grade*” glicerin etetésének hatását vizsgálták választást ($7,9 \pm 0,4$ kg) követően a hizlalás végéig. A vizsgálatokat 96 db sertéssel végezték (Cambrough $22 \times L337$) vegyes állományban (48 db ártány, 48 db emse). A szerzők három kezelést állítottak be 0%, 5%, és 10% glicerin kiegészítéssel. A kísérlet során felhasznált glicerin 84,51% glicerint és 0,32% metanolt tartalmazott. A glicerin-kiegészítés a termelési adatokat (napi súlygyarapodás, takarmányfelvétel, fajlagos takarmányértékesítés) statisztikailag igazolható módon nem befolyásolta. A szerzők értékelték továbbá a különböző húsminőségi illetve szövettani paramétereket, vérvizsgálatokat, valamint zsírsavösszetétel-meghatározást végeztek. A kezelések statisztikailag igazolható változást nem eredményeztek húsminőségi paramétereket illetően valamint a hátszalonnnavastagságot sem befolyásolták. A karaj pH-ja a glicerin-kiegészítés hatására emelkedett ($p=0,06$). 10% glicerin-kiegészítés hatására a karaj linolénsav-tartalma (C18:3, n-3) csökkent ($p<0,01$), ezzel párhuzamosan az eikozapentaénsav (C20:5, n-3) mennyisége emelkedett ($p=0,02$) a 0% illetve az 5% glicerin-kiegészítést tartalmazó kezelésekhez képest. A szerzők a vér- és szövettani vizsgálatok során nem tapasztaltak a kezelések között szignifikáns különbséget.

Groesbeck és mtsai (2008) 182 db választott malaccal végeztek kísérletet. Vizsgálatuk során hét kezelést állítottak be, kukorica-szójadara alapú takarmányokat etettek, a glicerin-kiegészítés mellett a szójaolaj hatását is vizsgálták. A kontroll takarmány glicerin és szójaolaj mentes volt. A kísérleti takarmányok 3- vagy 6%-ban tartalmaztak glicerin vagy szójaolaj kiegészítést, illetve glicerin és szójaolaj 1:1 arányú keverékét, melyet 6 illetve 12%-ban tartalmazott a receptúra. A felhasznált glicerin a szójaolajgyártás melléktermékeként keletkezett, 90,7% glicerint és 0,01% metanolt tartalmazott. Az állatok átlagsúlya a kísérlet kezdetén $11,0 \pm 1,3$ kg volt. A szerzők 26 napos kísérleti periódusban az állatok napi súlygyarapodását, átlagos napi takarmányfelvételét, fajlagos takarmányértékesítését határozták meg, valamint a szárazanyag, a nyersfehérje és a bruttó energia látszólagos emészthetőséget is vizsgálták. Eredményeik szerint *Lammers és mtsai (2008)* által tapasztaltaktól eltérően a glicerindózis (G) emelésével lineárisan és szignifikánsan ($p=0,03$) nőtt a malacok napi súlygyarapodása a kontrollhoz (K) képest (K: 528 g/nap; 3%G: 568 g/nap; 6%G: 570 g/nap). Szójaolaj esetében 6% etetése már negatív hatást eredményezett a 3%-os kiegészítéshez képest (554 vs. 571 g/nap, sorrendben). Vizsgálataik során megállapították, hogy glicerin-szójaolaj keverék etetésekor a súlygyarapodás a kísérleti csoportokban ugyan tendenciózusan nagyobb volt a kontroll csoport eredményeihez képest, de a különbség nem volt statisztikailag igazolható mértékű ($p=0,06$). A napi takarmányfelvételben egyik kezelés esetében sem volt szignifikáns különbség a kontroll csoport eredményeihez képest. Ez megegyezett a *Lammers és mtsai (2008)* által tapasztaltakkal. A glicerin-kiegészítés a fajlagos takarmányértékesítésre, a szárazanyag-, a nyersfehérje- és a bruttó energia emészthetőségére nem volt statisztikailag igazolható hatással.

Zijlstra és mtsai (2009) 72 db (Nagy fehér \times Lapály F1 \times Duroc) 20 napra választott malaccal ($7,39 \pm 0,13$ kg) végeztek kísérletet. A négy hetes kísérleti periódus során búza alapú, granulált malactakarmányokat etettek 0%, 4%, 8% glicerin-kiegészítéssel. Vizsgálták az állatok napi súlygyarapodását, takarmányfelvételét, fajlagos

takarmányértékesítését, a takarmányok emészthető energiatartalmát. A glicerin-kiegészítésnek szignifikáns hatása volt az állatok kísérlet végén mért súlyára (0%: 21,85 kg; 4%: 22,55 kg; 8%: 22,96 kg; $p < 0,05$), ez a tendencia *Groesbeck és mtsai* (2008) és *Zijlstra és mtsai* (2009) által leírtakhoz hasonlóan a napi súlygyarapodásra vonatkozó adatokat értékelve is jelentkezett (0%: 516 g/nap; 4%: 541 g/nap; 8%: 556 g/nap; $p = 0,06$). A glicerin-kiegészítés a *Lammers és mtsai* (2008) valamint *Groesbeck és mtsai* (2008) által tapasztaltakkal megegyezően sem a takarmányfelvételt (0%: 719 g/nap; 4%: 784 g/nap; 8%: 754 g/nap), sem a fajlagos takarmányértékesítést (0%: 1,39 kg/kg; 4%: 1,44 kg/kg; 8%: 1,35 kg/kg) nem befolyásolta szignifikáns mértékben.

Kerr és mtsai (2009) az állatok napi súlygyarapodását, napi takarmányfelvételét, fajlagos takarmányértékesítését vizsgálták. A termelési eredmények értékelése során két csoportot alakítottak ki, mindkét csoportban, vegyes ivarban, 56 db, átlagosan 8,7 kg-os súlyú malaccal (Cambrough 22×L337) dolgoztak. A két csoport a kísérleti periódus időtartamában különbözőtt egymástól. A kontroll takarmány kukorica-szójadara alapú volt, a kísérleti takarmányok, gyógyszeripari minőségű és „*feed grade*” minőségű (73,34-93,91% glicerintartalom) glicerin a különböző takarmányok 9,09%-ban tartalmaztak. A gyengébb minőségű 52,79% és 51,51% glicerin, 3,49% és 14,99% metanoltartalmú termékekkel 7,72 és 6,91%-ban egészítették ki a kísérleti takarmányokat. A szerzők kísérletük során szignifikáns súlygyarapodás csökkenésről számoltak be szinte minden kezelés esetében a kontroll takarmányhoz viszonyítva ($p = 0,02$), egyedül a „*food grade*” minőségű glicerin-kiegészítés nem eredményezett szignifikáns súlygyarapodás csökkenést. A takarmányfelvételre a kontrollhoz képest a glicerinadagolás nem volt statisztikailag igazolható hatással, viszont a fajlagos takarmányértékesítés minden kezelés hatására szignifikáns mértékben romlott.

Shields és mtsai (2011) két kísérlet alkalmával vizsgálták a „*feed grade*” glicerin-kiegészítés hatását a választott malacok teljesítményére. A szerzők az első kísérletet 144 db ($6,68 \pm 0,17$ kg) 21 napra választott malaccal végezték. Vizsgálatuk során elsődleges céljuk a malactakarmányok laktóztartalmának (20% laktóz) glicerinrel történő részleges helyettesítése volt. A szerzők a kísérlet során kétfázisú malactakarmányozási koncepciót alkalmaztak (Starter1: 21. életnap – 35. életnap); Starter2 (35. életnap – 49. életnap). A Starter1 fázis során hat kezelést állítottak be: 0% glicerin, 20% laktóz (1); 2,5% glicerin 17,5% laktóz (2); 5% glicerin, 15% laktóz (3); 7,5% glicerin, 12,5% laktóz (4); 10% glicerin, 10% laktóz (5); negatív kontroll: 10% glicerin, 0% laktóz (6). A Starter2 fázis során mindegyik csoport ugyanazt a „hagyományos” startertakarmányt fogyasztotta. A 10% glicerin és 10% laktóz kombinációja szignifikáns súlygyarapodás növekedést eredményezett a negatív kontroll csoport eredményeihez képest. A glicerin mennyiségének emelésével a napi súlygyarapodás lineárisan növekedett. Ez megegyezett a *Groesbeck és mtsai* (2008) valamint *Zijlstra és mtsai* (2009) által leírtakkal. *Shields és mtsai* (2011) az említett szerzőkkel ellentétben a takarmányfelvételre vonatkozóan is lineáris növekedésről számoltak be. A vérplazma glicerinkoncentrációja is lineárisan növekedett a glicerin-kiegészítés hatására, míg a kreatinin és a bilirubin koncentráció csökkenő tendenciát mutatott. A Starter1 fázis kezelése sem a Starter2 fázis sem az egész malacnevelés időszakának (21. életnap – 49. életnap) eredményeit nem befolyásolták.

Shields és mtsai (2011) második kísérletüket 126 ($6,91 \pm 0,18$ kg) 21 napra választott malaccal állították be. Starter1 fázis során két kezelést alkalmaztak (0% glicerin, 20% laktóz; 5% glicerin, 15% laktóz), Starter2 fázis alkalmával három kezelést állítottak be (0%; 5%; 10% glicerin). A glicerin-kiegészítés a Starter1 fázis eredményeit nem befolyásolta, viszont a Starter2 fázis kezeléseinek hatására szignifikáns súlygyarapodás- és takarmányfelvétel-növekedés következett be. A vérvizsgálati paraméterek közül a vérplazma glicerin, valamint karbamid koncentrációja nőtt lineárisan a glicerin-kiegészítés hatására, a kreatinin koncentrációt illetően ezzel ellentétes tendencia figyelhető meg.

Seneviratne és mtsai (2011) 240 db 20 napra választott ($6,3 \pm 0,94$ kg) malaccal (Nagy fehér \times Lapály F1 \times Duroc) beállított kísérletük során elsősorban az extrahált és a hidegen sajtolt repcedara hatását vizsgálták búza-szójadara alapú kontroll takarmányhoz viszonyítva. A szerzők ezen felül mindkét repcedarát tartalmazó takarmánynál tanulmányozták a glicerin-kiegészítés hatását is. A kezelések a következők voltak: kontroll: búza-szójadara alapú takarmány; 15% extrahált repcedara glicerin-kiegészítés nélkül; 15% extrahált repcedara 5% glicerin-kiegészítéssel; 15% hidegen sajtolt repcedara glicerin-kiegészítés nélkül; 15% hidegen sajtolt repcedara 5% glicerin-kiegészítéssel. A felhasznált glicerinforrás 0,02% metanolt tartalmazott. A szerzők megállapították, hogy a 28 napos kísérleti periódusban sem a repcedara típusa, sem a glicerin-kiegészítés nem befolyásolta a napi súlygyarapodásra és fajlagos takarmányértékesítésre vonatkozó adatokat szignifikáns mértékben, annak ellenére, hogy a búza-szójadara alapú kontroll takarmányt fogyasztó csoport takarmányfelvétele statisztikailag igazolhatóan ($p < 0,05$) nagyobb volt kísérleti takarmányokat fogyasztó állatok eredményeihez képest.

Oliveira és mtsai (2014) 18 db ártánnyal (Nagy fehér \times Lapály F1 \times Duroc) végzett kísérleteket, melyek során a táplálóanyagok emészthetőségét, a bél morfológiai változásait, valamint a citokin expressziót vizsgálták. Az állatok induló súlya $7,28 \pm 0,53$ kg volt. A 14 napos kísérleti periódus során a szerzők három kezelést állítottak be (0%; 9%; 18% glicerin), az utolsó napon vért vettek, majd *post mortem* hisztomorfológiai és immunohisztokémiai vizsgálatokat végeztek. Kísérletük során megállapították, hogy a vizelet glicerin-tartalma a glicerin-kiegészítéssel lineárisan emelkedett ($p < 0,01$), egyéb vérparaméterek (glükóz, fruktózamin, IGF-1) estében a kezelések között nem tapasztaltak szignifikáns különbséget. A glicerin-kiegészítés a gyomornedv illetve a különböző bélszakaszokon (patkóbél, éhbél, csípőbél, vakbél, vastagbél) vett bélnedv minták pH-ját nem befolyásolták szignifikáns mértékben, viszont a bélnedv minták tejsav-tartalma szignifikáns mértékben csökkent az éhbélben ($p < 0,05$) illetve a csípőbélben ($p < 0,001$). A tejsav-tartalom ilyen mértékű eltérése a vékonybél immunválaszának változására enged következtetni. A kezelések a vakbél illetve a vastagbél bélnedvének illózsírsav összetételét nem befolyásolták statisztikailag igazolható módon. A hisztomorfológiai vizsgálatok nem mutattak szignifikáns különbséget a bélbolyhok magasságát, a kripták mélységét és a bélbolyhok:kripta arányt illetően. Az immunohisztokémiai vizsgálatok azt bizonyították, hogy az éhbéli szakaszon az IgA sejtek száma szignifikáns mértékben emelkedett ($p < 0,01$) a csípőbéli szakaszon kehelysejtek száma a glicerin-kiegészítés hatására szignifikáns mértékben csökkent ($p < 0,01$) a kontrollhoz viszonyítva. A szerzők további, molekuláris genetikai vizsgálatokat is végeztek, melyek során a gyulladáshoz vezető reakciók kialakításában szerepet játszó

1. táblázat

Glicerín etetésének hatása a választott malacok termelési eredményeire

Szerző (1)	Glicerín és metanoltartalom (2)	Részarány (3)	Termelési mutatók (4)	Élettani (5)/húsmínőségi (6) paraméterek
Lammers és mtsai (2008)	G: 84,51% ; M: 0,32%	5%;10%	napi tak. felvétel↔; napi súlygy.↔; fajlagos takarmányértékesítés ↔	karaj csepegési veszteség ↔ hátszalonna-vastagság ↔ linolsav ↓ eikozapentaénsav ↑ vérplazma N, kortizol, glükóz, glicerín, laktát, kreatin-fosz- fokínáz ↔ szöveti elváltozások ↔
Groesbeck és mtsai (2008)	G: 90,7%; M: 0,014%	0%;3%, 6%	napi súlygy.↑; napi tak. felvétel ↔ fajlagos takarmányértékesítés ↔	száranyag emészthetőség: ↔ nyersfehérje emészthetőség: ↔ BE emészthetőség: ↔
Kerr és mtsai (2009)	G: 99,62% 83,88% 83,49% 85,76% 83,96% 84,59% 81,34% 73,34% 93,81% 52,79% 51,54%	M: 0% 0,006% 0,113% 0,026% 0,072% 0,031% 0,121% 0,029% 0,041% 3,494% 14,987%	napi súlygy. ↓ napi tak. felvétel ↓ fajlagos takarmányértékesítés ↓	-
Zijlstra és mtsai (2009)	G: 77,60% M: n.a	0%, 4%, 8%	napi súlygy.↑; napi tak. felvétel↔ fajlagos takarmányértékesítés ↔	-
Shields és mtsai (2011) kísérlet	G: 86,95%; M: 0,03%	21-35. életnap: 2,5%; 5%; 7,5% 10%	21-35. életnap: napi tak. felvétel↑; napi súlygy.↑;	21-35. életnap: vér: glicerín↑ kreatinin ↓ bilirubin ↓

Szerző (1)	Glicerin és metanoltartalom (2)	Részarány (3)	Termelési mutatók (4)	Élettani (5)/ húsmínőségi (6) paraméterek
Shields és mtsai (2011) Kísérlet	G: 86,95%; M: 0,03%	35-49. életnap: 5%; 49-63. életnap: 5%; 10%	36-49. életnap: napi tak. felvétel↑; napi súlygy.↑	49-63. életnap: vér: glicerin↑ karbamid ↑ kreatinin ↓
Seneviratne és mtsai (2011)	G: n.a. M: 0,02%	0%; 5%	napi súlygy.↔; napi tak. felvétel ↔ fajlagos takarmányértékesítés↔	-
Oliveira és mtsai (2014)	G: 85,0% M: <0,5%	0%; 9%; 18%	-	szárazanyag emészthetőség ↔ nyersfehérje emészthetőség ↔ vér: glükóz ↔ fruktózamin ↔ IGF-1 ↔ vizelet: glicerin ↑ gyomor-, bélnedv pH ↔ bélnedv tejsavtartalma ↓ bélnedv illózsírsavösszetétel ↔ bélbolyhok magassága ↔ kripták mélysége ↔ bélbolyholy:kripta ↔ IGA (éhbél) ↑ kehelysejtek (csipőbél) ↓ TNF-α expresszió ↔ TNF-β expresszió (csipőbél) ↑ IFN-α (éhbél) ↑ IL-12 p35 (éhbél) ↑

Jelmagyarázat: G: glicerin, M: metanol; ↔ változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt;

Table 1. Effect of feeding glycerol on the performance of weaned pigs author (1); glycerol and methanol content (2); ratio (3); live performance (4) physiological parameters (5) meat quality parameters (6)

Key to signs: G: glycerol, M: methanol, ↔ unchanged, ↓ reduced, ↑ increased

citokinek expresszióját vizsgálták a különböző bélszakaszokon. A legjelentősebb gyulladáskeltő citokin, a TNF- α expresszióját illetően szignifikáns mértékű változás nem következett be sem az éhbélben, sem a csípőbéli szakaszon. A TNF- β expresszió viszont szignifikáns mértékben nőtt ($p < 0,05$) a csípőbéli szakaszon a glicerín-kiegészítés hatására. Az éhbéli szakaszon az IFN- α ($p < 0,01$) és IL-12 p35 ($p < 0,05$) citokinek expressziója fokozódott a glicerín-kiegészítés hatására statisztikailag igazolható mértékben.

A glicerín-kiegészítéssel összefüggő malactakarmányozási kísérletek fontosabb eredményeit összegzi az 1. táblázat.

A GLICERIN SZEREPE A HÍZÓK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Mourot és mtsai (1993) 0% és 5% glicerín-kiegészítés hatását vizsgálták nagy fehér sertések hizlalási teljesítményére, húsminőségére. Kísérletükben 40 nagy fehér ártány vett részt. Az állatok induló súlya 35 kg volt. A hizlalás 102 kg-os élősúlyig történt. Vizsgálataik során megállapították, hogy a glicerín-kiegészítés nem volt statisztikailag igazolható hatással az állatok teljesítményére, a húsmin-ták pH-jára és színére. A glicerín-kiegészítés hatására szignifikánsan csökkent a karaj minták csepegési ($p < 0,01$) és a combminták csepegési ($p < 0,001$) valamint főzési ($P < 0,01$) vesztesége.

Cerneau és mtsai (1994) 246 hízósertéssel végeztek 80-110 kg élősúly kö-zött kísérleteket. A szerzők kísérleti takarmányukban kukoricát helyettesítettek 5%-ban glicerinnel. A termelési eredmények mellett vizsgálták a húsminőséget (pH, szín, zsírsavösszetétel). Vizsgálatuk során a *Mourot és mtsai* (1993) által leírtakhoz hasonlóan megállapították, hogy a glicerín-kiegészítésnek nem volt statisztikailag igazolható hatása a termelési eredményekre. Az említett szerzőkkel ellentétben azonban a húsminőségi vizsgálatok során a pH értékek a kezelések hatására szignifikánsan emelkedtek ($p < 0,05$), míg a sonka főzési vesztesége 2%-kal csökkent. A sonka zsírtartalma nem változott, viszont a linolsav (C18:2, n-6) összes zsírsavtartalom belüli arányában szignifikáns csökkenés ($p < 0,001$), a palmitinsav (C16:0) esetében szignifikáns növekedés ($p < 0,002$) jelentkezett.

Kijora és mtsai (1995) 48 (nagy fehér \times lapály \times Pietrain) sertéssel végeztek hizlalási kísérleteket 31,5 \pm 1,0 kg induló súllyal. A szerzők első kísérletük alkal-mával árpa-szójadara alapú takarmányt 5 és 10% 86%-os tisztaságú, a második kísérletben 5, 10, 20, és 30% 99% glicerintartalmú glicerinnel egészítették ki. A napi takarmányfelvétel az első kísérletben a kontrollhoz képest (1,93 kg/nap) 5% glicerín-kiegészítés esetén 2,17 kg/nap; 10% glicerín-kiegészítés mellett 2,23 kg/nap volt. A második kísérlet eredményei a kontrollhoz képest (2,26 kg/nap) a hozzáadott glicerín mennyiségi sorrendjében a következőképpen alakultak: 2,44; 2,54; 2,32; 2,37 kg/nap (sorrendben). A vizsgálatok mindkét kísérletben növekvő takarmányfelvételtől számoltak be a kontrollhoz viszonyítva. A takarmányfelvételre vonatkozó eredmények tehát a *Mourot és mtsai* (1993), *Cerneau és mtsai* (1994) valamint *Hansen és mtsai* (2009) által tapasztaltakkal ellentétben szignifikáns mértékben változtak. A szerzők ezt az eredményt a glicerín édeskés ízének, és a takarmány konzisztenciájára gyakorolt pozitív hatásnak tulajdonították. A nö-vekvő tendencia a napi súlygyarapodásra vonatkozó adatokban is jelentkezett

a glicerínadag 10%-ra történő emeléséig (1. kontroll: 631 g/nap; 5%:719 g/nap; 10%:754 g/nap; 2. kontroll: 731 g/nap; 5%:770 g/nap; 10%: 819 g/nap) 20 illetve 30% glicerín-kiegészítés esetén a napi súlygyarapodás visszaesett 704 illetve 598 g/napra. A fajlagos takarmányértékesítés 30% glicerínadagolás esetén szignifikánsan romlott (3,96 kg/kg) a többi csoport eredményeihez (2,95-3,30 kg/kg) viszonyítva. Az etetés után 30 perccel mérték a vér glicerín koncentrációját is, mely a növekvő glicerínadaggal párhuzamosan emelkedett, akárcsak a vizelet glicerintartalma. Vizsgálták továbbá a színhús kihozatalt és a húsminőséget, de ezt a két értékmérő tulajdonságot a glicerín-kiegészítés nem befolyásolta. A vizsgált szövetminták esetében (máj, vese) elfajulást nem tapasztaltak.

Della Casa és mtsai (2009) a nyers glicerín-kiegészítés hatását nagy végsúlyra történő hizlalás során vizsgálták. Kísérletüket 80 db olasz nagy fehér×duroc sertéssel állították be. Az állatok induló súlya $42,6 \pm 3,37$ kg volt. A szerzők kétfázisos takarmányozási koncepciót alkalmaztak, hízó I-es takarmányokat 43-100 kg, a hízó II-es takarmányokat pedig 100-160 kg között etették. A hizlalási kísérlet során a kísérleti takarmányok 0%, 5%, és 10%-ban tartalmaztak nyers glicerint. Az említett kísérlet nedves etetési technológia mellett zajlott. A szerzők a vizsgálatok során megállapították, hogy 5% glicerín-kiegészítés statisztikailag igazolható különbséget nem eredményezett a kontroll csoport termelési eredményeihez képest, míg 10% glicerín hozzáadása szignifikánsan csökkentette a napi súlygyarapodást a teljes hizlalás során a kontroll, illetve az 5% glicerín-kiegészítést tartalmazó csoport eredményeihez képest ($p < 0,01$), valamint a fajlagos takarmányértékesítést is szignifikáns mértékben rontotta ($p < 0,05$). A szerzők vizsgálataik során megállapították, hogy a kezeléseknél nem volt statisztikailag igazolható hatása a húsminőségre. A sonkák zsírsavösszetételre vonatkozó vizsgálatai az olajsav (C18:1), ezzel párhuzamosan az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA) részarányának szignifikáns növekedését igazolják ($p < 0,01$). A szerzők a különböző kezelések karajmintáin szenzoros vizsgálatokat is végeztek, és megállapították, hogy a hízó I-es fázisban 5%, hízó II-es fázisban 5% és 10% glicerín hozzáadása egyaránt szignifikáns mértékben növeli a karaj márványozottságát a kontrollhoz képest.

Hansen és mtsai (2009) azon túl, hogy 7 ausztrál biodízel üzemből származó 11 különböző glicerínminta kémiai összetételét meghatározták, takarmányozási kísérletet is végeztek 64 nagy fehér×lapály emsével ($50,9 \pm 5,55$ kg). Az alkalmazott glicerínmennyiségek 0, 4, 8, 12 és 16% voltak, a felhasznált glicerín 76,1% glicerint és 1,83% metanolt tartalmazott. A hizlalás $105,2 \pm 3,85$ kg élősúlyig történt. A kísérlet során a szerzők vizsgálták az állatok termelési eredményeit (napi súlygyarapodás, takarmányfelvétel, fajlagos takarmányértékesítés) hátszalonna vastagságát, vér- és húsminőségi paramétereit és megállapították, hogy a takarmányhoz különböző dózisban adagolt glicerín statisztikailag igazolható módon nem befolyásolja az állatok teljesítményét, a vérplazma glükóz- és szabad zsírsavtartalmát, a húsminőségi paramétereiket (pH, szín, csepegési és főzési veszteség, konzisztencia). A vérplazma glicerintartalma azonban a glicerín-kiegészítés hatására a vágást megelőző időszakban szignifikánsan nőtt ($p = 0,05$). A termelési eredmények vizsgálata során tapasztaltak megegyeztek a *Mourot és mtsai* (1993), *Cerneau és mtsai* (1994) által leírtakkal.

Hanczakowska és mtsai (2010) 30 db lapály×F1 (Duroc×Pietrain) sertéssel vegyes ivarban végeztek hizlalási kísérleteket 30-110 kg élősúly között. A szerzők

két különböző minőségű glicerín hozzáadását vizsgálták a sertések termelési eredményeire, a táplálóanyagok emészthetőségére, a húsmínőségi paraméterek változására. A hizlalás során kétfázisos takarmányozási koncepciót alkalmaztak, a kontroll takarmány búza-árpa-szójadara alapú volt. A kísérleti takarmányok 10% glicerín-kiegészítést tartalmaztak a hízó I. (30-60 kg) és a hízó II. fázis (60-110 kg) során egyaránt. A szerzők nyers, 76,8% tisztaságú és 1,8% metanolt valamint finomított, 85,2% tisztaságú és 0,3% metanolt tartalmazó glicerín-kiegészítés hatását vizsgálták. A nyersglicerín 30-60 kg élősúly között szignifikáns csökkenést eredményezett a kontrollhoz viszonyítva a napi súlygyarapodásban (736 vs. 677 g/nap; $p < 0,05$, sorrendben). A finomított glicerín 10%-ban történő etetése a kontrollhoz képest statisztikailag igazolható különbséget nem eredményezett (736 vs. 734 g/nap, NS). A hizlalás második szakaszában a glicerín-kiegészítésnek nem volt szignifikáns hatása a napi súlygyarapodás alakulására. Hansen és mtsai (2009) végeztek szintén gyengébb minőségű glicerinnel kísérletet. Az általuk leírtaktól eltérően Hanczakowska és mtsai (2010) a teljes hizlalási periódust tekintve a kontroll takarmány etetése során mérték a legmagasabb napi súlygyarapodást (826 g/nap). Vizsgálatuk alatt mindkét glicerín-kiegészítés szignifikáns csökkenést ($p < 0,05$) eredményezett a napi súlygyarapodásban (nyers glicerín: 776 g/nap; finomított glicerín: 808 g/nap) a kontrollhoz képest. A kontroll csoport egyedeihez képest a nyers glicerinnel történő kiegészítés statisztikailag igazolható módon ($p < 0,05$) növelte a hizlalási napok számát is (102 vs. 110 nap). Fajlagos takarmányértékesítést tekintve nem volt szignifikáns különbség a kontroll és a kísérleti csoportok eredményei között. A glicerín-kiegészítés a táplálóanyagok közül a nyersrost látszólagos emészthetőségét növelte szignifikáns mértékben (kontroll: 27,6%; nyers glicerín: 29,0% finomított glicerín: 34,7%; $p < 0,05$). A nyers glicerín-kiegészítés statisztikailag igazolhatóan növelte a karajátmérőt a kontrollhoz viszonyítva (55,45 cm² vs. 59,61 cm²; $p < 0,05$). A hús víztartóképesége szignifikáns mértékben nőtt mindkét glicerín-kiegészítés hatására a kontrollhoz képest (kontroll: 17,46% vs. nyers glicerín: 21,93% és finomított glicerín: 21,36%). A szenzoros vizsgálatok során a nyers glicerín-kiegészítést tartalmazó minták szag illetve íz vonatkozásában kedvezőtlenebb eredményt mutattak a kontroll illetve a finomított glicerinnel kiegészített takarmányt fogyasztó állatokból származó mintákhoz képest ($p < 0,001$).

Kovács (2010) a glicerín-kiegészítés hízósertések hizlalási teljesítményére, a táplálóanyagok emészthetőségére, az állatok N-retenciójára, a sertéshús kémiai összetételére, organoleptikus valamint konyhatechnikai tulajdonságaira gyakorolt hatását vizsgálta modellkísérletükben. A kísérlet során 86,76%-os folyékony „feed grade” glicerint alkalmazott. 36 db, kétféle súlykategóriájú (25-47 és 57-85 kg) egyedi anyagcsereketrebben elhelyezett ártánnyal (Norvég lapály×Duroc) végzett emésztési kísérletei alapján megállapították az etetett glicerín látszólagos emészthető (DE=14,01 MJ/kg) és látszólagos metabolizálható energiatartalmát (ME=13,48 MJ/kg). Vizsgálataik során arra a következtetésre jutottak, hogy a glicerín energiatartalmát sem az állatok súlya, sem az alkalmazott dózis (5 és 10 %) nem befolyásolta. A glicerín kiegészítés sem a táplálóanyagok emészthetőségére, sem az állatok N-visszatartására nem volt hatással. Kovács (2010) üzemi kísérletét 100 db (norvég lapály×duroc) hízósertéssel, vegyes ivarban, azonos ivararány mellett végezte. A kontroll- és a kísérleti csoport egyaránt 50-50 db sertésből

($30,0 \pm 3,8$ illetve $30,2 \pm 2,5$ kg) állt, melyek a 70-75 kg-os súly eléréséig süldő-, azt követően a kísérlet végéig hizótápot fogyasztottak. A kísérleti takarmányokban a kukoricát helyettesítettek 5% glicerinnel. Összességében a kapott eredmények alapján a szerző *Mourot és mtsai* (1993), *Cerneau és mtsai* (1994), *Madrid és mtsai* (2013), *Hansen és mtsai* (2009) valamint *Duttlinger és mtsai* (2015) által leírtakkal megegyezően megállapította, hogy az 5%-ban adagolt glicerín sem az állatok teljesítményére nincs kedvezőtlen hatással és a vágási kihozatalt, a hús minőségét sem befolyásolja szignifikáns mértékben.

Madrid és mtsai (2013) az állatok termelési eredményeit, vérparamétereit a malacnevelés és hizalás időszaka során, 12 héten keresztül vizsgálták, ezen kívül anyagcsere kísérletet is végeztek. Üzemi hizalási kísérletüket 240 nagy fehér \times lapály ártánnyal (30 ± 1 kg) végezték, két fázisos takarmányozási koncepciót követtek és 3 kezelést állítottak be 0%, 2,5% és 5% glicerín-kiegészítéssel. Kezelésenként 80 állattal dolgoztak, egy kezelés állatait 4 kutricában helyezték el. A kísérlet végén minden kutricából 5 állattól véletlenszerűen vérmintákat vettek, melyeknek glükóz, fruktózamin és IGF-1 koncentrációját vizsgálták. A teljes hizalási időszak során ($30,0 \pm 1$ kg - $95,13 \pm 1$ kg) az állatok teljesítményére (napi súlygyarapodás, napi takarmányfelvétel, fajlagos takarmányértékesítés) a glicerín-kiegészítés nem volt statisztikailag igazolható hatással. A glicerín-kiegészítés a vérparaméterek (glükóz, fruktózamin, IGF-1) esetében sem eredményezett a kezelések között szignifikáns különbséget.

Madrid és mtsai (2013) emészthetőségi kísérletüket 9 (Nagy fehér \times lapály F1 \times Duroc) ártánnyal végezték, 3 kezelés hatását vizsgálták (0%; 2,5%; 5% glicerín). A szerzők a kísérlet során latin négyzet elrendezést alkalmaztak, meghatározták a bélsárminták szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír, Ca és P tartalmának látszólagos emészthetőségét, továbbá N-retenciót valamint ásványianyag egyensúlyt is vizsgáltak. Az eredmények alapján a glicerín-kiegészítés a N-retenciót nem befolyásolta. Ez megegyezett a *Kovács* (2010) által leírtakkal. A hizalás első szakaszában ($43 \pm 3,1$ kg – $74 \pm 3,3$ kg) a glicerín hozzáadásával a Ca-emészthetőség lineárisan nőtt, míg a P-emészthetőség lineárisan csökkent ($p \leq 0,05$), a hizalás második szakaszában ezzel ellentétes tendencia jelentkezett (csökkenő Ca-, növekvő P-emészthetőség, $p \leq 0,05$).

Duttlinger és mtsai (2015) a DDGS és a glicerín etetésének együttes hatását vizsgálták a hizósertések termelési eredményeire, húsminőségi paramétereire, zsírsavösszetételére. A kísérletet 1160 db ártánnyal (Line 337 \times 1050, PIC, Hendersonville, TN) végezték, 6 kezelést állítottak be (0, 2,5, vagy 5% glicerín; 0 vagy 20% DDGS) az állatok indulósúlya $31,0 \pm 1,1$ kg volt, a hizalás 97 napig tartott. A szerzők vizsgálataik során egyetlen paraméter esetében sem tapasztaltak DDGS \times glicerín kölcsönhatást. Önmagában a nyersglicerín-kiegészítés a *Kovács* (2010) által leírtakhoz hasonlóan statisztikailag igazolható módon nem befolyásolta az állatok napi súlygyarapodását, napi takarmányfelvételét, fajlagos takarmányértékesítését, a húsminőségi paramétereket. A glicerín-dózis emelkedésével szignifikáns mértékben nőtt a mirisztinsav (C14:0) mennyisége ($p < 0,05$) és az egyszeresen telítetlen zsírsavak (MUFA) részaránya ($p < 0,05$), és a hátszalonna olajsav (C18:1) tartalma is szignifikáns mértékben emelkedett ($p < 0,05$).

Egea és mtsai (2016) szintén nagy végsúlyra történő hizalás során állították be

2. táblázat

Glicerin etetésének hatása a hizósértések termelési eredményeire

Szerző (1)	Glicerin és metanoltartalom (2)	Részarány (3)	Termelési mutatók (4)	Élettani (5)/ húsmínőségi (6) paraméterek
Mourou és mtsai (1993)	n.a.	0%; 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	pH ↔; szín ↔ csepegési veszteség ↔ (karaj) ↓ csepegési veszteség (comb) ↓ főzési veszteség (comb) ↓
Cerneau és mtsai (1994)	n.a.	0%; 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	pH ↑; szín ↔ csepegési veszteség (sonka) ↔ főzési veszteség (sonka) ↓ zsírtartalom (sonka) ↔ linolsav (sonka) ↓ palmitinsav (sonka) ↑
Della Casa és mtsai (2009)	n.a.	0%; 5%; 10%	napi súlygy. ↓; tak. értékesítés ↑	csepegési veszteség ↔ főzési veszteség ↔ olajsav ↑ MUFA ↑ márványozottság ↑ (karaj)
Hanczakowska és mtsai (2010)	G1: 76,8%; M: 1,8% G2: 85,2%; M: 0,3%	0%; 10%	G1: napi súlygy. ↓; G2: napi súlygy. ↔ G1; G2: tak. értékesítés ↔	G1: karajátmérő ↑ G1; G2: nyersrost emészthetőség ↑ G1; G2: hús víztartóképesége ↑ G1: szag, íz ↓
Hansen és mtsai (2009)	G: 76,1; M: 1,83%	4%; 8%; 12%; 16%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	csepegési veszteség ↔ főzési veszteség ↔ pH ↔ vér: glicerint ↑ szín ↔
Kovács (2010)	G: 86,76% M: 0,05%	modell kísérlet: 0%; 5%; 10% üzemi kísérlet: 0%; 5%	napi súlygy. ↔ tak. felvétel ↔ tak. értékesítés ↔	táplálékanyagok emészthetősége ↔ N-retenció ↔ vágási kihozatal, húsmínőség ↔
Kijora és mtsai (1995) kísérlet	G: 86% M: n.a.	5%; 10%;	napi súlygy. ↑ napi tak. felvétel ↑ fajlagos tak. értékesítés ↓	vér: glicerint ↑ vizelet: glicerint ↑ vágási kihozatal ↔ húsmínőség ↔ karaj csepegési veszteség ↔

Szerző (1)	Glicerin és metanol tartalom (2)	Részarány (3)	Termelési mutatók (4)	Élettani (5)/ húsmínőségi (6) paraméterek
Kijora és mtsai (1995) kísérlet	G: 99% M: n.a.	5%; 10%, 20%; 30%	5%, 10%: napi súlygy.↑ napi tak. felvételi↑ fajlagos tak.értékesítés↓ 20%, 30%: napi súlygy. ↓; napi tak. felvétel↔ tak. értékesítés↑	vér: glicerin↑ vizelet: glicerin↑ vágási kihozatal ↔ húsmínőség↔ linolsav ↓
Madrid és mtsai (2013)	G: 87,42%; M: 0,05%	0%; 2,5%; 5%	napi súlygy.↔; napi tak. felvétel↔ fajlagos takarmányérté- kesítés ↔	vér: glükóz ↔ fruktózamin ↔ IGF-1 ↔ szárazanyag, nyersfehérje, nyerszsír emészt- hetőség ↔ N retenció ↔ 43-74 kg között: Ca emészthetőség↑ P emészthetőség ↓ >74 kg : Ca emészthetőség ↓ P emészthetőség↑
Duttlinger és mtsai (2015)	G : 82,2%; M: 0,014%	0%; 2,5%; 5%	napi súlygy.↔; napi tak. felvételi↔ fajlagos takarmányérté- kesítés ↔	olajsav (hátszalonna) ↑ MUFA (hátszalonna) ↑ húsmínőség↔
Egea és mtsai (2016)	G: 86,6%; M: 0,003%	0%; 5%; 10%	-	pH ↔ víztartóképeség ↔ csepegési veszteség ↔ fózési veszteség ↓ intramuszkuláris zsír ↓ C18:3 ↓ telítetlen zsírsavak ↓

Jelmagyarázat: G: glicerin, M: metanol; ↔ változatlan, ↓ csökkent, ↑ nőtt

Table 2. Effect of feeding glycerol on the performance of fattening pigs author (1); glycerol and methanol content (2); ratio (3); live performance (4) physiological parameters (5); meat quality parameters (6)

Key to signs: G: glycerol, M: methanol, ↔ unchanged, ↓ reduced, ↑ increased

kísérletüket, melyben 90 ibériai×Duroc sertéssel végeztek vizsgálatokat vegyes ivarban (45 db kocasüldő, 45 db ártány) 0%; 5%; 10% glicerín-kiegészítés termelési eredményekre, húsminőségi paraméterekre gyakorolt hatásának meghatározására. A kísérleti takarmányok etetését a hizlalás második szakaszában $95,9 \pm 3,1$ kg induló átlagsúllyal kezdték. A felhasznált glicerínforrás 86,6% glicerint, 0,003% metanolt tartalmazott. A vizsgálatok során sem az ivar, sem a kezelések nem befolyásolták a húsminőségi paramétereket (pH, víztartó képesség, csepegési veszteség). 10% glicerín-kiegészítés csökkentette a főzési veszteséget. 5% és 10% glicerín-kiegészítés egyaránt csökkentette az intramuszkuláris zsírt, illetve a kaprinsav (C10:0); laurinsav (C12:0); és az alfa-linolénsav (C18:3, n-3) arányát ($p < 0,05$). A telítetlen zsírsavak és a linolsav (C18:2, n-6) aránya csökkent, az arachidsav (C20:0) pedig növekedett a 10% glicerín-kiegészítést fogyasztó csoport szubkután zsírájában ($p < 0,05$). Az ivarnak statisztikailag igazolható hatása volt az eredményekre, ártányok esetében a hizlalás végére vastagabb lett a hátszalonna. A kocasüldők szubkután zsírájában szignifikáns mértékben emelkedett a telítetlen zsírsavak aránya ($p < 0,001$).

A glicerín etetésének hatásait összegzi a hízósertések termelési eredményeire a 2. táblázat.

A GLICERIN SZEREPE A KOCÁK TAKARMÁNYOZÁSÁBAN

Kevés szakirodalmi adat áll rendelkezésre a glicerín szoptató kocák takarmányában való alkalmazására, pedig gyakorlati felhasználása az energiaellátás, s ez által a kocák választáskori kondíciójavításának érdekében egyre inkább terjed. Schieck és mtsai (2010) széleskörű vizsgálatokat végeztek 345 db (előhasi és többször fiatal) kocával (*English Belle, GAP Genetics, Winnipeg, Manitoba, Kanada*), hőstresszes időszakban. A kukorica-szójadara alapú takarmány kukorica és szójadara tartalmának 3, 6 és 9%-át helyettesítették folyékony, „feed grade” minőségű, (86,1%-os tisztaságú) glicerinnel. A kísérleti glicerín sótartalma 6% volt, metanoltartalma nem haladta meg a 100 ppm/kg-ot. A magas sótartalom miatt a receptúrákban csökkentették a hozzáadott só mennyiségét, 3% glicerín esetében 0,15%-kal, 6% és 9% glicerín esetében pedig teljes egészében. A kísérleti takarmány adagolását a vemhesség 109. napján, a kocák fiaztatóba való áttelepítését követően 2,25 kg/nap fejadaggal kezdték. A szoptatás ideje alatt a kocákat *ad libitum* takarmányozták. A kezelések a kocák napi takarmányfelvételét szignifikánsan ($p = 0,08$) befolyásolták a kontroll takarmányhoz (6,04 kg/nap) képest (3% = 6,21 kg/nap, 6% = 5,69 kg/nap, 9% = 6,00 kg/nap). A glicerínadagolás a kocák választáskori élő súlyára, kondíciójára, az újravemhesítéshez szükséges napok számára, a malacok elhullására és azok napi súlygyarapodására statisztikailag igazolható változást nem eredményezett. A takarmányok glicerintartalmának növelésével a választáskori alomnagyság lineárisan ($p = 0,10$) csökkent (kontroll: 9,50; 3% = 9,60; 6% = 9,36; 9% = 9,39). A kísérleti takarmányok glicerintartalma a kocák vízfelvételét nem befolyásolta. A kísérlet során mérték a kocák testhőmérsékletét is, de a glicerín nem enyhítette a hőstressz hatásait és nem mutatkozott változás a kontroll takarmányt fogyasztó kocák testhőmérsékletéhez képest. A vérplazma glicerín-koncentrációja azonban a glicerínmennyiség növelésével párhuzamosan és lineárisan emelkedett ($p < 0,05$). A kezelés a vérplazma glükóz szintjét nem

befolyásolta. A kocatej szárazanyag- ($p=0,07$) és nyerszsír- ($p=0,09$) tartalma valamint a glicerínadagolás növelése között lineáris összefüggést tapasztaltak. Ugyanez a tendencia jelentkezett a kocatej laktóz tartalmára vonatkozóan is ($p<0,05$). *Schieck és mtsai* (2009) megállapították, hogy a kocatakarmányokban 9%-ban lehet folyékony, „*feed grade*” minőségű glicerint alkalmazni, anélkül, hogy az bármiféle negatív hatással lenne a koca illetve a malacok teljesítményére.

A GLICERIN SERTÉSTAKARMÁNYOKBAN VALÓ ALKALMAZÁSÁNAK KOCKÁZATAI

Metanoltartalom

A glicerín etetésével kapcsolatos veszélyforrások közül több szerző (*Dasari, 2007; Doppenberg és Van der Aar, 2007*) is a metanoltartalmat említi első helyen. A metanol a legegyszerűbb alkohol. E vegyület mérgezés esetén a sejtek légző-enzim rendszerét bénítja (*Bordás, 2006*). 24 órás lappangási időt követően gyengeség és légzési nehézségek jelentkezhetnek (*Goldfrank és Flomenbaum, 1998*). Pupillátágulás, a pupillareflex hiánya, bővérűség és vizenyő lép fel. Laborvizsgálatokkal igazolható az ozmotikus rés növekedése és a súlyos metabolikus acidózis. A vér kémhatását vizsgálva 7-nél alacsonyabb pH is előfordulhat (*Jacobsen és mtsai, 1988*). A metabolikus acidózis következtében az agysejtek oxidációs folyamatai, valamint a vér-agy-gát védekező funkciói zavart szenvednek (*Bordás, 2006*). A metanol toxikus hatását tulajdonképpen a felszívódást követően a metil-alkohol bomlása során keletkező metabolitok okozzák. A tünetek akkor jelentkeznek, amikor az ADH (alkohol-dehidrogenáz) a metanolt formaldehiddé bontja. Utóbbi mozgáskoordinációs zavart idézhet elő (*Bordás, 2006*). Ezt a rendkívül toxikus vegyületet az aldehid-dehidrogenáz (ALDH) és egyéb nem specifikus enzimek hangyasavvá alakítják át (*McMartin és mtsai, 1979*). A hangyasav metabolizmusa a szervezetben rendkívül lassú, gyakran akkumulálódik, ami metabolikus acidózishoz vezet (*Rathi és mtsai, 2006*).

Kovács (2010) megállapítása szerint a glicerín metanoltartalma az alacsony, 64,5°C-os forráspontból adódóan (granulálás során való elpárolgása miatt) a darcés tápokát fogyasztó monogasztrikus állatokra jelent veszélyt. Ez a késztakarmány formátum jelenleg azonban a magyarországi takarmányozási gyakorlatban a hízó- illetve kocatápok többségét érinti.

Sótartalom

Dasari (2007) szerint annak függvényében, hogy a biodízelgyártás során milyen katalizátort használnak, a „*feed grade*” glicerín 6-8 % szervesen sót tartalmazhat. *Tyson és mtsai* (2004) meghatározták a transzészterifikációból visszamaradó sótartalmat, mely az általuk vizsgált minták esetében 10 és 30% között alakult. *Hansen és mtsai* (2009) az egyik mintánál több mint 29% hamutartalmat állapítottak meg, mely szintén a magas sótartalomra enged következtetést. *Kovács* (2010) sertéshizlalási kísérletei során felhasznált „*feed grade*”, 86,76% glicerintartalmú glicerín mintája 5,4% nyershamut tartalmazott, melynek 96,29%-a NaCl volt.

Közismert, hogy a kálium és nátrium sók felboríthatják az elektrolit egyensúlyt az állati szervezetben (*Dasari, 2007*). A NaCl a szervezet számára létfontosságú-

gú, ám nagyobb adagban elégtelen vízfelvétel mellett súlyos mérgezést okoz. Általánosságban elmondható, hogy a plazma ozmotikus nyomása leginkább a Na^+ ion tartalomtól függ, így annak a toxikózis kialakulásában meghatározó szerepe van. A Na^+ ionok a gerincvelői folyadékba is bejutnak, onnan pedig ezt követően az idegsejtekbe diffundálnak, ami hatására az idegsejtek hidratációja, majd atrófiája következik be. Konyhasómérgezés esetén testszerte vizenyő figyelhető meg (Várnagy, 2009). A mérgezés okozta halál oka a vesekárosodás (Mézes, 1997).

A sómérgezés tünetei állatfajonként eltérőek lehetnek. Sertésnél a tünetek fokozódó vízfogyasztásban, takarmányfelvétel- és súlycsökkenésben, hasmenésben, hányásban nyilvánulnak meg (Mézes, 1997). A fokozott sóbevitel (3 g/ttkg, > 6 % a takarmányban) hatására eosinophilsejtes agyhártya- és agykéreggyulladás alakul ki (Fekete, 2009).

A glicerinnel szemben támasztott minőségi követelmények

Az FDA (Food and Drug Administration, USA) döntése alapján azon termékek esetében, melyeket takarmány adalékként használnak, a glicerinnel szemben a metanoltartalma nem haladhatja meg a 0,015% határértéket (Dasari, 2007). Az *Association of American Feed Control Officials* (2010) ezzel szemben már 0,15% metanoltartalmat is megenged, illetve elfogadja a glicerinnel szemben a takarmánykeverékekben való alkalmazását 10%-ig abban az esetben, ha a kiegészítőtakarmány legalább 80% glicerint, 0,15%-nál kevesebb metanolt, maximum 8% sót és kevesebb, mint 5 mg/kg nehézfémeket tartalmaz. A németországi szabályozások szintén minimum 80% glicerintartalmat írnak elő, viszont a metanoltartalom vonatkozásában még ennél is engedélyesebbek, 0,2%-ot is megengednek (*Normenkommission für Einzelfuttermittel*, 2012). Hazánkban jelenleg nincsenek érvényben a takarmányozási célra felhasznált glicerinnel szemben támasztott, rendeleti úton szabályozott követelmények.

KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

A rendelkezésre álló szakirodalmi források figyelembevételével a glicerinnel szemben a sertés- és malactakarmányokban történő alkalmazása az adott korcsoportnak megfelelő mennyiségben és minőségben az alábbi szempontok alapján javasolható:

- malactakarmányokban (kb. 7-20 kg élősúly között) „feed grade” minőségű, 85% feletti glicerintartalmú kiegészítés 5%-ban pozitívan hat a termelési eredményre, növeli a napi súlygyarapodást, édeskés ízének köszönhetően fokozza a takarmányfelvételt.

- a malactakarmányok megfelelő minőségű glicerinnel történő kiegészítése a termelési eredmények javulása mellett egyes gyártástechnológiai tulajdonságokat, pl. a pelletkeménységet javítja.

- „feed grade” glicerinnel történő kiegészítés malactakarmányokban (kb. 40 kg élősúlytól) egészen nagy élősúlyra történő hizlalás (160 kg) során is maximum 10%-ban alkalmazható, de a hozzáférhető irodalmi adatok alapján a termelési eredményekre nincs statisztikailag igazolható pozitív hatással, ezért alkalmazása a hizlalás során ökonómiai szempontból jelenleg megkérdőjelezhető, valamint a dercés megjelenés miatt a metanoltartalom jelenléte több kockázatot rejt magában.

- a „*feed grade*” glicerín a malacnevelés és a sertéshizlalás során sem rontja az élettani- és húsminőségi paramétereket, hízótakarmányokban 5-10%-ban alkalmazva növeli az egyszerűen telítetlen zsírsavak (MUFA) részarányát.

- a szoptató kocatakmányok 9%-ban egészíthetők ki „*feed grade*” minőségű glicerinnel a koca illetve a malacok teljesítményének visszaesése nélkül. E témában kevés szakirodalmi forrás áll rendelkezésre, így további vizsgálatok szükségesek.

A termelési eredményekre gyakorolt pozitív hatását tekintve a glicerín alkalmazása főként granulált malactakarmányokban javasolható azonban az alkalmazásával kapcsolatos kockázati tényezőket, a szennyezőanyagok jelenlétét (pl. metanol-szennyezettség és sótartalom mértéke) folyamatosan ellenőrizni kell.

IRODALOMJEGYZÉK

- Ádám V. - Faragó A. - Machovich, R. - Mandl, J. - Dux, L. - Sümegi B. (2001): Orvosi biokémia, Medicina Könyvkiadó, Budapest, 92-140, 143-190.
- Association of American Feed Control Officials (2010): Official Publication. Association of American Feed Control Officials, Inc., West Lafayette, IN, USA.
- Berrada, W. – Naya, A. - Iddar, A. - Bourhim, N. (2002): Purification and characterization of cytosolic glycerol-3- phosphate dehydrogenase from skeletal muscle of jerboa (*Jaculus orientalis*). Mol. Cell. Biochem., 231. 117-127.
- Bordás I. (2006): Toxikológia jegyzet, Országos Kémia Biztonsági Intézet, Budapest. 50.
- Cerneau, P. - Mourot, J. - Peyronnet, C. (1994): Effet du glycérol alimentaire sur la qualité de la viande de porc et le rendement technologique du jambon cuit. J. Rech. Porcine France, 26. 193–198.
- Dasari, M. (2007): Crude glycerol potential described. Feedstuffs, 79. 1-3.
- Della Casa, G. – Bochicchio, D. – Faeti, V. – Marchetto, G. – Poletti, E. – Garavaldi, A. – Pancioli, A. – Brogna, N. (2009): Use of pure glycerol in fattening heavy pigs. Meat Sci., 81. 238–244.
- Doppenberg, J. - Van der Aar, P.J. (2007): Applications of rapeseed meal or- expeller and glycerine in diets for non ruminants, in: Doppenberg, J. Van der Aar, P. (szerk.), Biofuels: implications for the feed industry. Wageningen Academic Publishers, The Netherlands, 73-87.
- Duttlinger, A. J. - DeRouchey, J. M. - Tokach, M. D. - Dritz, S. S. - Goodband, R. D. – Nelssen, J. L. - Houser, T. A. - Sulabo, R. C. (2015): Effects of increasing crude glycerol and dried distillers grains with solubles on growth performance, carcass characteristics, and carcass fat quality of finishing pigs. J. Anim. Sci., 90. 840-852.
- Egea, M. - Linares, M. B. - Garrido, M.D - Madrid, J. - Hernández, F. (2016): Feeding Iberian×Duroc cross pigs with crude glycerine: Effects of diet and gender on carcass and meat quality. Meat Sci., 11. 78-84.
- Fekete S. (2009): Állatorvosi takarmányozástan és dietetika I. kötet. Szent István Egyetem Állatorvostudományi Kar, Budapest, 567., 576.
- Gerpen, J. (2005): Biodiesel processing and production. Fuel Process. Technol., 86. 1097-1107.
- Goldfrank, L.R. - Flomenbaum, N.E. (1998): Goldfrank's toxicologic emergencies, 6. kiadás Appleton & Lange, Stamford (CT). 1049-1060.
- Groesbeck, C.N. - Mckinney, L.J. - Derouchey, J.M. - Tokach, M.D. - Goodband, R.D. - Dritz, S.S. - Nelssen, J.L. - Duttlinger, A.W. - Fahrenholz, A.C. - Behnke, K.C. (2008): Effect of crude glycerol on pellet mill production and nursery pig growth performance. J. Anim. Sci., 86. 2228-2236.
- Hansen, C.F. - Hernandez, A. - Mullan, B.P. - Moore, K. - Trezona-Murray M. - King, R.H. - Pluske, J.R. (2009): A chemical analysis of samples of crude glycerol from the production of biodiesel in Australia, and the effects of feeding crude glycerol to growing-finishing pigs on performance, plasma metabolites and meat quality at slaughter. Anim. Prod. Sci., 49. 154-161.

- Hanczakowska E. - Weglarzy K. - Szymczyk B. - Hanczakowski, P. (2010): Effect of adding crude or refined glycerol to pig diets on fattening performance, nutrient digestibility and carcass evaluation. *Ann. Anim. Sci.*, 10. 67–73.
- Jacobsen, D. - Hewlett, T.P. - Webb, R. - Brown, S.T. - Ordinaro, A.T. - McMartin, K. E. (1988): Ethylene glycol intoxication: evaluation of kinetics and crystalluria. *Am. J. Med.*, 84. 145-52.
- Karsai, F. - Kutas, F. (1982): A zsírányagforgalom. In: Állatorvosi Kórélettan, (szerk.) Karsai F. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 403.
- Kijora, C. - Bergner, H. - Kupsch, R.D. - Hageman, L. (1995): Glycerol as a feed component in diets of fattening pigs. *Arch. Anim. Nutr.*, 47. 345–360.
- Kerr, B.J. - Weber, T.E. - Dozier, W.A. III. - Kidd, M.T. (2009): Digestible and metabolizable energy content of crude glycerin originating from different sources in nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 87. 4042–4049.
- Kovács P. (2010): A biodízel gyártás során keletkező glicerín takarmányozási célú felhasználása a hizósértéseknél. Palatia Nyomda és Kiadó Kft.
- Kutas F. (1989): Az intermedier anyagcsere és szabályozása. Állatorvostudományi Egyetem Jegyzetei, Budapest, 141-152.
- Lammers, P. J. - Kerr, B. J. - Weber, Bregendahl, K. - Lonergan, S. M. - Prusa, K. J. - Ahn, D. U. - Stoffregen, W.C. - Dozier, W. A. - Honeyman, M. S. (2008): Growth performance, carcass characteristics, meat quality, and tissue histology of growing pigs fed crude glycerin-supplemented diets. *J. Anim. Sci.*, 86. 2962-2970.
- Madrid, J. - Villodre, C. - Valera, L. - Orengo, J. - Martínez, S. - López, M.J. - Megías, M.D. - Hernández, F. (2013): Effect of crude glycerin on feed manufacturing, growth performance, plasma metabolites, and nutrient digestibility of growing-finishing pigs. *J. Anim. Sci.*, 91. 3788-3795.
- McMartin, K. E. - Martin-Amat, G. - Noker, P. E. - Tephly, T. R. (1979): Lack of a role for formaldehyde in methanol poisoning in the monkey. *Biochem. Pharmacol.*, 28. 645-649.
- Mézes M. (1997): Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia, tantárgyi összefoglaló; Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, Takarmányozástani Tanszék, 7.
- Normenkommission für Einzelfuttermittel, Zentralausschuss der Deutschen Landwirtschaft (2012): Positivliste für Einzelfuttermittel, 47.
- Mourou, J. - Aumaitre, A. - Mounier, A. - Peiniau, P. - François, A. C. (1994): Nutritional and physiological effects of dietary glycerol in the growing pig. Consequences on fatty tissues and post mortem muscular parameters. *Livest. Sci.*, 38. 237–244.
- Oliveira L. - Madrid J. - Ramis G. - Martínez S. - Orengo J. - Villodore C. - Valera L. - López M. J. - Pallarés J.J. - Mendonca L. - Hernández F. (2014): Adding crude glycerin to nursery pig diet: Effect on nutrient digestibility, metabolic status, intestinal morphology and intestinal cytokine expression. *Livest. Sci.*, 167. 227-235.
- Pagliaro, M. - Rossi, M. (2010): The future of glycerol. The Royal Society of Chemistry, Cambridge, 1.
- Rathi M. - Sakhuja V. - Jha V. (2006): Visual blurring and metabolic acidosis after ingestion of bootlegged alcohol. *Hemodial. Int.*, 10. 8-14.
- Renewable Energy Policy Network (2015): Renewables 2015 Global Status Report. 46.
- Schieck, S. J. - Kerr, B. J. - Baido, S. K. - Shurson G. C. - Johnston, L. J. (2010): Use of crude glycerol, a biodiesel coproduct, in diets for lactating sows. *J. Anim. Sci.*, 88. 2648-2656.
- Seneviratne, R. W. - Beltranena, E. - Goonewardene, L. A. - Zijlstra, R. T. (2011): Effect of crude glycerol combined with solvent-extracted or expeller-pressed canola meal on growth performance and diet nutrient digestibility of weaned pigs. *Anim. Feed Sci. Tech.*, 170. 105–110.
- Shields, M. C. - Heugten, E. - Lin X. - Odle J. - Stark. S. (2011): Evaluation of the nutritional value of glycerol for nursery pigs. *J. Anim. Sci.*, 89. 2145–2153.
- Tao, R.C. - Kelley, R.E. - Yosimura, H. - Benjamin, F. (1983): Glycerol: its metabolism and use as an intravenous energy source. *J. Parenter. Enteral Nutr.*, 7. 479-488.

- Tyson, K.S. - Bozell, J. - Wallace, R. - Petersen, E. - Moens, L. (2004): Biomass oil analysis: research needs and recommendations. Technical Report. 61.
- Várnagy L. (2009): Mérgezősek. Takarmány és ivóvíz eredetű mérgezősek: Konyhasómérgezés. In: Egri, B. (Szerk.) Az állategészség-védelem alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 214-215.
- Young, J. W. (1977): Gluconeogenesis in cattle: Significance and methodology. J. Dairy Sci., 60. 1–15.
- Zijlstra, R.T. - Menjivar, K. - Lawrence, E. - Beltranena, E. (2009): The effect of feeding crude glycerol on growth performance and nutrient digestibility in weaned pigs. Canadian J. Anim. Sci., 89. 85–88.

Érkezett: 2016. szeptember

Szerzők címe: Vida O. - Egri B.

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar

Author's address: Széchenyi István University, Faculty of Agricultural and Food Sciences
H-9200 Mosonmagyaróvár, Vár 2.

Tóth T.

Kaposvári Egyetem, Agrár- és Környezettudományi Kar

Kaposvár University, Faculty of Agricultural and Environmental Sciences
H-7400 Kaposvár, Guba Sándor u. 40.

MAGYAR ÁLLATORVOSOK LAPJA

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Animal Protection

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



HUNGARIAN AGRICULTURAL RESEARCH

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Agricultural Research

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



HALÁSZÁZAT

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Fisheries

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



NÖVÉNYTERMELÉS

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Crop Production

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



a falu

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Rural Protection

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



ÁLLATTENYÉSZTÉS TAKARMÁNYOZÁS


HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Animal Production

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



GAZDÁLKODÁS

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Agricultural Economics

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET



KERTGAZDASÁG HORTICULTURE

HERMAN OTTÓ INTÉZET

Magyar Journal of Horticulture

100 oldal • 1000 Ft

2015. évi 1. szám

HERMAN OTTÓ INTÉZET




Állattenyésztés és Takarmányozás

Főszerkesztő (Editor-in-chief): FÉSÜS László (Herceghalom)

A szerkesztőbizottság (Editorial board):

Elnök (President): SCHMIDT János (Mosonmagyaróvár)

BREM, G. (Németország)	HOLLÓ István (Kaposvár)	RÁTKY József (Herceghalom)
HODGES, J. (Ausztria)	HORN Péter (Kaposvár)	RÓZSA László (Herceghalom)
MANABE, N. (Japán)	HULLÁR István (Budapest)	SZABÓ Ferenc (Mosonmagyaróvár)
ROSATI, A. (EAAP, Olaszország)	KOVÁCS József (Keszthely)	TÖZSÉR János (Gödöllő)
BODÓ Imre (Szentendre)	KOVÁCSNÉ GAÁL Katalin (Mosonmagyaróvár)	VÁRADI László (Szarvas)
FÉBEL Hedvig (Herceghalom)	MÉZES Miklós (Gödöllő)	WAGENHOFFER Zsombor (Budapest)
GUNDEL János (Herceghalom)	MIHÓK Sándor (Debrecen)	ZSARNÓCZAY Gabriella (Szeged)
HIDAS András (Gödöllő)	NÉMETH Csaba (Budapest)	

Szerkesztőség: NAIK Állattenyésztési, Takarmányozási és Húsiipari Kutatóintézet
(Editorial office): NAIK Research Institute for Animal Breeding, Animal Nutrition and Meat Industry
2053 Herceghalom, Gesztenyés út 1.
T/F: (+36)23-319-133 – E-mail: sipiczki.bojana@atk.naik.hu – www.atk.hu
Technikai szerkesztő: SÍPICZKI Bojana

A cikkeket kivonatolja a CAB International (UK) a CAB Abstracts c. kiadványban
The journal is abstracted by CAB International (UK) in CAB Abstracts

Felelős kiadó (Publisher): Mezőszentgyörgyi Dávid, HOI

HU ISSN: 0230 1614

A lap a Földművelésügyi Minisztérium tudományos folyóirata
This is a scientific quarterly journal of the Ministry of Rural Development, founded in 1952
(„Állattenyésztés”) by Prof. József Czakó

A kiadást támogatja (sponsored by): Földművelésügyi Minisztérium
MTA Könyv- és Folyóiratkiadó Bizottsága

Megjelenik évente négyszer

A folyóiratokra a kiadónál fizethet elő az alábbiak szerint.
Előfizetési szándékát kérjük, jelezze az info@agrarlapok.hu címen, vagy az alábbi postacímen:
Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft., 1223 Budapest, Park u. 2.
A borítékra kérjük, írja rá: „Folyóirat-rendelés”
Az előfizetési díjat a Herman Ottó Intézet Nonprofit Kft. 10032000-00286662-00000017 számlaszámára való utalással egyenlítheti ki. Az átutalás közlemény rovatában szíveskedjen a folyóirat és az előfizető nevét feltüntetni.
Bármely más információért forduljon bizalommal kollégáinkhoz a lenti elérhetőségek bármelyikén:
e-mail: info@agrarlapok.hu, telefon: , 06-1/362-8100

Nyomta: HunPress Nyomda – ADU-PRESS KFT.
1139 Budapest, Fáy u. 5.